

**“Optimização do desempenho de  
tecidos mistos de lã e poliéster,  
para vestuário”**

**Nuno Manuel dos Santos Monteiro**

Tese para obtenção do Grau de Doutor em  
**Engenharia Têxtil**  
(3<sup>o</sup> ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Rui Alberto Lopes Miguel

Co-orientador: Prof. Doutor Albert Maria Manich

**Agosto de 2021**

Data da realização das provas - 26 de julho de 2021

O júri das provas foi constituído por:

- Doutor Joaquim Mateus Paulo Serra, Vice-Reitor da Universidade da Beira Interior e Presidente do júri;
- Doutor Manuel José dos Santos Silva, professor catedrático jubilado da Universidade da Beira Interior;
- Doutor Fernando Batista Nunes Ferreira, professor associado da Universidade do Minho;
- Doutor Rui Alberto Lopes Miguel, professor associado da Universidade da Beira Interior;
- Doutora Ana Maria Moreira Ferreira Rocha, professora auxiliar da Universidade do Minho;
- Doutora Joana Luísa Ferreira Lourenço, professora auxiliar da Universidade do Minho;
- Doutora Isabel Cristina Aguilár de Sousa e Silva Gouveia, professora auxiliar da Universidade da Beira Interior;
- Doutora Manuela Cristina Paulo Carvalho de Almeida Figueiredo, professora auxiliar da Faculdade de Arquitectura da Universidade de Lisboa.

## Agradecimentos

Um agradecimento especial à minha mulher Graça pelo tempo que dedicou a rever e corrigir a tese e às minhas filhotas Rita e Leonor que, com a sua paciência, com o seu carinho, estímulo e compreensão sempre me incentivaram para a realização deste trabalho de investigação.

Ao meu Pai, agradeço todas as palavras de incentivo e encorajamento que sempre me transmitiu não esquecendo os seus mais elementares ensinamentos de honestidade, humildade e simplicidade.

Ao meu irmão, pela sua amizade e pelas palavras de motivação.

Às minhas queridas Mãe e Avó Rita (In Memoriam), que me ensinaram a nunca desistir. Aqui expresso a minha imensurável gratidão.

À empresa, por todas as facilidades concedidas para a realização deste trabalho.

Ao Professor Doutor Rui Alberto Lopes Miguel, orientador desta tese, pela competente e dedicada orientação. O meu muito obrigado, pelo seu incentivo, pelo saber que me transmitiu, pelos conhecimentos que foi possível partilharmos, pelas suas opiniões e críticas sempre pertinentes que permitiram solucionar dúvidas pontuais que surgiram no decorrer desta Tese.

Ao Doutor Albert Maria Manich, co-orientador desta tese, por todo o rigor e disponibilidade na orientação do tratamento estatístico dos resultados, bem como, nas sugestões apresentadas na solução de algumas dúvidas que foram surgindo ao longo deste trabalho.

À equipa do Laboratório de Ensaios Têxteis da empresa, por todo o apoio prestado.

Aos meus amigos, pelas sinceras manifestações de companheirismo.

Por último, mas não menos importante, agradeço a todos aqueles que dum forma ou de outra contribuíram para a realização desta tese.



## Resumo

Esta tese de doutoramento, realizada em ambiente industrial, tem por objectivo otimizar concomitantemente o desempenho de tecidos mistos de lã e poliéster no que se refere às propriedades mecânicas e de superfície, de forma que a correspondente definição, em projeto, das características estruturais dos tecidos possibilite que a primeira amostra de tecido produzido cumpra integralmente todos os requisitos exigidos nas especificações técnicas do caderno de encargos.

Este trabalho de investigação aprofunda um trabalho anterior realizado por Monteiro (2011) no sentido da optimização simultânea das propriedades mecânicas e de superfície de desempenho dos tecidos, em função das características estruturais adequadas, bem como da consideração do efeito global nas propriedades de desempenho das operações de acabamento dos tecidos destinadas a incrementar determinadas propriedades, o que lhe confere um carácter inovador.

Para este propósito, foram estudadas as propriedades mecânicas e de superfície de tecidos mistos de lã e poliéster, com dois diâmetros diferentes para cada uma das fibras e em duas composições distintas; construídos com três tipos de ligamento (sarja de 4 pesada, sarja de 3 pesada e tafetá); produzidos com fios Nm 2/46 com dois níveis de torção, quer a um cabo, quer a dois cabos, de acordo com a tipologia de tecidos de mercado. As propriedades de desempenho dos tecidos estudadas foram a resistência e o alongamento à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, a resistência ao rasgo, quer à teia, quer à trama, a propensão à formação de borboto e a resistência à abrasão, por se tratarem das especificações técnicas mais relevantes dos cadernos de encargos.

Para o desenvolvimento da investigação consideraram-se 48 amostras de tecido com acabamento normal (Monteiro, 2011), as quais foram submetidas a três tratamentos especiais de acabamento dando origem a 4 grupos de 48 amostras cada, perfazendo um total de 192 amostras. Os acabamentos especiais considerados foram: tratamento de foulardagem para incrementar a resistência ao rasgo; tratamento de foulardagem para incrementar a resistência à abrasão e tratamento de limpeza a seco. As propriedades de desempenho e as características estruturais das 192 amostras de tecido foram determinadas laboratorialmente de acordo com as normas de ensaio em vigor.

A modelização das propriedades mediante o cálculo das superfícies de resposta, o cálculo das funções de conveniência, assim como os cálculos da análise de variância e a estimativa dos intervalos de confiança das médias das propriedades em função das características estruturais, efetuou-se utilizando um software estatístico convencional (Statgraphics, 2002).

O tratamento estatístico dos dados foi realizado por aplicação da técnica de análise de regressão para desenvolver modelos de previsão dos valores de cada uma das propriedades para cada ligamento e cada tratamento de acabamento dos tecidos, de forma a ter disponíveis os modelos matemáticos que permitam prever o valor de cada propriedade para cada ligamento e cada tipo

de acabamento, em função das características das fibras e do fio. Aplicando a técnica da análise de variância determinaram-se os efeitos e interações mais significativas que influenciam cada propriedade em cada ligamento em estudo. Efectuou-se a optimização de resposta múltipla mediante a aplicação da função de conveniência e determinaram-se as condições experimentais que conduziram a um tecido com propriedades o mais próximas possível dos valores óptimos para cada uma delas.

Quanto aos coeficientes de determinação  $R^2$ , encontrados para cada propriedade em estudo, que expressam a percentagem da soma dos quadrados, explicada pelos efeitos e interações significativas, de um modo geral são bastante altos. Em todos os casos, com excepção da propensão à formação de borboto, as variáveis relacionadas com a fibra, com o fio, com o ligamento e com o tipo de acabamento explicam de maneira bastante satisfatória a evolução dos parâmetros de resistência e alongamento à rotura por tracção, de resistência ao rasgo e de resistência à abrasão.

Na maioria das propriedades de desempenho dos tecidos, os elevados coeficientes de determinação das equações de regressão mostram um nível muito aceitável em termos de explicação, com excepção da propensão à formação de borboto em tecidos com ligamento sarja de 4 e com acabamento para incrementar a resistência à abrasão, bem como em tecidos com ligamento tafetá e com os quatro acabamentos diferentes.

A melhor combinação de valores das variáveis que originou a conveniência óptima, com valores da função de conveniência superiores a 0,9, para os tecidos considerando todos os ligamentos e todos os tipos de acabamento, é:

- Torção do fio a um cabo: 720 v/m
- Diâmetro da fibra de lã: 21,4  $\mu\text{m}$
- Diâmetro da fibra de poliéster: 4,4 dtex
- Percentagem de lã: 45%

Por último, este trabalho permitiu encontrar três fenómenos que permitem contribuir para o conhecimento aplicado em projectos de engenharia de tecidos na prática industrial, carecendo, contudo, das justificações científicas e tecnológicas que devem ser estudadas em investigações futuras.

O primeiro fenómeno está associado ao efeito do tratamento de limpeza a seco, que produz reduções muito significativas da resistência ao rasgo dos tecidos, sem modificar de uma forma relevante o desempenho das outras propriedades. O segundo fenómeno está relacionado com o tratamento para incrementar a resistência à abrasão, afectando também negativamente a resistência ao rasgo, com reduções de resistência muito significativas. O terceiro fenómeno está relacionado com a cor final dos tecidos, após os tratamentos especiais. Este trabalho revelou que o tratamento por foulardagem para incrementar a resistência à abrasão altera significativamente a intensidade da cor, mantendo-se a sua tonalidade praticamente inalterada.

# Palavras-chave

Engenharia de tecidos

Tecidos lã/poliéster

Propriedades mecânicas e de superfície

Características estruturais

Optimização do desempenho

Função de Conveniência



## Abstract

This doctoral thesis, carried out in an industrial environment, aims to simultaneously optimize the performance of blended fabrics of wool and polyester with regard to mechanical and surface properties, so that the corresponding definition, in design, of the structural characteristics of the fabrics make it possible for the first sample of fabric produced to fully comply with all the requirements set out in the technical specifications.

This research work builds on a previous work carried out by Monteiro (2011) in the sense of simultaneously optimizing the mechanical and surface performance properties of fabrics, depending on the appropriate structural characteristics, as well as considering the global effect on the performance properties of the operations of finishing fabrics designed to enhance certain properties, which gives it an innovative character.

For this purpose, the mechanical and surface properties of blended wool and polyester fabrics were studied, with two different diameters for each of the fibers and in two different compositions; constructed with three types of weave (heavy 4-twill, heavy 3-twill, and plain); produced with Nm 2/46 yarns with two levels of twist, either one rope or two ropes, according to the type of fabric on the market. The performance properties of the studied fabrics were strength and elongation to breakage by traction, either to the warp or to the weft, the tear strength to the warp or to the weft, the propensity to the formation of pilling and the resistance to abrasion, as they are the most relevant of the technical specifications.

For the development of the investigation, 48 samples of fabric with normal finishing were considered (Monteiro, 2011), which were subjected to three special finishing treatments, giving rise to 4 groups of 48 samples each, making a total of 192 samples. The special finishes considered were: padding treatment to increase tear resistance; padding treatment to increase abrasion resistance and dry cleaning treatment. The performance properties and structural characteristics of the 192 fabrics samples were laboratory determined in accordance with current testing standards.

The modeling of the properties through the calculation of the response surfaces, the calculation of the convenience functions, as well as the calculations of the analysis of variance and the estimation of the confidence intervals of the averages of the properties as a function of the structural characteristics, were carried out using a software conventional statistical (Statgraphics, 2002).

The statistical treatment of the data was carried out by applying the regression analysis technique to develop models to predict the values of each of the properties for each weave and each fabric finishing treatment, in order to have available the mathematical models that allow predicting the value of each property for each weave and each type of finish, depending on the characteristics of the fibers and yarn.

Applying the analysis of variance technique, the most significant effects and interactions that influence each property in each weave under study were determined. The optimization of the multiple response was carried out by applying the convenience function and the experimental conditions that led to a fabric with properties as close as possible to the optimal values for each of them were determined.

As for the coefficients of determination  $R^2$  found for each property under study, which express the percentage of the sum of squares, explained by the significant effects and interactions, in general they are quite high. In all cases, with the exception of the propensity for pilling, the variables related to the fiber, the yarn, the weave and the type of finish explain in a very satisfactory way the evolution of the parameters of strength and elongation at break by traction, tear resistance and abrasion resistance.

In most of the performance properties of fabrics, the high coefficients of determination of the regression equations show a very acceptable level in terms of explanation, with the exception of the propensity for pilling in fabrics with a 4 twill weave and finished to increase strength to abrasion, as well as on fabrics with plain weave and with the four different finishes.

The best combination of values of the variables that gave rise to optimal convenience, with convenience function values greater than 0.9, for fabrics considering all weaves and all types of finish, is:

- Yarn twist to a cable: 720 v/m
- Diameter of wool fiber: 21.4  $\mu\text{m}$
- Diameter of polyester fiber: 4.4 dtex
- Wool percentage: 45%

Finally, this work allowed finding three phenomena which allow to contribute to the knowledge applied in fabric engineering projects in industrial practice, lacking, however, the scientific and technological justifications that should be studied in future research.

The first phenomenon is associated with the effect of the dry cleaning treatment, which produces very significant reductions in the tear resistance of fabrics, without significantly modifying the performance of other properties. The second phenomenon is related to the treatment to increase the abrasion resistance, also negatively affecting the tear resistance, with very significant resistance reductions. The third phenomenon is related to the final color of fabrics, after special treatments. This work revealed that the padding treatment to increase the abrasion resistance significantly alters the intensity of the color, keeping its tonality practically unchanged.

# Keywords

Fabrics engineering

Polyester/wool fabrics

Mechanical and surface properties

Structural characteristics

Performance optimization

Desirability Function



# Índice

<b>1 - Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 - Motivação	1
1.2 - Enquadramento	2
1.3 - Objectivos	2
1.4 - Metodologia	3
1.5 - Estrutura da Tese	3
<b>2 - Estado da Arte</b>	<b>5</b>
2.1 - Características das fibras	5
2.1.1 - Introdução	5
2.1.2 - Características gerais	5
2.1.2.1 - Elasticidade e extensibilidade	5
2.1.2.2 - Encolhimento	6
2.1.2.3 - Resistência	6
2.1.3 - Dimensões das fibras	6
2.1.3.1 - Diâmetro das fibras	6
2.1.3.2 - Comprimento das fibras	7
2.2 - Características dos fios	7
2.2.1 - Formação do fio	7
2.2.2 - Estrutura do fio	7
2.2.3 - Resistência dos fios e torção	8
2.2.4 - Pilosidade dos fios	9
2.2.5 - Mecanismo de rotura dos fios	9
2.3 - Características estruturais dos tecidos	10

2.3.1 - Noções de Geometria de Tecidos	10
2.3.2 - Parâmetros Resultantes da Geometria de Tecidos	11
2.3.2.1 - Factor de Cobertura do Tecido	11
2.3.2.2 - Opacidade do Tecido	14
2.3.2.3 - Densidades Máximas do Tecido - Conceito	15
2.3.2.4 - Densidades Máximas do Tecido - Peirce	16
2.3.2.5 - Densidades Máximas do Tecido - Brierley	18
2.4 - Propriedades de desempenho de tecidos	19
2.4.1 - Resistência e alongamento à rotura	19
2.4.2 - Resistência ao rasgo	21
2.4.3 - Propensão à formação de borboto	24
2.4.4 - Resistência à abrasão	27
2.5 - Tratamento estatístico	29
2.5.1- Modelização das propriedades em função das variáveis de fabricação	29
2.5.2 - Função de Conveniência	29
3 - Materiais e Métodos	33
3.1 - Caracterização dos materiais	33
3.1.1 - Caracterização das amostras de fio	33
3.1.2 - Caracterização dos tecidos produzidos	34
3.1.2.1 - Características de construção	34
3.1.2.2 - Processos de acabamento e tratamento especial	41
3.2 - Métodos de ensaio	41
3.2.1 - Tecidos	41
3.2.1.1 - Determinação da massa por unidade de superfície	41
3.2.1.2 - Determinação do número de fios e passagens por unidade de comprimento	42

3.2.1.3 - Determinação da resistência e alongamento à rotura por tracção	42
3.2.1.4 - Determinação da resistência ao rasgo	43
3.2.1.5 - Determinação da propensão à formação de borboto	43
3.2.1.6 - Determinação da resistência à abrasão	44
3.2.1.7 - Determinação das diferenças colorimétricas	45
3.2.1.8 - Determinação do coeficiente de ligamento e alinhavo médio	45
3.2.2 - Tratamento estatístico de resultados	46
4 - Resultados, Tratamento Estatístico, Análise e Discussão	47
4.1 - Influência das variáveis fibra, fio, ligamento e acabamento nas propriedades dos tecidos mistos de lã e poliéster.	47
4.2 - Tecidos com acabamento Normal (N)	49
4.2.1 - Resultados das Propriedades mecânicas e de superfície	49
4.2.2 - Tratamento estatístico de dados	53
4.2.2.1- Modelização das propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4	53
4.2.2.1.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	53
4.2.2.1.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	53
4.2.2.1.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	54
4.2.2.1.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	54
4.2.2.1.5 - Resistência ao rasgo à teia	55
4.2.2.1.6 - Resistência ao rasgo à trama	55
4.2.2.1.7 - Propensão à formação de borboto	56
4.2.2.1.8 - Resistência à abrasão	56
4.2.2.1.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal	57

4.2.2.2 - Modelização das propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3	59
4.2.2.2.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	59
4.2.2.2.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	59
4.2.2.2.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	60
4.2.2.2.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	60
4.2.2.2.5 - Resistência ao rasgo à teia	61
4.2.2.2.6 - Resistência ao rasgo à trama	61
4.2.2.2.7 - Propensão à formação de borboto	61
4.2.2.2.8 - Resistência à abrasão	62
4.2.2.2.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal	62
4.2.2.3 - Modelização das propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá	64
4.2.2.3.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	64
4.2.2.3.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	65
4.2.2.3.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	65
4.2.2.3.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	65
4.2.2.3.5 - Resistência ao rasgo à teia	66
4.2.2.3.6 - Resistência ao rasgo à trama	66
4.2.2.3.7 - Propensão à formação de borboto	67
4.2.2.3.8 - Resistência à abrasão	67
4.2.2.3.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento Normal	68
4.2.3 - Análise e Discussão	70
4.2.3.1 - Resistência à rotura por tracção à teia, (FRTB <sub>N</sub> ) e à trama, (FRTT <sub>N</sub> )	70

4.2.3.1.1 - Sarja de 4	70
4.2.3.1.2 - Sarja de 3	72
4.2.3.1.3 - Tafetá	75
4.2.3.1.4 - Explicações científicas e tecnológicas	77
4.2.3.2 - Alongamento à rotura por tracção à teia, ( $ARTB_N$ ) e à trama, ( $ARTT_N$ )	79
4.2.3.2.1 - Sarja de 4	79
4.2.3.2.2 - Sarja de 3	81
4.2.3.2.3 - Tafetá	82
4.2.3.2.4 - Explicações científicas e tecnológicas	84
4.2.3.3 - Resistência ao rasgo à teia, ( $RRB_N$ ) e à trama, ( $RRT_N$ )	87
4.2.3.3.1 - Sarja de 4	87
4.2.3.3.2 - Sarja de 3	90
4.2.3.3.3 - Tafetá	93
4.2.3.3.4 - Explicações científicas e tecnológicas	96
4.2.3.4 - Propensão à formação de borboto ( $PFB_N$ )	98
4.2.3.4.1 - Sarja de 4	98
4.2.3.4.2 - Sarja de 3	99
4.2.3.4.3 - Tafetá	100
4.2.3.4.4 - Explicações científicas e tecnológicas	100
4.2.3.5 - Resistência à abrasão ( $RA_N$ )	101
4.2.3.5.1 - Sarja de 4	101
4.2.3.5.2 - Sarja de 3	102
4.2.3.5.3 - Tafetá	103
4.2.3.5.4 - Explicações científicas e tecnológicas	103
4.3 - Tecidos com tratamentos especiais, (TIRR), (TIRA) e (TLS)	106

4.3.1 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície	106
4.3.2 - Tratamento estatístico de dados dos tecidos com tratamentos especiais, (TIRR), (TIRA) e (TLS)	115
4.3.2.1- Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após tratamento para incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).	115
4.3.2.1.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	115
4.3.2.1.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	116
4.3.2.1.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	117
4.3.2.1.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	119
4.3.2.1.5 - Resistência ao rasgo à teia	120
4.3.2.1.6 - Resistência ao rasgo à trama	122
4.3.2.1.7 - Propensão à formação de borboto	124
4.3.2.1.8 - Resistência à abrasão	126
4.3.2.1.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após Tratamento para Incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).	127
4.3.2.2- Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após tratamento para incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).	128
4.3.2.2.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	128
4.3.2.2.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	129
4.3.2.2.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	131
4.3.2.2.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	133
4.3.2.2.5 - Resistência ao rasgo à teia	134
4.3.2.2.6 - Resistência ao rasgo à trama	136

4.3.2.2.7 - Propensão à formação de borboto	138
4.3.2.2.8 - Resistência à abrasão	139
4.3.2.2.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento para Incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).	140
4.3.2.3- Modelização das Propriedades e Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá após tratamento para incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).	142
4.3.2.3.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	142
4.3.2.3.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	143
4.3.2.3.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	144
4.3.2.3.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	145
4.3.2.3.5 - Resistência ao rasgo à teia	147
4.3.2.3.6 - Resistência ao rasgo à trama	149
4.3.2.3.7 - Propensão à formação de borboto	150
4.3.2.3.8 - Resistência à abrasão	151
4.3.2.3.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após Tratamento para Incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).	152
4.3.2.4 - Modelização das Propriedades e Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após tratamento para incrementar a Resistência à abrasão (TIRA).	154
4.3.2.4.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	154
4.3.2.4.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	156
4.3.2.4.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	157
4.3.2.4.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	159
4.3.2.4.5 - Resistência ao rasgo à teia	161

4.3.2.4.6 - Resistência ao rasgo à trama	162
4.3.2.4.7 - Propensão à formação de borboto	164
4.3.2.4.8 - Resistência à abrasão	165
4.3.2.4.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após Tratamento para Incrementar a Resistência à abrasão (TIRA).	166
4.3.2.5 - Modelização das Propriedades e Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento para Incrementar a Resistência à abrasão (TIRA)	168
4.3.2.5.1 - Resistência à rotura por tracção à teia.	168
4.3.2.5.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	169
4.3.2.5.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	170
4.3.2.5.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	172
4.3.2.5.5 - Resistência ao rasgo à teia	173
4.3.2.5.6 - Resistência ao rasgo à trama	174
4.3.2.5.7 - Propensão à formação de borboto	176
4.3.2.5.8 - Resistência à abrasão	177
4.3.2.5.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento para Incrementar a Resistência à abrasão (TIRA).	178
4.3.2.6- Modelização das Propriedades e Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após tratamento para incrementar a Resistência à abrasão (TIRA).	180
4.3.2.6.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	180
4.3.2.6.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	181
4.3.2.6.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	182
4.3.2.6.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	183

4.3.2.6.5 - Resistência ao rasgo à teia	184
4.3.2.6.6 - Resistência ao rasgo à trama	186
4.3.2.6.7 - Propensão à formação de borboto	188
4.3.2.6.8 - Resistência à abrasão	190
4.3.2.6.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após Tratamento para Incrementar a Resistência à abrasão (TIRA).	191
4.3.2.7- Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4 após tratamento de Limpeza a Seco (TLS).	193
4.3.2.7.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	193
4.3.2.7.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	194
4.3.2.7.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	196
4.3.2.7.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	198
4.3.2.7.5 - Resistência ao rasgo à teia	199
4.3.2.7.6 - Resistência ao rasgo à trama	200
4.3.2.7.7 - Propensão à formação de borboto	202
4.3.2.7.8 - Resistência à abrasão	205
4.3.2.7.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após Tratamento de Limpeza a Seco (TLS).	206
4.3.2.8 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após tratamento de Limpeza a Seco (TLS).	208
4.3.2.8.1 - Resistência à rotura por tracção à teia.	208
4.3.2.8.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	209
4.3.2.8.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	211
4.3.2.8.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	213
4.3.2.8.5 - Resistência ao rasgo à teia	215
4.3.2.8.6 - Resistência ao rasgo à trama	217

4.3.2.8.7 - Propensão à formação de borboto	219
4.3.2.8.8 - Resistência à abrasão	219
4.3.2.8.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento de Limpeza a seco (TLS).	221
4.3.2.9 - Modelização das Propriedades e Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após tratamento de Limpeza a Seco (TLS).	223
4.3.2.9.1 - Resistência à rotura por tracção à teia	223
4.3.2.9.2 - Resistência à rotura por tracção à trama	224
4.3.2.9.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia	225
4.3.2.9.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama	227
4.3.2.9.5 - Resistência ao rasgo à teia	228
4.3.2.9.6 - Resistência ao rasgo à trama	229
4.3.2.9.7 - Propensão à formação de borboto	231
4.3.2.9.8 - Resistência à abrasão	232
4.3.2.9.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após Tratamento de Limpeza a seco (TLS).	233
4.3.3 - Análise e Discussão dos resultados da análise de variância	235
4.3.3.1 - Factores mais determinantes na variação dos resultados para cada tipo de ligamento.	237
4.3.3.2 - Valores médios das respostas em função das variáveis mais significativas	245
4.3.3.2.1 - Resistência à rotura por tracção à teia (FRTB) e à trama (FRTT)	245
4.3.3.2.2 - Alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) e à trama (ARTT)	249
4.3.3.2.3 - Resistência ao rasgo à teia (RRB) e à trama (RRT)	254
4.3.3.2.4 - Propensão à formação de borboto	256

4.3.3.2.5 - Resistência à abrasão	258
4.4 - Desempenho das Propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos com a melhor otimização simultânea possível.	260
4.4.1- Ligamento sarja de 4	262
4.4.2- Ligamento sarja de 3	263
4.4.3- Ligamento tafetá	264
4.5 - Considerações sobre as diferenças colorimétricas entre os tecidos com e sem tratamentos especiais.	265
5 - Conclusões e Propostas para Trabalhos Futuros	266
5.1 - Conclusões	266
5.1.1 - Um novo procedimento aplicável à Engenharia do Produto da Indústria Laneira	268
5.1.2 - Conclusões sobre os tratamentos especiais de acabamento	269
5.1.3 - Tratamentos especiais de acabamento e cor final dos tecidos	271
5.2 - Propostas para trabalhos futuros	272
5.2.1 - Estudar a justificação do efeito da Limpeza a Seco na resistência ao rasgo dos tecidos.	272
5.2.2 - Aprofundar a relação entre o tamanho dos alinhavos e/ou as densidades de fios e passagens e a resistência a abrasão.	272
5.2.3 - Estudar a influência do processo de tingimento da lã e do poliéster nas suas características mecânico-elásticas, e sua respectiva contribuição no desempenho dos tecidos.	272
5.2.4 - Alargar o estudo considerando mais tecidos e mais variáveis.	275

Bibliografia

Anexos



## Lista de Figuras

Figura 2.1 - Representação esquemática da evolução dos fios do módulo do tafetá, (Miguel, 2000).	12
Figura 2.2 - Representação esquemática da evolução dos fios do módulo do tafetá, (Marks et al, “sem data”), (Miguel, 2007).	15
Figura 2.3 - Função de conveniência individual para otimização simultânea. (Montgomery, 2001).	30



## Lista de Gráficos

Gráfico 2.1 - Curva de tensão-deformação para um fio de fibra cortada, (Cybulska e Goswami, 2001).	10
Gráfico 2.2 - Resultados dos ensaios da máxima formação de borboto em tecidos com várias composições, (Cooke, 1985).	25
Gráfico 2.3 - Formação de borboto em tecidos com diferentes fibras, (Cooke, 1985).	26
Gráfico 2.4 - Superfície de resposta da Função de Conveniência em função das Variáveis, (Montgomery, 2001).	31
Gráfico 4.1 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de $4/N$ a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	58
Gráfico 4.2 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de $3/N$ a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	64
Gráfico 4.3 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá/ $N$ a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	70
Gráfico 4.4 - Superfície de resposta de $FRTB_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA.	70
Gráfico 4.5 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	71
Gráfico 4.6 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	71
Gráfico 4.7 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	71
Gráfico 4.8 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	72
Gráfico 4.9 - Superfície de resposta de $FRTB_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)	73

Gráfico 4.10 - Superfície de resposta de $FRTB_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)	73
Gráfico 4.11 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	74
Gráfico 4.12 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	74
Gráfico 4.13 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	74
Gráfico 4.14 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	75
Gráfico 4.15 - Superfície de resposta de $FRTB_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	76
Gráfico 4.16 - Superfície de resposta de $FRTB_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	76
Gráfico 4.17 - Superfície de resposta de $FRTT_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	77
Gráfico 4.18 - Superfície de resposta de $FRTT_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	77
Gráfico 4.19 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 4/N}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	79
Gráfico 4.20 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 4/N}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	79
Gráfico 4.21 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 4/N}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	80
Gráfico 4.22 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 4/N}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	80
Gráfico 4.23 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/N}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	81
Gráfico 4.24 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/N}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	81

Gráfico 4.25 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 3/N}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	82
Gráfico 4.26 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 3/N}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	82
Gráfico 4.27 - Superfície de resposta de $ARTB_{TAFETÁ/N}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	83
Gráfico 4.28 - Superfície de resposta de $ARTB_{TAFETÁ/N}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720v/m)	83
Gráfico 4.29 - Superfície de resposta de $ARTT_{TAFETÁ/N}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	84
Gráfico 4.30 - Superfície de resposta de $ARTT_{TAFETÁ/N}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	84
Gráfico 4.31 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)	87
Gráfico 4.32 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)	88
Gráfico 4.33 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	88
Gráfico 4.34 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	89
Gráfico 4.35 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	89
Gráfico 4.36 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	89
Gráfico 4.37 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	90

Gráfico 4.38 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	90
Gráfico 4.39 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	91
Gráfico 4.40 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	91
Gráfico 4.41 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	92
Gráfico 4.42 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	92
Gráfico 4.43 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4m)	92
Gráfico 4.44 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	93
Gráfico 4.45 - Superfície de resposta de $RRB_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	93
Gráfico 4.46 - Superfície de resposta de $RRB_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	94
Gráfico 4.47 - Superfície de resposta de $RRB_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	94
Gráfico 4.48 - Superfície de resposta de $RRB_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	94
Gráfico 4.49 - Superfície de resposta de $RRT_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	95

Gráfico 4.50 - Superfície de resposta de $RRT_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	95
Gráfico 4.51 - Superfície de resposta de $RRT_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	96
Gráfico 4.52 - Superfície de resposta de $RRT_{TAFETÁ/N}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	96
Gráfico 4.53 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/N}$ (grau) em função da TOR1 e LA (DLA=21,4 $\mu$ m; DPL=2,49 dtex)	98
Gráfico 4.54 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/N}$ (grau) em função da TOR1 e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m; DPL=4,4 dtex)	98
Gráfico 4.55 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/N}$ (grau) em função da TOR1 e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m; DPL=2,49 dtex)	99
Gráfico 4.56 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/N}$ (grau) em função da TOR1 e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m; DPL=4,4 dtex)	99
Gráfico 4.57 - Superfície de resposta de $PFB_{TAFETÁ/N}$ (grau) em função da TOR1 e do DPL.	100
Gráfico 4.58 - Superfície de resposta de $RA/1000_{SARJA\ 4/N}$ (rev./1000) em função do DPL e LA.	102
Gráfico 4.59 - Superfície de resposta de $RA_{SARJA\ 3/N}$ (rev./1000) em função do DPL e LA.	102
Gráfico 4.60 - Superfície de resposta de $RA/1000_{TAFETÁ/N}$ (rev./1000) em função do DPL e LA.	103
Gráfico 4.61 - Superfície de resposta de $FRTB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA.	116

Gráfico 4.62 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 4/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)	117
Gráfico 4.63 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 4/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)	117
Gráfico 4.64 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	118
Gráfico 4.65 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	118
Gráfico 4.66 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	119
Gráfico 4.67 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	119
Gráfico 4.68 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 4/TIRR}$ (%), em função da TOR1 e LA.	120
Gráfico 4.69 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)	121
Gráfico 4.70 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)	121
Gráfico 4.71 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	122
Gráfico 4.72 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	123
Gráfico 4.73 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	123
Gráfico 4.74 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	123
Gráfico 4.75 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (grau) em função de TOR1 e DLA. (DPL=2,49 dtex; LA=45%)	124

Gráfico 4.76 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (grau) em função de TOR1 e DLA. (DPL=2,49 dtex; LA=60%)	125
Gráfico 4.77 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (grau) em função de TOR1 e DLA. (DPL=4,4 dtex; LA=45%)	125
Gráfico 4.78 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/TIRR}$ (grau) em função de TOR1 e DLA. (DPL=4,4 dtex; LA=60%)	125
Gráfico 4.79 - Superfície de resposta de $RA/1000_{SARJA\ 4/TIRR}$ (rev./1000) em função do DPL e LA.	126
Gráfico 4.80 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4/ $TIRR$ a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	128
Gráfico 4.81 - Superfície de resposta de $FRTB_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA.	129
Gráfico 4.82 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	130
Gráfico 4.83 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	130
Gráfico 4.84 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	131
Gráfico 4.85 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	131
Gráfico 4.86 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TIRR}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	132
Gráfico 4.87 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TIRR}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	132
Gráfico 4.88 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	133

Gráfico 4.89 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	134
Gráfico 4.90 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	135
Gráfico 4.91 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	135
Gráfico 4.92 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m DLA=21,4 $\mu$ m)	135
Gráfico 4.93 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	136
Gráfico 4.94 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	137
Gráfico 4.95 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	137
Gráfico 4.96 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	137
Gráfico 4.97 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/TIRR}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	138
Gráfico 4.98 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 3/TIRR}$ (grau) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)	139
Gráfico 4.99 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 3/TIRR}$ (grau) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)	139
Gráfico 4.100 - Superfície de resposta de $RA/1000_{SARJA\ 3/TIRR}$ (rev./1000) em função do DPL e LA.	140
Gráfico 4.101 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3/ $TIRR$ a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	142

Gráfico 4.102 - Superfície de resposta de FRTB <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA.	143
Gráfico 4.103 - Superfície de resposta de FRTT <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA.	144
Gráfico 4.104 - Superfície de resposta de ARTB <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	145
Gráfico 4.105 - Superfície de resposta de ARTB <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	145
Gráfico 4.106 - Superfície de resposta de ARTT <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	146
Gráfico 4.107 - Superfície de resposta de ARTT <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	146
Gráfico 4.108 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	147
Gráfico 4.109 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	148
Gráfico 4.110 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)	148
Gráfico 4.111 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	148
Gráfico 4.112 - Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4µm)	149
Gráfico 4.113- Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)	150
Gráfico 4.114 - Superfície de resposta de PFB <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (grau) em função da TOR1 e do DPL. (DLA=21,4µm)	151

Gráfico 4.115 - Superfície de resposta de PFB <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (grau) em função da TOR1 e do DPL. (DLA=24,9µm)	151
Gráfico 4.116 - Superfície de resposta de RA/1000 <sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (rev./1000) em função do DPL e LA.	152
Gráfico 4.117 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá/ <sub>TIRR</sub> a distintos níveis de torção e do diâmetro da fibra de lã.	154
Gráfico 4.118 - Superfície de resposta de FRTB <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4µm)	155
Gráfico 4.119 - Superfície de resposta de FRTB <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)	155
Gráfico 4.120 - Superfície de resposta de FRTT <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4µm)	156
Gráfico 4.121 - Superfície de resposta de FRTT <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)	157
Gráfico 4.122 - Superfície de resposta de ARTB <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	158
Gráfico 4.123 - Superfície de resposta de ARTB <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	158
Gráfico 4.124 - Superfície de resposta de ARTT <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	159
Gráfico 4.125 - Superfície de resposta de ARTT <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	160
Gráfico 4.126 - Superfície de resposta de ARTT <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)	160
Gráfico 4.127 - Superfície de resposta de ARTT <sub>SARJA 4/TIRA</sub> (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	160

Gráfico 4.128 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 4/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)	161
Gráfico 4.129 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 4/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)	162
Gráfico 4.130 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	163
Gráfico 4.131 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	163
Gráfico 4.132 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	163
Gráfico 4.133 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	164
Gráfico 4.134 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/TIRA}$ (grau) em função do DPL e LA.	165
Gráfico 4.135 - Superfície de resposta de $RA/1000_{SARJA\ 4/TIRA}$ (rev./1000) em função do DPL e LA.	166
Gráfico 4.136 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4/ $TIRA$ a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	167
Gráfico 4.137 - Superfície de resposta de $FRTB_{SARJA\ 3/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA.	168
Gráfico 4.138 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA	169
Gráfico 4.139 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TIRA}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	170
Gráfico 4.140 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TIRA}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	171

Gráfico 4.141 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TIRA}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; 21,4 $\mu$ m)	171
Gráfico 4.142 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TIRA}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; 24,9 $\mu$ m)	171
Gráfico 4.143 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 3/TIRA}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	172
Gráfico 4.144 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 3/TIRA}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	173
Gráfico 4.145 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 3/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA.	174
Gráfico 4.146 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	175
Gráfico 4.147 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	175
Gráfico 4.148 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	175
Gráfico 4.149 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 3/TIRA}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	176
Gráfico 4.150 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 3/TIRA}$ (grau) em função do DLA e LA. (TOR1=620 v/m)	177
Gráfico 4.151 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 3/TIRA}$ (grau) em função do DLA e LA. (TOR1=720 v/m)	177
Gráfico 4.152 - Superfície de resposta de $RA/1000_{SARJA\ 3/TIRA}$ (rev./1000) em função do DPL e LA.	178
Gráfico 4.153 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência Para o ligamento sarja de 3/TIRA para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	180

Gráfico 4.154 - Superfície de resposta de FRTB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA.	181
Gráfico 4.155 - Superfície de resposta de FRTT <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA	182
Gráfico 4.156 - Superfície de resposta de ARTB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	183
Gráfico 4.157 - Superfície de resposta de ARTB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	183
Gráfico 4.158 - Superfície de resposta de ARTT <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (%), em função do TOR1 e LA.	184
Gráfico 4.159 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	185
Gráfico 4.160 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	185
Gráfico 4.161 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)	186
Gráfico 4.162 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	186
Gráfico 4.163 - Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	187
Gráfico 4.164 - Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	187
Gráfico 4.165 - Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)	188
Gráfico 4.166 - Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	188
Gráfico 4.167 - Superfície de resposta de PFB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (grau) em função do DLA e LA (TOR1=620 v/m; DPL=2,49 dtex)	189
Gráfico 4.168 - Superfície de resposta de PFB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (grau) em função do DLA e LA. (TOR1=620 v/m; DPL=4,4 dtex)	189

Gráfico 4.169 - Superfície de resposta de PFB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (grau) em função do DLA e LA. (TOR1=620 v/m; DPL=2,49 dtex)	190
Gráfico 4.170 - Superfície de resposta de PFB <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (grau) em função do DLA e LA. (TOR1=720 v/m; DPL=4,4 dtex)	190
Gráfico 4.171 - Superfície de resposta de RA/1000 <sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (rev./1000) em função do DPL e LA.	191
Gráfico 4.172 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá/ <sub>TIRA</sub> a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	193
Gráfico 4.173 - Superfície de resposta de FRTB <sub>SARJA 4/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA.	194
Gráfico 4.174 - Superfície de resposta de FRTT <sub>SARJA 4/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4µm)	195
Gráfico 4.175 - Superfície de resposta de FRTT <sub>SARJA 4/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)	195
Gráfico 4.176 - Superfície de resposta de ARTB <sub>SARJA 4/TLS</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	196
Gráfico 4.177 - Superfície de resposta de ARTB <sub>SARJA 4/TLS</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	197
Gráfico 4.178 - Superfície de resposta de ARTB <sub>SARJA 4/TLS</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)	197
Gráfico 4.179 - Superfície de resposta de ARTB <sub>SARJA 4/TLS</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	197
Gráfico 4.180 - Superfície de resposta de ARTT <sub>SARJA 4/TLS</sub> (%), em função do TOR1 e LA. (DPL=2,49 dtex)	198
Gráfico 4.181 - Superfície de resposta de ARTT <sub>SARJA 4/TLS</sub> (%), em função do TOR1 e LA. (DPL=4,4 dtex)	199

Gráfico 4.182 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 4/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)	200
Gráfico 4.183 - Superfície de resposta de $RRB_{SARJA\ 4/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)	200
Gráfico 4.184 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	201
Gráfico 4.185 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	201
Gráfico 4.186 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	202
Gráfico 4.187 - Superfície de resposta de $RRT_{SARJA\ 4/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	202
Gráfico 4.188 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/TLS}$ (grau) em função da TOR1 e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m; DPL=2,49 dtex)	203
Gráfico 4.189 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/TLS}$ (grau) em função da TOR1 e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m; DPL=4,4 dtex)	204
Gráfico 4.190 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/TLS}$ (grau) em função da TOR1 e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m; DPL=2,49 dtex)	204
Gráfico 4.191 - Superfície de resposta de $PFB_{SARJA\ 4/TLS}$ (grau) em função da TOR1 e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m; DPL=4,4 dtex)	204
Gráfico 4.192 - Superfície de resposta de RA/1000 $SARJA\ 4/TLS$ (rev./1000) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)	205
Gráfico 4.193 - Superfície de resposta de RA/1000 $SARJA\ 4/TLS$ (rev./1000) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)	206

Gráfico 4.194 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4/TLS a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	207
Gráfico 4.195 - Superfície de resposta de $FRTB_{SARJA\ 3/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)	208
Gráfico 4.196 - Superfície de resposta de $FRTB_{SARJA\ 3/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)	209
Gráfico 4.197 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	210
Gráfico 4.198 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	210
Gráfico 4.199 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	211
Gráfico 4.200 - Superfície de resposta de $FRTT_{SARJA\ 3/TLS}$ (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	211
Gráfico 4.201 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TLS}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	212
Gráfico 4.202 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TLS}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	212
Gráfico 4.203 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TLS}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)	213
Gráfico 4.204 - Superfície de resposta de $ARTB_{SARJA\ 3/TLS}$ (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)	213
Gráfico 4.205 - Superfície de resposta de $ARTT_{SARJA\ 3/TLS}$ (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)	214

Gráfico 4.206 - Superfície de resposta de ARTT <sub>SARJA 3/TLS</sub> (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)	214
Gráfico 4.207 - Superfície de resposta de RRB <sub>SARJA 3/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	215
Gráfico 4.208 - Superfície de resposta de RRB <sub>SARJA 3/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	216
Gráfico 4.209 - Superfície de resposta de RRB <sub>SARJA 3/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)	216
Gráfico 4.210 - Superfície de resposta de RRB <sub>SARJA 3/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	216
Gráfico 4.211 - Superfície de resposta de RRT <sub>SARJA 3/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	217
Gráfico 4.212 - Superfície de resposta de RRT <sub>SARJA 3/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	218
Gráfico 4.213 - Superfície de resposta de RRT <sub>SARJA 3/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)	218
Gráfico 4.214 - Superfície de resposta de RRT <sub>SARJA 3/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	218
Gráfico 4.215 - Superfície de resposta de RA/1000 <sub>SARJA 3/TLS</sub> (rev./1000) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	220
Gráfico 4.216 - Superfície de resposta de RA/1000 <sub>SARJA 3/TLS</sub> (rev./1000) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	220
Gráfico 4.217 - Superfície de resposta de RA/1000 <sub>SARJA 3/TLS</sub> (rev./1000) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)	220

Gráfico 4.218 - Superfície de resposta de RA/1000 <sub>SARJA 3/TLS</sub> (rev./1000) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	221
Gráfico 4.219 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3/ <sub>TL</sub> a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	222
Gráfico 4.220 - Superfície de resposta de FRTB <sub>TAFETÁ/TL</sub> (N) em função do DPL e LA.	223
Gráfico 4.221 - Superfície de resposta de FRTT <sub>TAFETÁ/TL</sub> (N) em função do DPL e LA	224
Gráfico 4.222 - Superfície de resposta de ARTB <sub>TAFETÁ/TL</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	225
Gráfico 4.223 - Superfície de resposta de ARTB <sub>TAFETÁ/TL</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	226
Gráfico 4.224 - Superfície de resposta de ARTB <sub>TAFETÁ/TL</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA= 21,4µm)	226
Gráfico 4.225 - Superfície de resposta de ARTB <sub>TAFETÁ/TL</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	226
Gráfico 4.226 - Superfície de resposta de ARTT <sub>TAFETÁ/TL</sub> (%), em função de TOR1 e DPL. (LA=45%)	227
Gráfico 4.227 - Superfície de resposta de ARTT <sub>TAFETÁ/TL</sub> (%), em função de TOR1 e DPL. (LA=60%)	228
Gráfico 4.228 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TL</sub> (N) em função do DLA e LA. (DPL=2,49 dtex)	229
Gráfico 4.229 - Superfície de resposta de RRB <sub>TAFETÁ/TL</sub> (N) em função do DLA e LA. (DPL=4,4 dtex)	229
Gráfico 4.230- Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TL</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)	230
Gráfico 4.231 - Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TL</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)	230

Gráfico 4.232 - Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)	231
Gráfico 4.233 - Superfície de resposta de RRT <sub>TAFETÁ/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)	231
Gráfico 4.234 - Superfície de resposta de PFB <sub>TAFETÁ/TLS</sub> (grau) em função da TOR1 e do DPL.	232
Gráfico 4.235 - Superfície de resposta de RA/1000 <sub>TAFETÁ/TLS</sub> (rev./1000) em função do DPL e LA.	233
Gráfico 4.236 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá/ <sub>TLS</sub> a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.	235
Gráfico 4.237 - Efeitos principais e interacções com maior contribuição na resistência à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama e tipo de ligamento.	240
Gráfico 4.238 - Efeitos principais e interacções com maior contribuição no alongamento à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama e tipo de ligamento.	241
Gráfico 4.239 - Efeitos principais e interacções com maior contribuição na resistência ao rasgo, quer à teia, quer à trama e tipo de ligamento.	242
Gráfico 4.240 - Efeitos principais e interacções com maior contribuição na propensão à formação de borboto segundo o tipo de ligamento.	243
Gráfico 4.241 - Efeitos principais e interacções com maior contribuição na resistência à abrasão segundo o tipo de ligamento.	244
Gráfico 4.242 - Efeito da torção do fio a um cabo e do tipo de acabamento na resistência à rotura por tracção, em função do ligamento e da direcção do ensaio.	247

- Gráfico 4.243 - Efeito do diâmetro da fibra de poliéster e da composição do fio na resistência à rotura por tracção, em função do ligamento e da direcção do ensaio. 248
- Gráfico 4.244 - Efeito da torção do fio a um cabo no alongamento à rotura por tracção dos tecidos, em função do ligamento e da direcção do ensaio. 249
- Gráfico 4.245 - Efeito do diâmetro da fibra de poliéster e da composição dos fios no alongamento à rotura por tracção dos tecidos, em função do tipo de ligamento e da direcção do ensaio. 251
- Gráfico 4.246 - Efeito da composição e do tratamento de acabamento no alongamento à rotura por tracção, em função do ligamento e da direcção do ensaio. 253
- Gráfico 4.247 - Efeito do diâmetro da fibra de poliéster e da fibra de lã, da composição do fio e do tipo de acabamento na resistência ao rasgo, em função do ligamento e da direcção do ensaio. 255
- Gráfico 4.248 - Efeito da torção do fio a um cabo, da composição do fio e do tratamento de acabamento na propensão à formação de borboto, nos tecidos em sarja de 4. 257
- Gráfico 4.249 - Efeito do diâmetro da fibra de poliéster, da composição do fio e do tratamento de acabamento, na resistência à abrasão dos tecidos, em função do ligamento. 259
- Gráfico 4.250 - Desempenho das propriedades do tecido com ligamento em sarja de 4, com a melhor optimização simultânea possível. 262

Gráfico 4.251 - Desempenho das propriedades do tecido com ligamento em sarja de 3, com a melhor otimização simultânea possível.	263
Gráfico 4.252 - Desempenho das propriedades do tecido com ligamento em tafetá, com a melhor otimização simultânea possível.	264
Gráfico A.1 - Relação entre a Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo para a sarja de 4.	438
Gráfico A.2 - Distância relativa, do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 4 em cada tipo de acabamento.	439
Gráfico A.3 - Relação entre a Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo para a sarja de 3.	442
Gráfico A.4 - Distância relativa, do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 3 em cada tipo de acabamento.	443
Gráfico A.5 - Relação entre a Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo para o Tafetá.	446
Gráfico A.6 - Distância relativa, do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento tafetá em cada tipo de acabamento.	447



## Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Caracterização das amostras de fio produzidas.	33
Tabela 3.2 - Características das fibras de poliéster.	34
Tabela 3.3 - Características das fibras de lã.	34
Tabela 3.4 - Características técnicas de construção dos tecidos.	35
Tabela 3.5 - Características estruturais dos tecidos em sarja de 4 pesada.	36
Tabela 3.6 - Características estruturais dos tecidos em sarja de 3 pesada.	37
Tabela 3.7 - Características estruturais dos tecidos em tafetá.	38
Tabela 3.8 - Resumo das características dos fios e dos tecidos produzidos com acabamento Normal (Adaptada de Monteiro, 2011)	40
Tabela 3.9 - Escala da avaliação visual da formação de borboto.	44
Tabela 4.1 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 4 pesada com acabamento Normal.	50
Tabela 4.2 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 3 pesada, com acabamento Normal.	51
Tabela 4.3 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em tafetá, com acabamento Normal.	52
Tabela 4.4 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.	57
Tabela 4.5 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.	63
Tabela 4.6 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento tafetá com acabamento Normal.	68
Tabela 4.7 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 4 pesada, após tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR).	106

Tabela 4.8 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 3 pesada, após tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR).	107
Tabela 4.9 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em tafetá, após tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR).	108
Tabela 4.10 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 4 pesada, após tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA).	109
Tabela 4.11 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 3 pesada, após tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA).	110
Tabela 4.12 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em tafetá, após tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA).	111
Tabela 4.13 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 4 pesada, após tratamento de limpeza a seco (TLS).	112
Tabela 4.14 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 3 pesada, após tratamento de limpeza a seco (TLS).	113
Tabela 4.15 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em tafetá, após tratamento de limpeza a seco (TLS).	114
Tabela 4.16 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.	127
Tabela 4.17 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.	141

Tabela 4.18 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.	153
Tabela 4.19 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 4 com ligamento TIRA.	166
Tabela 4.20 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.	179
Tabela 4.21 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.	192
Tabela 4.22 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.	206
Tabela 4.23 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.	221
Tabela 4.24 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento tafetá com acabamento TLS.	234
Tabela 4.25 - Contribuição dos efeitos e interacções significativas na variação quadrática total da resistência à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, em função do ligamento.	237
Tabela 4.26 - Contribuição dos efeitos e interacções significativas na variação quadrática total do alongamento à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, em função do ligamento.	238
Tabela 4.27 - Contribuição dos efeitos e interacções significativas na variação quadrática total na resistência ao rasgo, quer à teia, quer à trama, em função do ligamento.	238

- Tabela 4.28 - Contribuição dos efeitos e interações significativas na variação quadrática total na resistência à abrasão e na propensão à formação de borbotos, em função do ligamento. 239
- Tabela 4.29 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência à rotura por tracção (N), quer à teia (FRTB), quer à trama (FRTT) dos tecidos em função da torção e do tratamento de acabamento, para os três ligamentos. 245
- Tabela 4.30 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência à rotura por tracção (N), quer à teia (FRTB), quer à trama (FRTT) dos tecidos em função do diâmetro da fibra de Poliéster (DPL) e da composição, para os três ligamentos. 246
- Tabela 4.31 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio do alongamento à rotura (%), quer à teia (ARTB), quer à trama (ARTT) dos tecidos em função do fator A - torção do fio a um cabo (TOR1) para os três ligamentos. 249

- Tabela 4.32 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio do alongamento à rotura por tracção (%), quer à teia (ARTB), quer à trama (ARTT) dos tecidos em função do diâmetro da fibra de Poliéster (DPL) e da composição (LA), para os três ligamentos. 250
- Tabela 4.33 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio do alongamento à rotura por tracção (%), quer à teia (ARTB), quer à trama (ARTT) dos tecidos em função da composição (LA) e do tipo de acabamento, para os três ligamentos. 252
- Tabela 4.34 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência ao rasgo (N), quer à teia (RRB), quer à trama (RRT) dos tecidos em função dos diâmetros das fibras de lã (DLA) e de poliéster (DPL), da composição (LA) e do tratamento de acabamento, para os três ligamentos. 254
- Tabela 4.35 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio (grau) da propensão à formação de borboto dos tecidos sarja de 4 em função da torção do fio a um cabo (TOR1), da composição (LA) e do tratamento de acabamento. 256

Tabela 4.36 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência à abrasão (revoluções x 1000) dos tecidos em função do diâmetro da fibra de poliéster (DPL), da composição (LA) e do tratamento de acabamento para os três ligamentos.	258
Tabela 4.37 - Desempenho das Propriedades do tecido com ligamento em sarja de 4, com a melhor otimização simultânea possível.	262
Tabela 4.38 - Desempenho das Propriedades do tecido com ligamento em sarja de 3, com a melhor otimização simultânea possível.	263
Tabela 4.39 - Desempenho das Propriedades do tecido com ligamento em tafetá, com a melhor otimização simultânea possível.	264
Tabela A.1 - Dados e resultados globais	285
Tabela A.2 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros FRTB, FRTT, ARTB, ARTT para o ligamento sarja de 4.	431
Tabela A.3 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros FRTB, FRTT, ARTB, ARTT para o ligamento sarja de 3.	432
Tabela A.4 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros FRTB, FRTT, ARTB, ARTT para o ligamento tafetá.	433
Tabela A.5 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros RRB, RRT, PFB e RA para o ligamento sarja de 4.	434
Tabela A.6 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros RRB, RRT, PFB e RA para o ligamento sarja de 3.	435
Tabela A.7 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros RRB, RRT, PFB e RA para o ligamento tafetá.	436

Tabela A.8 - SARJA de 4: Distâncias relativas do valor óptimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento.	437
Tabela A.9 - Relação entre o valor da Conveniência e a distância do valor optimo ao valor máximo, para a sarja de 4.	438
Tabela A.10 - Distância relativa do valor optimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 4 em cada tipo de acabamento.	439
Tabela A.11- SARJA DE 4: Valores optimos seleccionados pela função de Conveniência e valores máximos e mínimos para cada propriedade no conjunto dos quatro tipos de acabamento.	440
Tabela A.12 - SARJA de 3: Distâncias relativas do valor óptimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento.	441
Tabela A.13 - Relação entre o valor da Conveniência e a distância do valor optimo ao valor máximo, para a sarja de 3.	442
Tabela A.14 - Distância relativa do valor optimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 3 em cada tipo de acabamento.	443
Tabela A.15 - SARJA DE 3: Valores optimos seleccionados pela função de Conveniência e valores máximos e mínimos para cada propriedade no conjunto dos quatro tipos de acabamento.	444
Tabela A.16 - TAFETÀ: Distâncias relativas do valor óptimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento.	445

Tabela A.17 - Relação entre o valor da Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo, para tafetá.	446
Tabela A.18 - Distância relativa do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento tafetá em cada tipo de acabamento.	447
Tabela A.19- TAFETÁ: Valores ótimos seleccionados pela função de Conveniência e valores máximos e mínimos para cada propriedade no conjunto dos quatro tipos de acabamento.	448
Tabela A.20 - Diferenças colorimétricas	449



## Anexos

Anexo 1 - Tabela A.1 - Dados e resultados globais	285
Anexo 2.1.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB <sub>N</sub> ), para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.	286
Anexo 2.1.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.	287
Anexo 2.1.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.	288
Anexo 2.1.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.	289
Anexo 2.1.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.	290
Anexo 2.1.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.	291
Anexo 2.1.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.	292
Anexo 2.1.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA <sub>N</sub> ) para o ligamento de sarja de 4 com acabamento Normal.	293
Anexo 2.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento Normal.	294
Anexo 2.2.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB <sub>N</sub> ), para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.	298
Anexo 2.2.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.	299
Anexo 2.2.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.	300

Anexo 2.2.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.	301
Anexo 2.2.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.	302
Anexo 2.2.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.	303
Anexo 2.2.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB <sub>N</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.	304
Anexo 2.2.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA <sub>N</sub> ) para o ligamento de sarja de 3 com acabamento Normal.	305
Anexo 2.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento Normal.	306
Anexo 2.3.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB <sub>N</sub> ), para o ligamento tafetá com acabamento Normal.	310
Anexo 2.3.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT <sub>N</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.	311
Anexo 2.3.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB <sub>N</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.	312
Anexo 2.3.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT <sub>N</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.	313
Anexo 2.3.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB <sub>N</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.	314
Anexo 2.3.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT <sub>N</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.	315
Anexo 2.3.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB <sub>N</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.	316

Anexo 2.3.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão ( $RA_N$ ) para o ligamento de tafetá com acabamento Normal.	317
Anexo 2.3.9 - Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento Normal.	318
Anexo 3.1.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia ( $FRTB_{TIRR}$ ), para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.	322
Anexo 3.1.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama ( $FRTT_{TIRR}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.	323
Anexo 3.1.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia ( $ARTB_{TIRR}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.	324
Anexo 3.1.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama ( $ARTT_{TIRR}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.	325
Anexo 3.1.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia ( $RRB_{TIRR}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.	326
Anexo 3.1.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama ( $RRT_{TIRR}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.	327
Anexo 3.1.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto ( $PFB_{TIRR}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.	328
Anexo 3.1.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão ( $RA_{TIRR}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.	329
Anexo 3.1.9 - Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRR.	330
Anexo 3.2.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia ( $FRTB_{TIRR}$ ), para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.	334

Anexo 3.2.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.	335
Anexo 3.2.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.	336
Anexo 3.2.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.	337
Anexo 3.2.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.	338
Anexo 3.2.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.	339
Anexo 3.2.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.	340
Anexo 3.2.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TIRR.	342
Anexo 3.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TIRR.	343
Anexo 3.3.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB <sub>TIRR</sub> ), para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.	347
Anexo 3.3.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.	348
Anexo 3.3.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.	349
Anexo 3.3.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.	350
Anexo 3.3.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB <sub>TIRR</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.	351

Anexo 3.3.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama ( $RRT_{TIRR}$ ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.	352
Anexo 3.3.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto ( $PFB_{TIRR}$ ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.	353
Anexo 3.3.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão ( $RA_{TIRR}$ ) para o ligamento de tafetá com acabamento TIRR.	354
Anexo 3.3.9 - Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.	355
Anexo 4.1.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia ( $FRTB_{TIRA}$ ), para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.	359
Anexo 4.1.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama ( $FRTT_{TIRA}$ ), para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.	360
Anexo 4.1.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia ( $ARTB_{TIRA}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.	361
Anexo 4.1.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama ( $ARTT_{TIRA}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.	362
Anexo 4.1.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia ( $RRB_{TIRA}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.	363
Anexo 4.1.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama ( $RRT_{TIRA}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.	364
Anexo 4.1.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto ( $PFB_{TIRA}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.	365
Anexo 4.1.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão ( $RA_{TIRA}$ ) para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRA.	366
Anexo 4.1.9 - Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRA.	367

Anexo 4.2.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB <sub>TIRA</sub> ), para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.	371
Anexo 4.2.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.	372
Anexo 4.2.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.	373
Anexo 4.2.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.	374
Anexo 4.2.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.	375
Anexo 4.2.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.	376
Anexo 4.2.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.	377
Anexo 4.2.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TIRA.	378
Anexo 4.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.	379
Anexo 4.3.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB <sub>TIRA</sub> ), para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.	383
Anexo 4.3.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.	384
Anexo 4.3.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.	385
Anexo 4.3.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT <sub>TIRA</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.	386

Anexo 4.3.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia ( $RRB_{TIRA}$ ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.	387
Anexo 4.3.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama ( $RRT_{TIRA}$ ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.	388
Anexo 4.3.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto ( $PFB_{TIRA}$ ) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.	389
Anexo 4.3.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão ( $RA_{TIRA}$ ) para o ligamento de tafetá com acabamento TIRA.	390
Anexo 4.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.	391
Anexo 5.1.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia ( $FRTB_{TLS}$ ), para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.	395
Anexo 5.1.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama ( $FRTT_{TLS}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.	396
Anexo 5.1.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia ( $ARTB_{TLS}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.	397
Anexo 5.1.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama ( $ARTT_{TLS}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.	398
Anexo 5.1.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia ( $RRB_{TLS}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.	399
Anexo 5.1.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama ( $RRT_{TLS}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.	400
Anexo 5.1.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto ( $PFB_{TLS}$ ) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.	401
Anexo 5.1.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão ( $RA_{TLS}$ ) para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TLS.	402

Anexo 5.1.9 - Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TLS.	403
Anexo 5.2.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB <sub>TLS</sub> ), para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.	407
Anexo 5.2.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT <sub>TLS</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.	408
Anexo 5.2.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB <sub>TLS</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.	409
Anexo 5.2.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT <sub>TLS</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.	410
Anexo 5.2.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB <sub>TLS</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.	411
Anexo 5.2.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT <sub>TLS</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.	412
Anexo 5.2.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB <sub>TLS</sub> ) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.	413
Anexo 5.2.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA <sub>TLS</sub> ) para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TLS.	414
Anexo 5.2.9 - Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.	415
Anexo 5.3.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB <sub>TLS</sub> ), para o ligamento tafetá com acabamento TLS.	419
Anexo 5.3.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT <sub>TLS</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.	420
Anexo 5.3.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB <sub>TLS</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.	421

Anexo 5.3.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT <sub>TLS</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.	422
Anexo 5.3.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB <sub>TLS</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.	423
Anexo 5.3.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT <sub>TLS</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.	424
Anexo 5.3.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB <sub>TLS</sub> ) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.	425
Anexo 5.3.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA <sub>TLS</sub> ) para o ligamento de tafetá com acabamento TLS.	426
Anexo 5.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TLS.	427
Anexo 6.1 - Tabela A.2 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros FRTB, FRTT, ARTB, ARTT para SARJA 4.	431
Anexo 6.2 - Tabela A.3 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros FRTB, FRTT, ARTB, ARTT para SARJA 3.	432
Anexo 6.3 - Tabela A.4 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros FRTB, FRTT, ARTB, ARTT para TAFETÁ.	433
Anexo 6.4 - Tabela A.5 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros RRB, RRT, PFB e RA para SARJA 4.	434
Anexo 6.5 - Tabela A.6 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros RRB, RRT, PFB e RA para SARJA 3.	435

Anexo 6.6 - Tabela A.7 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros RRB, RRT, PFB e RA para TAFETÁ.	436
Anexo 7.1 - Tabela A.8 - SARJA de 4: Distâncias relativas do valor ótimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento.	437
Anexo 7.2 - Tabela A.9 - Relação entre o valor da Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo, para a sarja de 4.	
Gráfico A.1 - Relação entre a Conveniência e a distância do valor ótimo ao máximo para a sarja de 4.	438
Anexo 7.3 - Tabela A.10 - Distância relativa do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 4 em cada tipo de acabamento.	
Gráfico A.2 - Distância relativa, do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 4 em cada tipo de acabamento.	439
Anexo 7.4 - Tabela A.11 - SARJA DE 4: Valores ótimos seleccionados pela função de Conveniência e valores máximos e mínimos para cada propriedade no conjunto dos quatro tipos de acabamentos.	440
Anexo 8.1 - Tabela A.12 - SARJA de 3: Distâncias relativas do valor ótimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento.	441

- Anexo 8.2 - Tabela A.13 - Relação entre o valor da Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo para a sarja de 3.
- Gráfico A.3 - Relação entre a Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo para a sarja de 3. 442
- Anexo 8.3 - Tabela A.14 - Distância relativa do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 3 em cada tipo de acabamento.
- Gráfico A.4 - Distância relativa, do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 3 em cada tipo de acabamento. 443
- Anexo 8.4 - Tabela A.15 - SARJA DE 3: Valores ótimos seleccionados pela função de Conveniência e valores máximos e mínimos para cada propriedade no conjunto dos quatro tipos de acabamentos. 444
- Anexo 9.1 - Tabela A.16 - TAFETÁ: Distâncias relativas do valor ótimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento. 445
- Anexo 9.2 - Tabela A.17 - Relação entre o valor da Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo para o tafetá.
- Gráfico A.5 - Relação entre a Conveniência e a distância do valor ótimo ao para o Tafetá. 446

Anexo 9.3 - Tabela A.18 - Distância relativa do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento tafetá em cada tipo de acabamento.	
Gráfico A.6 - Distância relativa, do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento tafetá em cada tipo de acabamento.	447
Anexo 9.4 - Tabela A.19 - TAFETÁ: Valores ótimos seleccionados pela função de Conveniência e valores máximos e mínimos para cada propriedade no conjunto dos quatro tipos de acabamentos.	448
Anexo 10 - Tabela A.20 - Diferenças colorimétricas (D65 10 Deg)	449

## Lista de Acrónimos

AM	Alinhavo médio
AmedB	Alinhavo médio da teia
AmedT	Alinhavo médio da trama
APL	Alongamento da fibra de poliéster
ART	Alongamento à rotura por tracção
ARTB	Alongamento à rotura por tracção à teia
ARTT	Alongamento à rotura por tracção à trama
CL	Coefficiente de ligamento
Da	Eixo verde/vermelho (-Da, significa mais verde; +Da, significa mais vermelho)
Db	Eixo amarelo/azul (-Db, significa mais azul; +Db, significa mais amarelo)
DB	Densidade de fios à teia
dB	Diâmetro do fio da teia em cm
dT	Diâmetro do fio da trama em cm
DBM	Densidade máxima da teia em fios/cm
DTM	Densidade máxima da trama em fios/cm
DL	Eixo da intensidade de cor (-DL, significa mais escura; +DL, significa mais clara)
DLA	Diâmetro da fibra de lã
DPL	Diâmetro da fibra de poliéster
DT	Densidade de passagens à trama
EPL	Encolhimento da fibra de poliéster
FaCM	Factor de cobertura máximo do tecido em $\text{fios}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{tex}^{0,5}\cdot 10^{-1}$
FaCBM	Factores de cobertura máximos da teia
FaCTM	Factores de cobertura máximos da trama
FaC	Factor de cobertura do tecido
FaCB	Factor de cobertura da teia
FaCT	Factor de cobertura da trama
FRT	Resistência à rotura por tracção

FRTB	Resistência à rotura por tracção à teia
FRTT	Resistência à rotura por tracção à trama
LA	Percentagem de lã
MM <sup>2</sup>	Massa por metro quadrado do tecido
Op	Opacidade em %
PFB	Propensão à formação de borbotos
pB	Distância em cm entre os centros das secções rectas de dois fios da teia consecutivos
PL	Percentagem de poliéster
pT	Distância em cm entre os centros das secções rectas de dois fios da trama consecutivos
RA	Resistência à abrasão
RR	Resistência ao rasgo
RRB	Resistência ao rasgo à teia
RRT	Resistência ao rasgo à trama
TexB	Massa linear dos fios da teia em tex
TexT	Massa linear dos fios da trama em tex
TOR1	Torção do fio a um cabo
TOR2	Torção do fio a dois cabos
TPL	Tenacidade da fibra de poliéster
TRAT	Tratamento de acabamento

$\rho$  - Massa específica da composição do tecido (g/cm<sup>3</sup>).

$\rho_B$  - Massa específica do material da teia

$\rho_T$  - Massa específica do material da trama

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 - Motivação

A actual conjuntura têxtil mundial, caracterizada por uma concorrência imensurável, tem obrigado as empresas a adaptarem-se para responderem em tempo útil e com a qualidade desejada, aos seus clientes. No caso dos concursos públicos (nacionais ou internacionais) para o fornecimento de um determinado tecido, destinado a uma determinada aplicação final, um dos grandes problemas que afectam negativamente as empresas, produtoras de tecidos, reside no facto de, nalguns concursos, a amostra de tecido enviada não cumprir integralmente todos os requisitos técnicos exigidos no caderno de encargos o que pode dar origem à não adjudicação do concurso à empresa concorrente.

Um elevado desempenho dos tecidos, no que diz respeito às suas propriedades mecânicas e de superfície, é um dos principais requisitos exigidos pelo mercado. Quando se projecta um determinado tecido para uma aplicação específica existe a necessidade prévia de conhecer e quantificar um conjunto de propriedades de desempenho durante o uso que o tecido tem de satisfazer e que se encontram especificadas no caderno de encargos ou ficha técnica. Como se referiu, anteriormente, na prática industrial constata-se que algumas destas propriedades do tecido nem sempre cumprem os valores mínimos exigidos. Isto acontece porque as propriedades de desempenho dependem das características estruturais dos fios e dos tecidos (construção técnica) e estas constituem um conjunto de variáveis interligadas, nem sempre com o mesmo efeito no comportamento dos tecidos, porque a alteração de certas características pode influenciar de forma antagónica diferentes propriedades. Resulta assim, premente, a necessidade de estudar, de forma conjugada, as relações tecnológicas entre as características das fibras, dos fios e dos tecidos e as propriedades dos respectivos tecidos, para encontrar compromissos otimizados entre a construção técnica e o desempenho.

Contudo, em determinadas situações, as características das fibras e dos fios, não são, por si só, suficientes para que os tecidos satisfaçam os requisitos exigidos, sendo necessário recorrer a tratamentos/operações especiais, durante a fase de acabamento, por forma a incrementar determinada propriedade de desempenho. Neste cenário, é legítimo colocar a seguinte questão: E as restantes propriedades dos tecidos permanecem inalteradas? É neste contexto, de ambiente industrial que se propõe estudar numa forma integrada o comportamento de todas as propriedades, de forma a estar-se dotado de uma ferramenta inovadora que forneça a informação necessária e suficiente para que se possam tomar correctamente todas as decisões de âmbito técnico.

Nos últimos anos, não têm sido publicados documentos científicos sobre esta temática, a qual parece não ter motivado o interesse dos investigadores com perfil mais académico. Também, se comprova que do lado de algumas empresas não se tem fomentado a investigação desta problemática, recorrendo-se às práticas utilizadas que assentam na experiência dos técnicos e na prática da tentativa erro. Daqui a oportunidade/necessidade de investigação científica com base industrial.

Esta metodologia, de carácter inovador, pretende conduzir a decisões técnicas com maior assertividade, melhorando a eficácia com a consequente redução de custos.

## **1.2 - Enquadramento**

Tal como foi referido, um dos grandes problemas com que se debatem as empresas é não lhes ser adjudicado um determinado concurso para o fornecimento de um tecido específico, pelo facto do seu tecido não cumprir um ou mais requisitos especificados do caderno de encargos. Após ser conhecido o resultado do concurso, neste caso, “não adjudicado”, é prática industrial, produzir nova amostra de tecido de forma a corrigir os requisitos que se encontravam em incumprimento na primeira amostra de tecido apresentada/proposta. Contudo, a alteração de certas características pode influenciar de forma antagónica diferentes propriedades. Neste contexto, se a primeira amostra de tecido não cumpria um determinado requisito a segunda amostra passará a cumpri-lo, mas pode deixar de cumprir um ou mesmo vários. A engenharia de produto tem tentado responder a esta problemática, adaptando um conjunto de novas metodologias, mas sem êxito total, continuando a persistir alguns dos problemas referidos.

Em trabalho anterior realizado por Monteiro (2011) os modelos matemáticos trataram de forma autónoma as propriedades mecânicas e de superfície de desempenho dos tecidos. Deste modo, ficou em aberto o desenvolvimento de modelos que tratem em conjunto todas as propriedades de forma a encontrar situações optimizadas em função das características estruturais e de acabamentos especiais para incremento de propriedades.

Este trabalho de investigação foi realizado em ambiente de empresa e num conjunto de tecidos muito representativos da sua produção, justificando esta necessidade interna de os optimizar e por consequência a necessidade de sigilo.

## **1.3 - Objectivos**

- Desenvolvimento de soluções, na fase de projecto, para a construção optimizada de tecidos mistos de lã e poliéster, face ao seu desempenho final;

- Aplicação da Função de Conveniência, com o objectivo de determinar as condições em que os valores de todas as propriedades em estudo estejam o mais perto possível dos respectivos valores óptimos;
- Identificação, na fase de projecto e em função das especificações técnicas da necessidade ou não de recorrer a acabamentos especiais;
- identificação das características estruturais críticas, na optimização das propriedades de desempenho.

## 1.4 - Metodologia

O trabalho que se propõe realizar nesta tese de Doutoramento divide-se três partes:

- A primeira consiste no desenvolvimento de modelos matemáticos, mediante a aplicação da análise de regressão, para cada uma das propriedades em estudo, para cada ligamento e cada tipo de acabamento, que constituam uma ferramenta auxiliar de trabalho, capaz de simular na fase de projecto do tecido a solução optimizada, de forma que a primeira amostra de tecido produzido para concurso, cumpra integralmente todos os requisitos exigidos.
- A segunda consiste em estudar através da análise de variância os factores e suas interacções que mais influenciam cada propriedade mecânica e de superfície, em cada ligamento e em cada tipo de acabamento em estudo. É também objecto de estudo encontrar as justificações científicas e tecnológicas das diferentes variáveis e forma como afectam cada uma das propriedades. Apenas com este conhecimento integrado, se devem tomar as melhores decisões de âmbito técnico.
- Na terceira parte e mediante a utilização da Função de conveniência efectuou-se a optimização de respostas múltiplas, com o objectivo de determinar as condições em que os valores de todas as propriedades em estudo estejam o mais perto possível dos respectivos valores óptimos.

## 1.5- Estrutura da Tese

Quanto à estrutura da tese, esta encontra-se organizada em 5 capítulos.

No Capítulo 1- Introdução, enumera-se a motivação que desencadeou a necessidade de efectuar este trabalho de investigação, o seu enquadramento e a proposta objectiva de trabalho focada na resolução do problema, bem como a estrutura geral da Tese. No capítulo 2 - Estado da Arte, são abordados os aspectos teóricos sobre as principais características das fibras, dos fios e dos tecidos, bem como das principais propriedades de desempenho dos tecidos. Enumeram-se,

também, os fundamentos teóricos sobre a metodologia usada no tratamento estatístico dos dados.

No capítulo 3 - Materiais e Métodos, é efectuada uma caracterização dos diversos fios e tecidos produzidos, bem como uma descrição dos métodos de ensaio utilizados para quantificar cada parâmetro.

O capítulo 4 - Resultados, tratamento estatístico, análise e discussão, para além da apresentação e discussão dos resultados experimentais, contempla também o tratamento estatístico de dados, constituído pela Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla. Por último, no capítulo 5 - Conclusões, são apresentadas as principais conclusões e as propostas para trabalhos futuros.

Nota: De referir que, o presente trabalho de Doutoramento, foi desenvolvido no âmbito de uma empresa Industrial, pelo que as condições de realização dos diferentes tratamentos/operações especiais, bem como, qualquer tipo de informação considerada sensível, não serão apresentadas neste trabalho, por questões de confidencialidade.

# Capítulo 2

## Estado da Arte

### 2.1 - Características das fibras

#### 2.1.1 - Introdução

As propriedades mecânicas das fibras abarcam um grande número de efeitos, que combinados determinam as características das fibras. De acordo, com as múltiplas aplicações têxteis é necessário encontrar as fibras cujas características melhor se adequem às necessidades específicas do produto final. Desta forma, entre as propriedades mecânicas mais relevantes das fibras encontram-se as suas propriedades de tracção, tal como, o seu comportamento sob forças aplicadas e respectivas deformações ao longo do eixo da fibra (Morton, 1975).

As propriedades mecânicas das fibras têxteis, os comportamentos às forças aplicadas e deformações são, provavelmente, as propriedades técnicas que mais contribuem para o comportamento das fibras durante o processo de transformação têxtil e para as propriedades do produto final. As propriedades de qualquer estrutura têxtil (fio, tecido, malha, etc) estão dependentes duma complexa inter-relação entre o posicionamento das fibras e as suas próprias propriedades. Deste modo, apesar do conhecimento das propriedades das fibras ser vital para a compreensão das propriedades das estruturas, só por si, não é suficiente. Existirão outros efeitos que sendo devidos às propriedades inerentes ao arranjo estrutural e às propriedades das fibras podem ser alterados pela presença de fibras vizinhas (Morton, 1975).

#### 2.1.2 - Características gerais

A fibra perfeita não existe. Existem muitos outros desempenhos que são exigidos às fibras em função das diferentes aplicações a que se destinam, cuja satisfação implica a existência de uma variedade de fibras com características diferentes (Richards, 1993).

##### 2.1.2.1 - Elasticidade e extensibilidade

Durante a sua utilização, os materiais têxteis são sujeitos a determinadas tensões. Nestas condições, estes materiais têm que ser flexíveis e ter capacidade de extensão. Após a sua extensão as fibras devem ter uma determinada elasticidade que lhes permita retomar o seu comprimento inicial (Richards, 1993).

### 2.1.2.2 - Encolhimento

Segundo o estudo anterior realizado por Monteiro (2011), quando se trata de seleccionar fibras de poliéster, os resultados demonstraram inequivocamente, que a massa linear das fibras e a sua tenacidade não são, por si só, suficientes, sendo imprescindível conhecer também o encolhimento da fibra de poliéster, uma vez que, alterações significativas desta característica obrigam a efectuar pequenas correcções na construção técnica do artigo, para que a densidade à trama e a massa por metro quadrado do tecido acabado satisfaçam as especificações técnicas.

### 2.1.2.3 - Resistência

Uma das propriedades mais relevantes dos materiais é a sua “resistência”. Apesar de o aplicarmos na linguagem corrente não existe uma definição científica para o termo “resistência”. “Resistência” está principalmente relacionada com a propriedade de carga (tensão) e as consequentes mudanças das dimensões (deformação) (Morton, 1975).

A resistência das fibras individuais condiciona a resistência final dum material têxtil (Richards, 1993).

### 2.1.3 - Dimensões das fibras

As dimensões das fibras estão entre as características mais importantes. O comprimento, expresso em milímetros, só faz sentido para as fibras cortadas. O diâmetro (ou finura) é expresso como uma densidade linear, em tex ou em micrómetros (Richards, 1993).

#### 2.1.3.1 - Diâmetro das fibras

O diâmetro das fibras condiciona:

- os processos de transformação, em que as fibras mais finas, extremamente delicadas, permitem obter fios mais finos e consequentemente tecidos de superior qualidade (Richards, 1993);
- o tempo de vida do produto. Na verdade, fibras mais finas necessitam de menos força para atingirem a rotura e por consequência os tecidos por elas constituídos têm uma resistência à abrasão inferior (Richards, 1993).

O coeficiente de variação do diâmetro das fibras afecta significativamente o desempenho durante o processo de fiação e por consequência a regularidade dos fios e as suas propriedades mecânico-

elásticas. Deste modo, quanto maior for o diâmetro médio das fibras, menor é o número de fibras na secção transversal dos fios, pelo que a sua regularidade, a sua resistência e o seu alongamento à rotura baixam (Groot, 1995).

Um aspecto, não menos importante, também relacionado com o diâmetro das fibras foi estudado por Wang (2000), que concluiu que a variação da carga de rotura das fibras de lã é determinada na sua maioria pela variação do diâmetro mínimo das fibras.

### 2.1.3.2 - Comprimento das fibras

O comprimento das fibras determina:

- as propriedades do produto têxtil, tais como, o toque e o cair dos tecidos, pilosidade dos fios e a resistência, bem com a propensão à formação de borbotos (Richards, 1993).

Quando nos referimos a fibras cortadas, o comprimento individual das fibras é menos relevante do que a distribuição de comprimentos numa determinada massa de fibras (Richards, 1993).

## 2.2 - Características dos fios

### 2.2.1 - Formação do fio

As características do fio dependem principalmente das características das suas fibras, mas são igualmente dependentes da estrutura do próprio fio (Klein, 1965).

### 2.2.2- Estrutura do fio

Por norma, considera-se que um fio de anel possui uma estrutura helicoidal uniforme ao longo do seu comprimento, com um volume específico uniforme e hélices formadas por um número constante de voltas por unidade de comprimento. Porém, quando se observam imagens dos fios de anel constata-se que os parâmetros geométricos da estrutura externa do fio, como o ângulo de torção e o diâmetro estão longe de ser uniformes (Pan e Hua, 2001).

Segundo, Pan e Hua (2001) a densidade linear dum fio aumenta devido à contracção originada pela torção. Logicamente, que para manter constante a densidade linear, o comprimento do fio deve ser mantido constante durante o processo de torção.

### 2.2.3- Resistência dos fios e torção

A resistência é um dos parâmetros mais importantes na qualidade dos fios, a qual depende principalmente da resistência das fibras componentes. Durante o processo de rotura do fio, algumas deslizam e outras partem. A proporção de fibras que deslizam e que partem é principalmente influenciada pela estrutura do fio (Ghosh *et al.*, 2005).

De acordo, com Pan e Hua (2001) um problema típico na ciência dos materiais têxteis é a relação entre a resistência das fibras e a resistência dos fios. Assim, é importante estabelecer esta relação, quer em termos práticos, quer em termos teóricos. As propriedades de resistência dos fios dependem das características das fibras, bem como, da torção.

Outros investigadores referem que a ocorrência do processo de fragmentação durante a extensão dos fios não é inevitável. Depende tudo de parâmetros como: as propriedades de resistência das fibras e das características estruturais do fio (comprimento das fibras, diâmetro do fio e torção) (Pan e Hua, 2001).

O aumento da torção origina um aumento da resistência do fio. A torção é definida como sendo o número de voltas por unidade de comprimento que atribuímos às mechas e fios com o objectivo das fibras oferecerem maior resistência ao seu deslizamento tornando assim possível o seu manuseamento para as variadíssimas aplicações a que se destinam (Cuñat, 1965).

A equação  $t = K \sqrt{N}$ , onde  $t$  é a torção expressa em voltas por unidade de comprimento,  $K$  é o coeficiente de torção e  $N$  é o número do fio expresso no sistema inverso, tem sido universalmente utilizada na indústria para determinar a torção requerida para os fios (Xie, *et al.*, 1968).

Segundo, Cuñat (1965) a torção nos fios pode observar-se por uma inclinação em forma de hélice das fibras, no caso de se tratar de fios simples ou por uma inclinação dos fios simples, no caso de se tratar de fios retorcidos. Quanto mais as espiras se apresentem transversalmente em relação ao eixo do fio, maior será a torção. Normalmente, a resistência de um fio está na razão directa da sua torção, até alcançar um ponto máximo, a partir do qual, todo o aumento da torção corresponde a uma diminuição da resistência do fio. A determinação da torção crítica é completamente experimental, tendo sido vários os investigadores que tentaram encontrar a equação mais adequada.

De acordo com, Cuñat (1965) os valores atribuídos aos coeficientes de torção ( $K$ ) dependem de vários factores e devem determinar-se experimentalmente para cada tipo de fio e para cada tipo de matéria-prima. Os valores dos coeficientes de torção mais utilizados nos fios penteados da indústria de lanifícios são os seguintes:

Barbim	K=90
Meio barbim	K=75
Trama	K=60

É importante reter que estes valores não são absolutos e dependem muito do comprimento da fibra e do seu diâmetro. Normalmente, os fios retorcem-se a dois cabos, com uma retorcção com sentido contrário à torção dos fios a um cabo. O número de voltas por metro da retorcção é igual ao número de voltas por metro da torção, embora em alguns casos pode variar ligeiramente. É frequente diminuir os valores da retorcção 5% em relação aos valores da torção do fio a um cabo (Blanxart, 1959).

O coeficiente de torção para uma resistência máxima depende do coeficiente de fricção fibra/fibra, da superfície da fibra por unidade de massa e do comprimento médio das fibras na secção transversal do fio (Cybulska e Goswami, 2001).

De acordo, com o estudo realizado por Monteiro, (2011), verificou-se que, com uma combinação de fibras formada por poliéster de 4,4 dtex e por lã de 21,4  $\mu\text{m}$  para um Nm final 2/46, constatou-se que os fios a um a cabo, quer em 55% poliéster/45% lã, quer em 60% lã/40% poliéster, ambos, com um coeficiente de torção  $K=90$ , deram origem a melhores resultados, no que diz respeito às resistências à rotura por tracção, à resistência ao rasgo e à resistência à abrasão. Por outro lado, os fios a um cabo em 55% poliéster/45% lã e em 60% lã/40% poliéster, ambos, com um coeficiente de torção  $K=106$ , permitem uma ligeira melhoria dos resultados, no alongamento à rotura por tracção e na propensão à formação de borboto, uma vez que é visível uma ligeira tendência no sentido de afectar negativamente as propriedades de resistência à rotura por tracção, a resistência ao rasgo e a resistência à abrasão.

#### 2.2.4 - Pilosidade dos fios

A pilosidade é um requisito que por norma está definido nas especificações técnicas dos fios, como sendo uma das propriedades relevantes (Barella e Manich, 1997).

#### 2.2.5 - Mecanismo de rotura dos fios

A estrutura do fio influencia fortemente o mecanismo de rotura dos fios de fibra cortada. Este mecanismo é normalmente explicado pelas características de tensão-deformação dos fios (Cybulska e Goswami, 2001).

No gráfico 2.1 observa-se o comportamento mecânico não linear de um fio com uma linearidade limitada para valores muito pequenos de tensão (região I), onde o deslizamento é impedido pelo atrito. Na região II, as fibras começam a deslizar sendo que na região de elevadas tensões (região III) as fibras deslizam e partem até se observar a rotura completa do fio (Cybulska e Goswami, 2001).

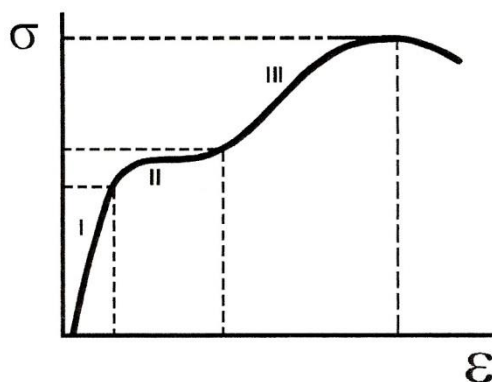


Gráfico 2.1 - Curva tensão-deformação para um fio de fibra cortada, (Cybulska e Goswami, 2001, pp.1087).

Existe uma relação significativa entre as características de resistência do fio e a uniformidade do seu diâmetro, independentemente da estrutura do fio. Quanto maior é o diâmetro, maior é a carga e o alongamento de rotura. Da mesma forma, estas características de tracção dos fios aumentam quando aumenta a uniformidade do seu diâmetro (Cybulska e Goswami, 2001).

## 2.3 - Características estruturais dos tecidos

### 2.3.1 - Noções de Geometria de Tecidos

Durante a primeira metade do século XX alguns investigadores dedicaram-se ao estudo dos tecidos no sentido de desenvolverem conhecimento para ajudarem os técnicos a conceberem mais facilmente e com mais precisão os tecidos que pretendiam. Essa ajuda traduziu-se na dedução de equações que relacionando os parâmetros estruturais permitem calcular as densidades dos tecidos, construídos com um dado fio e um dado ligamento, de modo a garantirem a massa/m<sup>2</sup>, o aspecto, o toque e o comportamento no uso pretendidos (Miguel, 2007).

Essas equações foram desenvolvidas com base na formulação de teorias, com base em dados experimentais ou com base em teorias corrigidas pela experiência. As que se basearam na formulação de teorias tiveram como elemento de observação e estudo o arranjo espacial dos fios no tecido (Miguel, 2007).

Esses investigadores procuraram simular através do desenho a estrutura real dos tecidos, onde os fios da teia estão cruzados com os da trama, considerando o diâmetro dos fios e o espaçamento entre eles, o qual depende da existência de pontos de ligamento. Criaram, assim, modelos

geométricos que relacionam os diâmetros dos fios e a distância entre eles em função da evolução dos fios da teia por entre os fios da trama e vice-versa. Com base no estudo da relação entre os elementos desses modelos geométricos, deduziram equações que, relacionando os parâmetros técnicos, permitem calcular tecidos (Miguel, 2007).

Peirce (1937), na década de trinta do século XX, foi o investigador pioneiro nesta matéria com profundidade científica. Com base no seu modelo geométrico, em que considerou os fios com diâmetros circulares, desenvolveu uma equação que permite calcular as densidades máximas dos tecidos em tafetá construídos com fios da teia e da trama com diâmetros distintos (Miguel, 2007).

Este estudo tem sido referência ao longo dos anos e tem constituído uma base de trabalho para outras teorias sobre o arranjo geométrico dos elementos dos tecidos, nomeadamente as que consideram os diâmetros dos fios não circulares (Miguel, 2007).

A comprovação na prática dos estudos teóricos nem sempre foi coroada de êxito. A porosidade e a flexibilidade dos fios e dos tecidos fazem com seja difícil a tradução geométrica da sua realidade. Estamos sempre a falar de uma aproximação do real. Alguns investigadores desenvolveram teorias corrigindo depois as suas equações com factores que resultaram da experimentação (Miguel, 2007).

Os resultados destes trabalhos de investigação permitem concluir que a equação de Peirce (1937) se mantém actual continuando a dar, para os tecidos em tafetá, interessantes resultados de cálculo de tecidos, principalmente quando se cria conhecimento e compara tecidos assentes no desenvolvimento de uma base de dados a qual, através da experiência, reforçará sempre o mesmo referencial (Miguel, 2007).

## 2.3.2 - Parâmetros Resultantes da Geometria de Tecidos

### 2.3.2.1 - Factor de Cobertura do Tecido

Um dos principais parâmetros resultantes da geometria dos tecidos é o Factor de Cobertura. O factor de cobertura, em termos geométricos, é uma grandeza definida pela área ocupada pelos fios relativamente à área total do tecido (Peirce, 1937; Grosberg, 1971, 1972; Marks *et al.*, “sem data”; Miguel, 2000).

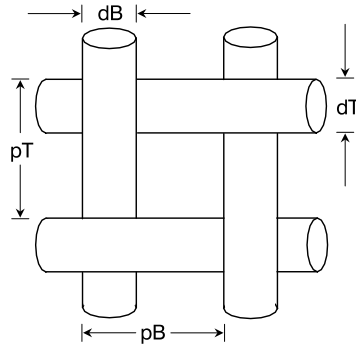


Figura 2.1 - Representação esquemática da evolução dos fios do módulo do tafetá, (Miguel, 2000).

onde:  $d_B$  - diâmetro do fio da teia em cm  
 $d_T$  - diâmetro do fio da trama em cm  
 $p_B$  - distância em cm entre os centros das secções rectas de dois fios da teia consecutivos  
 $p_T$  - distância em cm entre os centros das secções rectas de dois fios da trama consecutivos

Com base na figura 2.1, podem calcular-se os factores de cobertura geométricos: (Miguel, 2000).

- Factor de cobertura da teia (FCB):

$$FCB = d_B / p_B \quad (2.1)$$

- Factor de cobertura da trama (FCT):

$$FCT = d_T / p_T \quad (2.2)$$

- Factor de cobertura do tecido (FC):

$$FC = (d_B \cdot p_T + d_T \cdot p_B - d_B \cdot d_T) / (p_B \cdot p_T) \quad (2.3)$$

$$FC = FCB + FCT - FCB \cdot FCT \quad (2.4)$$

Contudo estas variáveis são de difícil quantificação pelo que estas equações são de reduzida utilidade. É, assim, necessário encontrar variáveis de medição objectiva.

Traduzindo este conceito através de parâmetros de construção do tecido, resulta uma relação entre a densidade de fios com o respectivo título. Deste modo, temos factor de cobertura da teia, da trama e do tecido, resultando este da contribuição dos outros dois.

As distâncias  $p_B$  e  $p_T$  podem ser dadas em função da densidade de fios por cm da teia ( $DB$ ) e da trama ( $DT$ ), respectivamente, tal como se apresenta de seguida: (Miguel, 2000).

$$- p_B = 1/DB \quad (2.5)$$

$$- p_T = 1/DT \quad (2.6)$$

Os diâmetros  $d_B$  e  $d_T$  podem ser dados em função dos títulos dos fios em tex da teia ( $Tex_B$ ) e da trama ( $Tex_T$ ) e das massas específicas em  $g/cm^3$  das fibras da teia ( $\rho_B$ ) e da trama ( $\rho_T$ ), respectivamente. Considerando os fios idealmente cilíndricos e com uma porosidade média de 35% (no volume do fio há 35% de ar e 65% de matéria) de acordo com Grosberg (1971), temos então (Miguel, 2000):

$$d_B = (4,44/1000)\sqrt{Tex_B/\rho_B} \quad (2.7)$$

$$d_T = (4,44/1000)\sqrt{Tex_T/\rho_T} \quad (2.8)$$

Os factores de cobertura geométricos podem, deste modo, ser dados pelas seguintes equações (Miguel, 2000):

$$FCB = DB(4,44/1000)\sqrt{Tex_B/\rho_B} \quad (2.9)$$

$$FCT = DT(4,44/1000)\sqrt{Tex_T/\rho_T} \quad (2.10)$$

$$FC = FCB+FCT-FCB \cdot FCT \quad (2.11)$$

O Sistema Internacional recomenda como unidades para o factor de cobertura dos tecidos as seguintes:

$$(\text{Fios/cm}) \cdot \sqrt{\text{tex}} \cdot 10^{-1}$$

Com base na teoria exposta e no recomendado pelo S.I., podem deduzir-se as equações que definem os factores de cobertura de acordo com o S.I. da teia (FaCB) e da trama (FaCT) para os cálculos de caracterização estrutural dos tecidos (Miguel, 2000):

- Factor de cobertura da teia (S.I.):

$$\text{FaCB} = (\text{DB} \cdot \sqrt{\text{TexB}}) / 10 \quad (2.12)$$

Onde: FaCB - em  $\text{fios} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{tex}^{0,5} \cdot 10^{-1}$

DB - Densidade da teia em fios/cm

TexB - Massa linear dos fios da teia em tex (título resultante)

- Factor de cobertura da trama (S.I.):

$$\text{FaCT} = (\text{DT} \cdot \sqrt{\text{TexT}}) / 10 \quad (2.13)$$

onde : FaCT - em  $\text{fios} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{tex}^{0,5} \cdot 10^{-1}$

DT - Densidade da trama em fios/cm

TexT - Massa linear dos fios da trama em tex (título resultante)

- Factor de cobertura do tecido de acordo com as unidades do S.I.:

$$\text{FaC} = \text{FaCB} + \text{FaCT} - ((4,44 / 100 \cdot \sqrt{\rho}) \cdot \text{FaCB} \cdot \text{FaCT}) \quad (2.14)$$

onde: FaC - em  $\text{fios} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{tex}^{0,5} \cdot 10^{-1}$

$\rho$  - Massa específica da composição do tecido ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

### 2.3.2.2 - Opacidade do Tecido

A opacidade de um tecido (Op) é uma grandeza que relaciona o factor de cobertura do tecido com o seu factor de cobertura máximo admissível, o qual corresponde à situação de densidade máxima. Por factor de cobertura máximo de um tecido entende-se o factor de cobertura que esse tecido teria se construído com os mesmos fios e o mesmo ligamento, mas com as densidades máximas admissíveis (Miguel, 2000, 2007).

$$\text{Op} = (\text{FaC} / \text{FaCM}) \cdot 100 \quad (2.15)$$

Onde: Op - Opacidade em %

FaCM - Factor de cobertura máximo do tecido em  $\text{fios} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{tex}^{0,5} \cdot 10^{-1}$

O conhecimento da situação das densidades máximas dos tecidos, as quais dependem de diversos parâmetros entre eles o ligamento, é muito importante porque corresponde às maiores rigidez de toque, consistência e coesão dos tecidos e permite comparar a construção de tecidos através de valores percentuais da construção máxima. Este é o conceito de opacidade (Miguel, 2007).

### 2.3.2.3 - Densidades Máximas do Tecido - Conceito

A determinação das densidades máximas (da teia e da trama) do tecido tem sido objecto de vários estudos desde há muitos anos, sabendo-se que dependem do título e da composição do fio, do ligamento e até do tipo de tear em que o tecido é produzido. Agora, a capacidade de deformação da secção dos fios e a influência do ligamento, nomeadamente ao nível da sobreposição dos alinhavos, são abordadas segundo cada investigador. É, portanto, um tema da maior importância para o conhecimento dos tecidos, contudo o seu tratamento é de ordem teórica, tendo em conta a flexibilidade dos materiais têxteis, traduzindo melhor ou pior o que se passa na realidade, dependendo das circunstâncias. Os factores de cobertura que correspondem às densidades máximas são factores de cobertura máximos (Miguel, 2000, 2007).

Para uma abordagem geométrica que procure traduzir teoricamente de uma forma simples o que se passa no ponto de ligamento relativo ao cruzamento de um fio da teia com um da trama num tecido construído com as densidades máximas, conforme o que se representa na figura 2.2, considere-se o seguinte estudo (Miguel, 2000, 2007):

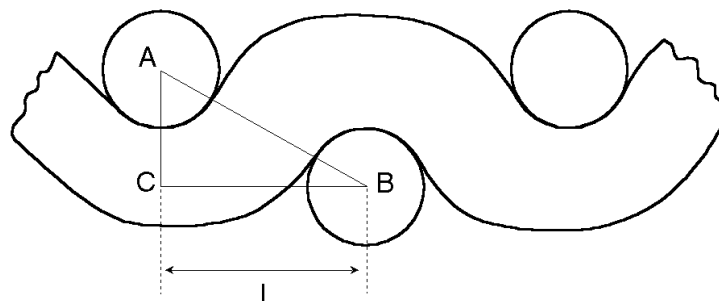


Figura 2.2 - Representação esquemática da evolução dos fios do módulo do tafetá, (Marks et al, “sem data”; (Miguel, 2007).

em que  $AC=d$  e  $AB=2d$ , sendo  $d$  o diâmetro dos fios da teia e da trama em cm. A distância em cm entre dois fios da mesma direcção consecutivos,  $l$ , é dada por:

$$BC=\sqrt{AB^2 - AC^2}=\sqrt{(2d)^2 - d^2}=\sqrt{3d^2}=d\sqrt{3}=1,732d \quad (2.16)$$

Considere-se que a densidade máxima é  $DM=1$  fio/cm, portanto  $l=1$ cm, ou seja,  $1,732d=1$ cm e  $d=1/1,732$  cm.

Considerando as equações que dão o diâmetro dos fios em cm referidas atrás:

$$dB = (4,44/1000)\sqrt{\text{TexB}/\rho_B} \quad (2.17)$$

$$dT = (4,44/1000)\sqrt{\text{TexT}/\rho_T} \quad (2.18)$$

e substituindo  $d$  por  $1/1,732$ , vem  $\sqrt{\text{Tex}}=130\sqrt{\rho}$

substituindo  $\sqrt{\text{Tex}}=130\sqrt{\rho}$  nas equações dos factores de cobertura segundo o S.I. (2.12) e (2.13) referidas atrás e consideradas agora para a situação de densidades máximas, vem:

$$Fa_{CBM}=Fa_{CTM}=13\sqrt{\rho} \quad (2.19)$$

em que  $Fa_{CBM}$  e  $Fa_{CTM}$  são os factores de cobertura máximos da teia e da trama respectivamente.

Se substituirmos estes valores nas mesmas equações dos factores de cobertura (2.12) e (2.13) concluímos que:

$$DBM = DTM = 130(\sqrt{\rho} / \sqrt{\text{Tex}}) \quad (2.20)$$

ou seja, as densidades máximas para um tecido com os fios da teia e da trama iguais e com pontos de ligamento entre dois fios consecutivos da mesma direcção - tafetá - dependem do título e da matéria prima dos fios (Miguel, 2007).

#### 2.3.2.4 - Densidades Máximas do Tecido - Peirce

Para definir a construção máxima dos tecidos, Peirce (1937) deduziu uma equação para o tafetá em que considerou os fios da teia e da trama diferentes. O modelo do fio flexível de Peirce (1937) relaciona, num tecido em tafetá, as densidades máximas da teia e da trama com os diâmetros dos fios da teia e da trama (Miguel, 2000):

$$\sqrt{(dB + dT)^2 - (1/DBM^2)} + \sqrt{(dB + dT)^2 - (1/DTM^2)} = (dB + dT) \quad (2.21)$$

Onde: dB - Diâmetro do fio da teia em cm

dT - Diâmetro do fio da trama em cm

DBM - Densidade máxima da teia em fios/cm

DTM - Densidade máxima da trama em fios/cm

Substituindo na equação dB pelas variáveis TexB e  $\rho_B$  e dT pelas variáveis TexT e  $\rho_T$  de acordo com as equações atrás referidas:

$$dB = (4,44/1000)\sqrt{\text{TexB}/\rho_B} \quad (2.22)$$

$$dT = (4,44/1000)\sqrt{\text{TexT}/\rho_T} \quad (2.23)$$

a equação de Peirce (1937) para tecidos em tafetá, simplificada em função dos valores da teia e da trama das densidades máximas, da massa específica e do título do fio vem (Miguel, 2000, 2007):

1) DBM=DTM,  $\rho_B=\rho_T=\rho$ , TexB=TexT=Tex

$$DBM = DTM = 130(\sqrt{\rho} / \sqrt{\text{Tex}}) \quad (2.24)$$

2) DBM=DTM,  $\rho_B \neq \rho_T$ , TexB=TexT=Tex

$$DBM = DTM = 260 \sqrt{\rho_B \cdot \rho_T} / (\sqrt{\text{Tex}} \cdot (\sqrt{\rho_B} + \sqrt{\rho_T})) \quad (2.25)$$

3) DBM=DTM,  $\rho_B=\rho_T=\rho$ , TexB $\neq$ TexT

$$DBM = DTM = 260 \sqrt{\rho} / (\sqrt{\text{TexB}} + \sqrt{\text{TexT}}) \quad (2.26)$$

4) DBM=DTM,  $\rho_B \neq \rho_T$ , TexB $\neq$ TexT

$$DBM = DTM = 260 / (\sqrt{\text{TexB} / \rho_B} + \sqrt{\text{TexT} / \rho_T}) \quad (2.27)$$

Onde:  $\rho_B$  - Massa específica do material da teia

$\rho_T$  - Massa específica do material da trama

TexB - Massa linear dos fios da teia em tex (título resultante)

TexT - Massa linear dos fios da trama em tex (título resultante)

### 2.3.2.5 - Densidades Máximas do Tecido - Brierley

Para os ligamentos diferentes do tafetá, Brierley (1952) concluiu que em tecidos construídos com o mesmo fio se conseguia, na prática, chegar sempre a densidades máximas mais elevadas comparativamente com os em tafetá. Sabe-se que a explicação está nos pontos de ligamento da evolução dos fios. Brierley (1952) traduziu esta explicação em termos de alinhavo médio e da família dos ligamentos. Definiu, com base na experimentação, uma equação que assenta no conhecimento das densidades máximas para o tafetá aumentadas por um factor que depende dos alinhavos médios do ligamento e da capacidade que este proporciona para a compactação dos alinhavos (Miguel, 2000, 2007):

$$DBM(\text{sarja}) = DBM(\text{tafetá}) \cdot AmedT^{0,39} \quad (2.28)$$

$$DTM(\text{sarja}) = DTM(\text{tafetá}) \cdot AmedB^{0,39} \quad (2.29)$$

$$DBM(\text{cetim}) = DBM(\text{tafetá}) \cdot AmedT^{0,42} \quad (2.30)$$

$$DTM(\text{cetim}) = DTM(\text{tafetá}) \cdot AmedB^{0,42} \quad (2.31)$$

$$DBM(\text{panamás}) = DBM(\text{tafetá}) \cdot AmedT^{0,45} \quad (2.32)$$

$$DTM(\text{panamás}) = DTM(\text{tafetá}) \cdot AmedB^{0,45} \quad (2.33)$$

Onde: AmedB - Alinhavo médio da teia

AmedT - Alinhavo médio da trama

Na equação de Brierley (1952) à medida que aumenta o alinhavo médio da trama (diminuição dos pontos de ligamento) possibilita-se um aumento da densidade da teia e vice-versa. Por outro lado,

em função da família dos ligamentos a compactação dos alinhavos é mais ou menos influente, o que se reflete no expoente ao qual o alinhavo está elevado (Miguel, 2000, 2007). Um exemplo conhecido é a comparação das densidades máximas da sarja de 4 (2/2) e do panamá de 4. Ambos os ligamentos têm o mesmo alinhavo médio (2) mas o panamá de 4, para os mesmos fios, apresenta uma densidade máxima superior à da sarja 2/2. Esta diferença deve-se aos avanços dos dois ligamentos, que definem duas famílias com características específicas, e a consequente diferença na capacidade de compactação dos fios na estrutura do tecido, o que é traduzido pelos expoentes de Brierley.

## 2.4 - Propriedades de desempenho de tecidos

### 2.4.1 - Resistência e alongamento à rotura

Todos os tecidos acabados devem estar em conformidade com certas especificações de desempenho, dependendo do uso final pretendido. Essas especificações de desempenho incluem, embora não se limitem, ao tipo de fibra ou mistura usada, densidade linear do fio, ligamento, massa do tecido ( $\text{g/m}^2$ ), resistência à rotura do tecido, cor e acabamento. Uma vez que, a resistência à rotura do tecido muda durante o processamento húmido, dependendo das condições de processamento, a obtenção de um tecido à saída do tear com a resistência adequada é importante para atender aos requisitos de resistência do tecido acabado, levando em consideração qualquer perda de resistência durante o processo de acabamento. Da mesma forma, a fim de produzir um tecido com uma resistência à rotura especificada, a obtenção da resistência à tracção mais adequada para o fio também é muito crítica. Frequentemente, a selecção do fio com uma resistência adequada, junto com outras características desejáveis é feita com base na experiência. Por vezes, o fio escolhido dá origem a um tecido com a resistência à rotura por tracção especificada, mas enquanto os resultados desejados não são obtidos, resulta uma grande perda de material, tempo e outros recursos. Uma outra complexidade é que não há uma relação exacta e claramente definida entre a resistência à rotura do fio e a resistência à rotura do tecido, pois há muitos outros factores que também desempenham um papel vital na determinação da resistência à rotura final do tecido, incluindo as densidades à teia e à trama e o ligamento (Realf et al., 1997; Chattopadhyay, 2008; Gabrijelcic et al., 2008, citados por Hussain et al., 2010).

Gabrijelcic, et al., (2008), referiram que as propriedades de resistência à rotura por tracção dos tecidos é um assunto extremamente complexo, o qual não depende apenas das propriedades de resistência dos fios na direcção estudada. Não há dúvidas que as propriedades de resistência dos fios é o ponto de partida, mas existem também outros factores, os quais tem um efeito positivo ou negativo. Os mesmos autores concluíram, que o facto, das amostras dos diferentes tecidos terem praticamente as mesmas densidades, cujas estruturas são abertas, o efeito do ligamento nas

propriedades mecânicas não foi tão exposto quanto ficaria numa estrutura mais compacta, de tal forma, que este efeito não pode ser estimado objectivamente.

Gabrijelcic, *et al.*, (2008), sugeriram repetir a investigação em outras estruturas mais apertadas e compactas, onde o efeito do fio da trama é certamente mais pronunciado. A investigação deve ser orientada em primeiro lugar para a determinação das propriedades mecânicas das estruturas dos tecidos com base nas propriedades conhecidas de fios usados, quer na teia, quer na trama. O facto é que não são só as características de fios na direcção investigada, que afectam as propriedades de resistência à rotura por tracção de um tecido, mas também as características dos fios que se encontram perpendicularmente à direcção em estudo e sua interacção. Seria interessante analisar precisamente as características desses fios, tais como, a sua massa linear, densidade e por último, mas não menos importante a sua flutuação.

O comportamento mecânico do tecido, quando submetido a uma tracção uniaxial, depende principalmente da natureza das fibras, da massa linear dos fios na direcção da tracção, da densidade dos fios da teia e da trama e do ligamento (Halleb e Amar, 2010).

Maqsood *et al.*, (2016), no seu estudo realizado em nove tecidos com ligamentos em tafetá, sarja de 3 pesada e sarja de 4 pesada com várias densidades, quer à teia, quer à trama e usando o fio 20/1 Ne de poliéster/algodão penteado, concluiu que a resistência à rotura por tração de tecidos produzidos em tafetá é maior do que os tecidos produzidos em sarja de 3 ou em sarja de 4 devido ao maior número de entrelaçamentos por unidade de área.

A resistência à rotura por tracção dos tecidos varia em função do ligamento, em consequência dos pontos de pressão, resultantes do cruzamento dos fios da teia com os fios da trama, os quais retardam o deslizamento das fibras, permitindo que cada fibra possa suportar uma maior carga de tracção (Realff *et al.*, 1991).

A resistência à rotura por tracção dos tecidos penteados de lã/poliéster, depende da densidade de fios na direcção da tracção e da resistência à rotura dos fios; O alongamento à rotura por tracção à teia dos tecidos depende do encolhimento da fibra de poliéster e do ligamento; O alongamento à rotura por tracção à trama dos tecidos depende exclusivamente do ligamento, não tendo qualquer relação com o encolhimento da fibra de poliéster (Monteiro, 2011).

Barella *et al.*, (1996) constataram, em tecidos mistos de lã e poliéster que a resistência à rotura aumenta com o aumento da percentagem de poliéster, mantendo constante os tipos de acabamento, coeficiente de densidade e a massa linear dos fios.

Hussain *et al.*, (2010), efectuaram um estudo para desenvolver modelos estatísticos para a previsão da resistência à tração de tecidos mistos de 52% poliéster/48% algodão, usando dados empíricos baseados numa variedade de tecidos cuidadosamente fabricados sob condições

controladas usando uma selecção sistemática de fios. Os resultados obtidos indicam uma precisão muito elevada dos modelos de previsão.

A resistência à rotura aumenta com o aumento do coeficiente de densidade, mantendo constante as outras variáveis. Um mesmo aumento da percentagem de poliéster provoca um maior incremento e valores mais elevados de resistência à rotura em tecidos fabricados com fios grossos que nos obtidos com fios mais finos. Para os tecidos fabricados com fios penteados, para o mesmo coeficiente de torção dos fios e mantendo constante as restantes variáveis, um aumento da espessura do tecido dá origem a uma diminuição do alongamento à rotura. Por outro lado, um aumento do coeficiente de torção produz uma diminuição do alongamento à rotura (Barella *et al.*, 1996).

Almetwally e Salem (2010) referiram que a resistência à rotura por tracção de tecidos 100% algodão, produzidos com fios de anel diminui com o aumento do número do fio de 30 Ne para 50 Ne e aumenta com o aumento do coeficiente de torção dos fios. Quanto ao alongamento à rotura dos tecidos pode concluir-se que este diminui à medida que a massa linear dos fios é menor, mas aumenta com o aumento do coeficiente de torção dos fios.

Li *et al.*, (2011) demonstraram que as propriedades de resistência à rotura por tração dos tecidos podem mudar com o pH do tecido. Nos tecidos estudados, o pH afectou a extensibilidade de uma forma semelhante ao seu impacto na expansão higroscópica. Os valores das extensibilidades dos tecidos sob uma carga de 5 N / cm são superiores nos tecidos de lã quando o seu pH se encontra no ponto isoeléctrico (pH 4,8) e menores para pH 2,1 e pH 7,2. As curvas tensão-deformação do tecido mostraram que, para um determinado nível de extensão, o trabalho necessário para esticar um tecido é menor com pH 2,1 do que com pH 4,8. Estes resultados sugerem que a lã é mais estável perto do ponto isoeléctrico de pH 4,8, sendo mínima a probabilidade de degradação da fibra ou do tecido devido a qualquer força aplicada.

Estes resultados têm implicações no processamento industrial da lã, em que o pH de um tecido pode ser alterado quando o mesmo é submetido a uma variedade de operações mecânicas, especialmente para a obtenção das propriedades dimensionais requeridas. Estas operações incluem lavagem, batanagem, tingimento, crabbing, decatissagem e vaporização. A investigação também indica que, para se obterem resultados consistentes, estudos preliminares devem ser realizados com um pH próximo do ponto isoeléctrico antes de se efectuarem testes de resistência em fibras de lã, fios e tecidos e também antes da medição das propriedades dimensionais de tecidos de lã (Li *et al.*, 2011).

#### 2.4.2 - Resistência ao rasgo

A resistência à tracção pode ser definida como sendo a resistência mínima exigida para garantir a qualidade das matérias-primas e dos processos de acabamento, enquanto a resistência ao rasgo

pode ser vista como uma avaliação da durabilidade do tecido (Taylor, citado por Scelzo et al., 1994).

O rasgo pode ser descrito como a rotura sequencial dos fios ou grupos de fios ao longo de uma linha através de um tecido. É um dos problemas mais comuns em materiais têxteis e em muitos casos, origina definitivamente a sua inutilização. A resistência ao rasgo é a propriedade mais indicada para fornecer uma avaliação da sua aptidão para uma fácil manutenção, superior à resistência à tracção. Um tecido com uma reduzida resistência ao rasgo é geralmente um produto inferior. A resistência ao rasgo é afectada por mudanças na geometria do fio, na geometria do tecido, relaxamento das fibras e suas características de atrito. O movimento dos fios vai ser restrito em tecidos, cuja construção seja mais apertada, originando deste modo, uma resistência ao rasgo mais baixa. Construções mais abertas permitem que os fios se movam e se agrupem, resultando assim numa alta resistência ao rasgo (Skelton,1980; Hu e Chan, 1998, citados por EryuruK e Kalaoglu, (2015).

De acordo, com Harrison, (1960) um aumento do coeficiente de torção dos fios reduz o seu diâmetro e aumenta a sua resistência. Este efeito proporciona um aumento da resistência ao rasgo dos tecidos em consequência da elevada liberdade de movimento dos fios. Os fios retorcidos ao apresentarem uma maior compacticidade permitem mais espaço entre os fios, aumentando a sua facilidade de deslizamento. Desta forma, uma maior compactação dos fios origina uma melhor resistência ao rasgo.

A resistência ao rasgo dos tecidos depende da mobilidade dos fios dentro da estrutura do tecido. Tecidos em tafetá apresentam uma baixa resistência ao rasgo devido à perda de mobilidade dos fios. O ligamento influencia a resistência ao rasgo, definindo a frequência relativa de pontos de cruzamento do fio no tecido. Isto tem um efeito directo, quer na facilidade de deformação do tecido, quer no número de fios que rompem juntos. Tecidos, cuja construção origine nervuras/frisos, derivadas do próprio ligamento, apresentam maior resistência ao rasgo do que tecidos simples, uma vez que, os dois fios a par, com a mesma evolução dificultam o rasgo. A densidade, quer de fios, quer de passagens é considerada o parâmetro mais importante que influencia significativamente a resistência ao rasgo. Tecidos produzidos com fios de filamento de poliéster apresentam maior resistência ao rasgo do que os fios de poliéster texturizado. O incremento da resistência ao rasgo pode ser alcançado diminuindo o efeito de fricção no tecido pelo uso de fios mais escorregadios. Os fios de filamento apresentam maior mobilidade, em consequência do baixo coeficiente de atrito fio-fio (EryuruK e Kalaoglu, 2015).

Nos tecidos cuja liberdade de movimento dos fios é elevada, o deslizamento dos fios pode mudar significativamente a geometria e por consequência a resistência ao rasgo. A relação entre a mobilidade dos fios e as propriedades de tracção dos mesmos é claramente a base do desempenho dos tecidos no que diz respeito à resistência ao rasgo (Hamkins e Backer, 1980).

Maqsood *et al.*, (2016), no seu estudo realizado em 9 tecidos com ligamentos em tafetá, sarja de 3 pesada e sarja de 4 pesada com várias densidades, quer à teia, quer à trama e usando o fio 20/1 Ne de poliéster/algodão penteado, concluiu que a resistência ao rasgo dos tecidos produzidos em sarja de 3 e sarja de 4, ambas pesadas é maior do que os tecidos produzidos em tafetá devido ao maior deslizamento dos fios. A sarja de 4 apresenta maior resistência ao rasgo do que a sarja de 3, quer na direcção da teia, quer na direcção da trama.

Ao produzir-se um tecido podem usar-se fios, quer na teia, quer na trama com torções diferentes, quer ao nível do sentido da torção, quer ao nível dos coeficientes de torção. Deste modo, podem obter-se propriedades mecânicas diferentes, bem como, aspectos diferentes, em consequência das modificações na orientação das fibras (Nawaz *et al.*, 2002).

A resistência ao rasgo dos tecidos penteados de lã/poliéster, depende das densidades de fios ou passagens e da resistência à ruptura dos fios (Monteiro, 2011).

Scelzo *et al.*, (1994) efectuaram uma análise comparativa da resistência ao rasgo em tecidos de algodão, produzidos, uns com fios de rotor e outros com fios de anel. Em cada um dos sistemas de fição, produziram-se fios com massas lineares diferentes (16,4 tex e 65,7 tex). Todos os tecidos produzidos foram com ligamento em tafetá, variando apenas as densidades, quer à teia, quer à trama. Os resultados obtidos mostram que a resistência ao rasgo na direcção da teia, nos tecidos produzidos com fios de rotor 65,7 tex, é igual ou superior à dos tecidos produzidos com fios de anel. No entanto, os tecidos produzidos com fios de anel apresentam uma resistência ao rasgo geralmente mais elevada quando rasgados na direcção da trama. No que diz respeito, aos tecidos constituídos por fios 16,4 tex, verifica-se que os produzidos com os fios de anel apresentam uma resistência superior, quer na direcção da teia, quer na direcção da trama, comparativamente aos tecidos produzidos com fios de rotor. Por outro lado, o estudo permitiu concluir também, que uma baixa resistência ao rasgo é consequência de uma reduzida mobilidade dos fios.

A maioria dos fios retorcidos tem um sentido de torção contrário à torção do fio a um cabo. Por norma a resistência à ruptura de um fio retorcido é superior ao dobro da resistência do mesmo fio a um cabo. Uma outra hipótese de combinação possível é obter-se um fio retorcido com cabos de torção contrária (Nawaz *et al.*, 2002).

Miguel (2000) também constatou, que na generalidade dos tecidos, as variáveis que mais influenciam a resistência ao rasgo são o tipo de acabamento, a composição em poliéster, o diâmetro médio das fibras e o alinhavo médio do ligamento.

Nawaz *et al.*, (2002) estudaram a resistência ao rasgo em tecidos de 52% poliéster/48% algodão, produzidos com diferentes amostras de fio retorcido a dois cabos com torções Z e S, com cinco coeficientes de torção diferentes. As amostras dos fios retorcidos foram formadas em três grupos em função do sentido da torção dos cabos componentes: zz, ss e zs. Os resultados encontrados revelaram que:

- os valores mais elevados de resistência à rotura dos fios foram alcançados quando o fio retorcido a dois cabos tem uma torção contrária à torção dos fios a um cabo que o constituem. Este comportamento explica-se pelo facto das fibras da camada exterior do fio formarem um menor ângulo de inclinação relativamente ao eixo do fio, dando origem desta forma a uma maior resistência (Nawaz *et al.*, 2002).

- a resistência ao rasgo mais elevada atingiu-se quando o fio retorcido a dois cabos tem o mesmo sentido da torção dos fios a um cabo que o constituem (Nawaz *et al.*, 2002).

Estudos efectuados por Almetwally e Salem (2010) permitiram concluir que alterações significativas no coeficiente de torção dos fios não têm efeito significativo na resistência ao rasgo dos tecidos. Por outro lado, constatou-se que a resistência ao rasgo diminuiu significativamente com o aumento do número do fio de 30 Ne para 50 Ne.

### 2.4.3 - Propensão à formação de borboto

A importância que a propensão à formação do borboto tem sob o ponto de vista comercial pode ser facilmente avaliada pela enorme quantidade de trabalhos de investigação e de patentes existentes desde 1950. Na verdade, as peças de vestuário continuam a apresentar uma elevada propensão à formação de borbotos, prejudicando o utilizador e o produtor, quer do ponto de vista estético quer do ponto de vista económico (Cooke, 1985).

O processo de formação do borboto tem origem, numa degradação do aspecto superficial e do toque da peça de vestuário. O grau de severidade e a duração deste processo variam significativamente começando com uma pequena degradação, localizada na superfície do tecido, até uma formação excessiva de borbotos, os quais põem em causa a aceitabilidade e o desempenho do produto. Embora o problema da propensão à formação de borboto tenha sido reconhecido desde há muito tempo recebeu pouca referência na literatura antes de 1950, pois era aceite como um aspecto normal resultante do uso dos produtos têxteis (Cooke, 1985).

A propensão à formação de borboto em tecidos penteados de lã/poliéster, depende da torção dos fios a um cabo e do ligamento (Monteiro, 2011).

Barella *et al.*, (1996) constataram que, para qualquer tipo de tecido misto de lã e poliéster, produzido com fibras do mesmo diâmetro, a propensão à formação de borboto diminui à medida que aumenta a percentagem de lã. Por outro lado, verificaram também, que em tecidos com a mesma proporção de lã, a propensão à formação de borboto aumenta à medida que aumenta o diâmetro das fibras.

A pilosidade dos fios influencia de forma significativa a propensão à formação de borboto, sendo que, quanto mais elevada for a pilosidade, mais borboto o tecido produz. A pilosidade depende também da composição fibrosa dos fios, pois, fios constituídos por misturas de fibras apresentam maior pilosidade do que os fios constituídos por um só componente (Barella *et al.*, 1996)

A procura por parte do consumidor, de vestuário mais leve e mais fino e com um toque mais macio, foi conseguida através da utilização de coeficientes inferiores de torção dos fios e da redução dos factores de cobertura dos tecidos, aumentando deste modo, a propensão à formação de borboto. A necessidade comercial de manter o vestuário a preços aceitáveis levou à redução dos coeficientes de torção dos fios, da densidade de fios e passagens e da massa por unidade de superfície. Contudo, a propensão à formação de borboto continua a representar um considerável risco comercial, com particular foco em artigos fabricados com fibras sintéticas e suas misturas. O pilling é normalmente considerado como um processo de autolimitação que se desenvolve em quatro etapas: formação de pêlo, emaranhamento, crescimento e queda do borboto (Cooke, 1985).

Conforme se pode verificar no gráfico 2.2, os resultados dos ensaios mostram curvas típicas de formação de borbotos em função do número de revoluções, com um máximo bem definido, seguido de uma redução gradual à medida que aumentam o número de revoluções (Cooke, 1985).

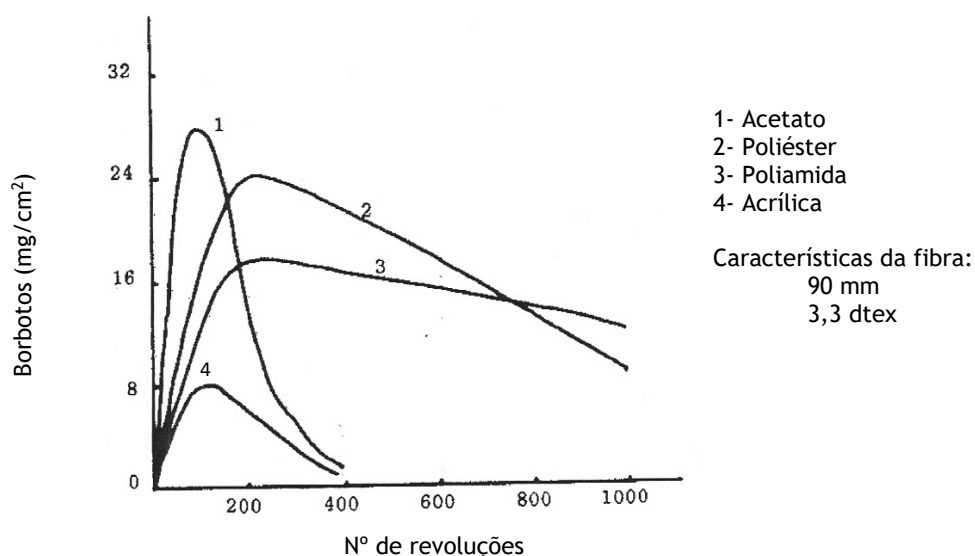


Gráfico 2.2 - Resultados dos ensaios da máxima formação de borboto em tecidos com várias composições (Cooke, 1985, pp. 410)

No caso de tecidos produzidos com fibras com maior tenacidade, tais como o poliéster e a poliamida, o borboto não se liberta da peça de vestuário durante o período de utilização, mantendo-se a densidade do borboto próxima do valor máximo, conforme mostra o gráfico 2.3 (Cooke, 1985).

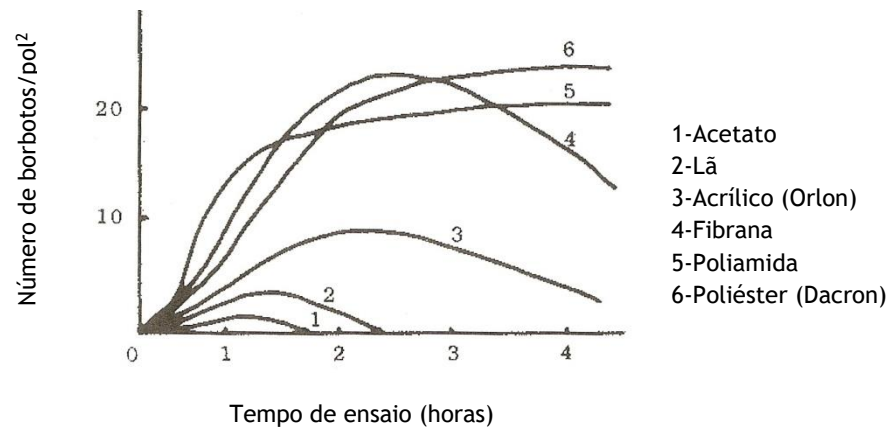


Gráfico 2.3 - Formação de borboto em tecidos com diferentes fibras (Cooke, 1985, pp. 410)

Greaves, *et al.*, (1981) estudaram a propensão à formação de borboto em tecidos em sarja de 4 neutra, de lã e lã/poliéster em mistura íntima com 70%, 50% e 30% deste último componente. Cada uma das amostras de fio utilizadas foram produzidas com diferentes torções, quer a um cabo, quer a dois. Os tecidos foram acabados, quer pelos processos convencionais da indústria laneira, quer pelos processos não convencionais. Os resultados obtidos mostraram que o aumento da torção nos fios a um cabo melhora o comportamento à formação de borboto, enquanto a torção nos fios a dois cabos teve um efeito muito pouco significativo. Pelo contrário, os tecidos acabados pelo processo convencional, o qual reduz a tenacidade das fibras, apresentaram melhores graus de pilling, do que os acabados pelo processo não convencional.

Para uma extremidade da fibra se soltar da estrutura do fio, não só é necessário superar as forças de fricção inter-fibras, mas também deve apresentar uma flexibilidade considerável para se poder deslocar ao longo do cruzamento dos fios que constituem o tecido. Desta forma, fibras que resistem a esta flexão (fibras rígidas) aumentam as forças de atrito restritivas. Quando as forças restritivas excedem a resistência à rotura da fibra, a fibra acaba por partir em vez de se soltar. Portanto, a resistência à rotura das fibras determina a força de abrasão que pode ser aplicada, isto é, o comprimento máximo de fibra que pode ser levantado. Por outro lado, durante a abrasão, as fibras com tenacidades inferiores originam pontas mais curtas, mas uma densidade de pêlo superior. Face aos conceitos mencionados, a reduzida propensão à formação de borboto da fibra de lã explica-se, em consequência da sua baixa tenacidade o que permite a rotura das fibras, evitando, deste modo a sua migração para a superfície da peça de vestuário. Pelo contrário, a fibra de poliéster ao apresentar uma alta tenacidade tem uma elevada propensão à formação de borboto (Gentis e Mead, 1959).

No que diz respeito, aos tecidos, o aumento do tamanho do alinhavo provoca um aumento da propensão à formação de borboto. À medida que aumenta a massa por unidade de superfície diminui a propensão à formação de borboto. (Naik e López-Amo, 1982).

Tecidos produzidos com fios mais finos apresentam uma menor propensão à formação de borbotos, em consequência de os fios mais finos serem menos pilosos do que os fios mais grossos (Omeroglu e Ulku, 2007).

#### 2.4.4 - Resistência à abrasão

Como é do conhecimento geral, a abrasão é produzida pela fricção do tecido contra tecido ou contra outros agentes abrasivos. A resistência à abrasão quantifica-se normalmente pelo número de revoluções que causam a rotura dos fios, mas também pode ser medida pela perda de massa do tecido depois de um determinado número de revoluções. A abrasão do tecido é um processo que se desenvolve em duas etapas: a primeira afecta principalmente a aparência do tecido; a segunda, que se manifesta mais tarde, afecta a estrutura interna do tecido (Barella *et al.*, 1998).

De acordo, com Galbraith, (1975) a resistência à abrasão de um tecido depende de diversos parâmetros, tais como, as propriedades das fibras, número e estrutura do fio, ligamento e massa por metro quadrado do tecido e tipo de acabamento.

A abrasão dos tecidos durante o uso é difícil de definir, em consequência das diferenças existentes entre os vários utilizadores (Barella *et al.*, 1998).

Barella *et al.*, (1996) verificaram que quanto maior for a percentagem de poliéster em tecidos produzidos com fios de igual massa linear e com igual massa por metro quadrado melhor a resistência à abrasão.

De acordo com OniKov (1992), a resistência à abrasão de qualquer tecido depende de factores importantes, tais como, a resistência do fio (estrutura, número, e tipo de fibra) e da densidade de fios e de passagens do tecido. Contudo, depende também de factores estruturais, tais como o grau de flexão recíproco dos fios da teia e dos fios da trama que determina a superfície de contacto do tecido. O termo “superfície do contacto” do tecido diz respeito às porções de área de teia e de área de trama que tocam o abrasivo. Deste estudo, pode concluir-se, que os tecidos cuja superfície de contacto da teia é igual à superfície de contacto da trama têm por consequência, na globalidade, uma superior superfície de contacto, pelo que têm uma baixa perda de resistência, ou seja uma elevada resistência à abrasão.

Diversos estudos têm revelado que o aumento da resistência à abrasão resulta do aumento do diâmetro e do comprimento das fibras, do aumento das densidades de fios e passagens e do aumento do número do fio. A influência destas características estruturais na resistência à abrasão, nem sempre tem sido clara, pois, alguns estudos têm apresentado resultados contraditórios, devido ao facto de, em muitos casos ser difícil alterar uma característica estrutural de um tecido sem afectar as outras propriedades. A resistência à abrasão pode ser considerada como uma das

propriedades que seja afectada por várias características de uma forma interactiva (Annis *et al.*, 1992).

Almetwally e Salem (2010) referiram também, que a resistência à abrasão diminui com o aumento do coeficiente de torção dos fios.

Os diferentes resultados do desempenho dos tecidos à resistência à abrasão sugerem que a quantidade de fibras partidas aumenta quando existe uma maior área de contacto entre o material abrasivo e os fios do tecido em estudo. Deste modo, os tecidos com ligamento em sarja têm resistências inferiores à abrasão do que os tecidos em tafetá. Por outro lado, verifica-se também que, os tecidos mistos de algodão e poliéster, fabricados com fibras de poliéster com um comprimento médio de 31,8 mm têm pior resistência à abrasão do que os tecidos fabricados com fibras de poliéster com um comprimento uniforme de 38,1 mm. Da mesma forma, que tecidos fabricados com fibras de poliéster de 1,2 denier apresentam resistências à abrasão inferiores do que os tecidos fabricados com fibras de poliéster de 1,5 denier (Annis *et al.*, 1992).

Tanto as características da fibra como a geometria do tecido afectam a resistência à abrasão dos tecidos. Alguns polímeros são intrinsecamente mais resistentes à abrasão do que outros. O ligamento do tecido, a torção do fio e o seu frisado afectam a resistência à abrasão. Fios com baixa torção apresentam uma maior superfície de contacto para com o tecido abrasivo. No entanto, dar pouca torção aos fios pode dar origem a que algumas fibras saiam do corpo do fio e sejam partidas durante a abrasão. Pelo contrário, elevadas torções reduzem a resistência à abrasão dos fios (Sulzer, 2001).

A resistência à abrasão em tecidos penteados de lã/poliéster, depende fortemente do diâmetro da fibra de poliéster (Monteiro, 2011).

Manich *et al.*, (2001) estimaram o efeito da abrasão na superfície e a degradação estrutural em tecidos de lã e em tecidos mistos de lã e poliéster. A este propósito, utilizaram o aparelho Martindale, segundo a norma British Standard para determinarem a resistência à abrasão. Posteriormente, utilizaram um método expedito para determinarem a taxa de perda de massa inicial e o gradiente de abrasão médio ao longo dos primeiros 5000 ciclos. Estes investigadores constataram que quanto maior a taxa de degradação inicial, mais rápida é a degradação da superfície do tecido durante a fase inicial da abrasão. A degradação da superfície não é completamente independente da degradação estrutural, embora a primeira ocorra antes da segunda. Por outro lado, concluíram também que quanto maior a massa por metro quadrado e menor o número de fios por centímetro do tecido, maiores são as abrasões superficial e estrutural do tecido. Isto quer dizer, que a abrasão dos tecidos cardados é menor do que a dos tecidos penteados. Tudo indica, que as características da fibra, tais como a percentagem de lã e o seu diâmetro contribuem de uma forma relevante para a abrasão superficial, enquanto as características dos fios e dos tecidos, tais como a densidade linear dos fios e o coeficiente de ligamento estão relacionados com a abrasão estrutural.

## 2.5 - Tratamento estatístico

### 2.5.1 - Modelização das propriedades em função das variáveis de fabricação

Os ensaios realizados para cada tipo de acabamento e ligamento, foram desenhados, de acordo, com um desenho factorial  $2 \times 2 \times 2 \times 2$ , no qual se consideraram quatro variáveis a dois níveis: torção do fio a um cabo - TOR1 ( $x_1$ ), diâmetro da fibra de lã - DLA ( $x_2$ ), percentagem de lã na mistura - LA ( $x_3$ ) e diâmetro da fibra de poliéster - DPL ( $x_4$ ).

A influência destas variáveis em cada uma das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos obtidos, foi modelada através duma análise de regressão em que se ajustou o modelo empírico  $y = b_0 + \sum_i b_i x_i + \sum_{ij} b_{ij} x_i x_j$  ( $i, j = 1 \text{ to } 4, i < j$ ), que inclui os efeitos principais de cada variável  $X_i$  e de todas as possíveis interacções binárias entre elas  $X_i X_j$  em cada uma das propriedades mecânicas e de superfície analisadas (Montgomery, 2001). Os coeficientes de regressão estimados para cada resposta  $b_0$ ,  $b_i$  e  $b_{ij}$  ( $i < j$ ) obtiveram-se pelo método dos mínimos quadrados. Para se poder obter “a melhor” equação de regressão (Draper e Smith, 1981), incluíram-se unicamente todos os efeitos principais e interacções binárias, que resultaram significativas, eliminando os termos não significativos, mediante a aplicação da análise de variância. A utilização deste modelo permite determinar os valores das variáveis que proporcionam a resposta óptima para cada uma das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos fabricados.

### 2.5.2 - Função de Conveniência

Uma abordagem útil para a optimização de múltiplas respostas é a técnica de optimização popularizada por (Derringer and Suich, 1980). Este procedimento faz uso das funções de conveniência. A abordagem geral consiste em primeiro converter cada resposta  $y_i$  numa função de conveniência individual  $d_i$  que varia num intervalo

$$0 \leq d_i \leq 1$$

onde se a resposta  $y_i$  estiver no seu objectivo, então  $d_i=1$  e se a resposta estiver fora de uma região aceitável,  $d_i=0$ . Depois as variáveis  $X_i$  de design são escolhidas para maximizar a conveniência geral que se corresponde com a média geométrica das conveniências de cada uma das  $m$  respostas analisadas:

$$D = (d_1 * d_2 * \dots * d_m)^{1/m} \quad (2.34)$$

A função de Conveniência no nosso caso assume que o objectivo está em maximizar cada resposta, sendo que os resultados experimentais foram localizados entre o valor inferior (L) e o superior (T).

O valor de conveniência  $d$  de cada resposta, se for considerada uma relação linear entre a resposta e a conveniência ( $r=1$ ), é obtida da seguinte forma:

$$d = \begin{cases} 0 & y < L \\ \left(\frac{y - L}{T - L}\right)^r & L \leq y \leq T \\ 1, & y > T \end{cases} \quad (2.35)$$

As funções individuais de conveniência são estruturadas conforme mostrado na figura 2.3 se o objectivo ou alvo T da resposta  $y$  for um valor máximo.

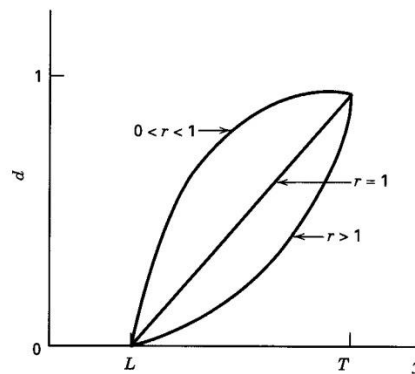


Figura 2.3 - Função de conveniência individual para otimização simultânea.  
(Montgomery, 2001, pp.453)

Quando o peso  $r=1$ , a função de conveniência é linear como ocorre neste trabalho de investigação. Escolhendo  $r > 1$  coloca-se mais ênfase em estar próximo do valor-alvo, e escolhendo  $0 < r < 1$  torna isso menos importante.

A função de conveniência que combina diversas respostas em função das variáveis, proporciona uma superfície de resposta (gráfico 2.4) que permite localizar, para os valores mais elevados, a zona onde as variáveis provocaram valores elevados para as respostas se o objectivo for maximizá-las (Montgomery, 2001, pp.454).

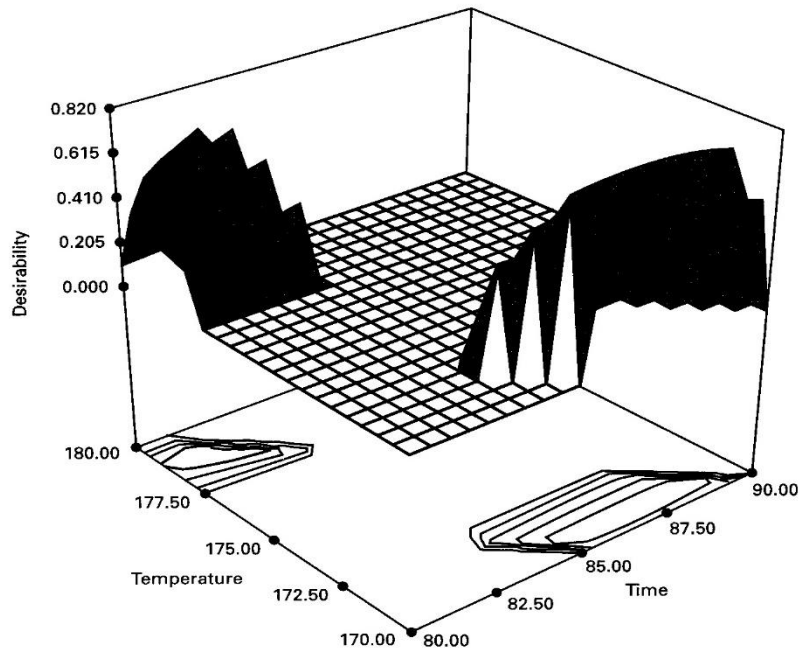


Gráfico 2.4 - Superfície de resposta da Função de Conveniência em função das variáveis. (Montgomery, 2001, pp.454).

A otimização de respostas múltiplas, ajustadas, utilizando a metodologia das superfícies de resposta, implica obter uma função de conveniência que permita delimitar níveis das variáveis controláveis que podem conduzir a resultados das respostas que se encontrem em zonas próximas dos valores óptimos de cada uma delas, de maneira que, o produto obtido possa satisfazer de maneira suficiente os valores exigidos para cada uma das variáveis (Derringer and Suich, 1980).

Normalmente a função de conveniência utiliza-se de maneira directa, procurando o ajuste da conveniência global, obtida como a média geométrica das conveniências de cada uma das respostas (Raisi, 2009), e este procedimento é o mais utilizado quando se trata de otimizar respostas múltiplas em processos industriais como os de tinturaria (Asim, 2012) ou acabamentos de tecidos (Manich, 2016) quando se consideram as respostas obtidas em ensaios normalizados.

A função de conveniência, também tem aplicação quando entram em jogo, para além das respostas objectivas que se obtêm com os métodos de ensaios normalizados, características subjectivas que têm relação com as valorizações que podem fazer o consumidor de um produto e que o pode valorizar como atractivo, confortável, agradável ou “que está em moda”. Neste caso, para além de procurar a função de conveniência que combina as propriedades objectivas dos tecidos, devem-se introduzir parâmetros que reflitam o grau de aceitação do consumidor como no caso dos novos têxteis funcionais onde a apreciação do consumidor é muito importante para a sua introdução no mercado (Taieb, 2010).

O resultado final conduz a um índice de satisfação muito similar ao grau de conveniência quando se alcança o nível 0,5, que corresponde a um nível de satisfação aceitável. Se supera o nível de 0,75, a satisfação é muito boa, sendo o nível 1 a satisfação completa de todos os aspectos valorizados. Em alguns casos as valorizações subjectivas da qualidade feitas pelos consumidores, para além de utilizar as funções de conveniência, relacionam-se com as variáveis de fabricação dos materiais utilizando a técnica das redes Neurais como na optimização das características subjectivas dos tecidos (Denim) Texanos, para relacioná-las com as características das fibras, fios, tecido e acabamento (Souid, 2012).

Qualquer que seja a utilização da função de conveniência, isoladamente ou em combinação com outras técnicas (índices de satisfação subjectiva, redes neurais), a sua aplicação é muito útil quando se trata de encontrar/estudar as condições de processo que conduziram a uma zona aceitável, onde se poderão obter valores muito próximos dos valores óptimos para todas as respostas consideradas.

## Capítulo 3

### Materiais e Métodos

#### 3.1 - Caracterização dos materiais

##### 3.1.1 - Caracterização das amostras de fio

Uma vez que, as composições com maior interesse e aplicabilidade industrial são 55% poliéster/45% lã e 60% lã/40% poliéster, utilizaram-se, em cada uma das referidas composições, oito amostras de fio convencional, número métrico (Nm) 2/46, constituídas por poliéster preto e lã branca.

As amostras de fio diferem entre si, na finura das fibras que as constituem, bem como, na torção e na retorção, conforme se pode observar na tabela 3.1:

Tabela 3.1 - Caracterização das amostras de fio produzidas, (Monteiro, 2011)

	Amostras de fio (Ref <sup>a</sup> )	Fibras componentes	Torção e Retorção (v/m)	Coefficiente de torção do fio a um cabo
55% Poliéster/45% Lã	A	Poliéster 2,49 dtex/Lã 21,4 µm	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90
	B	Poliéster 2,49 dtex/Lã 21,4 µm	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106
	C	Poliéster 2,49 dtex/Lã 24,9 µm	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90
	D	Poliéster 2,49 dtex/Lã 24,9 µm	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106
	E	Poliéster 4,4 dtex/Lã 21,4 µm	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90
	F	Poliéster 4,4 dtex/Lã 21,4 µm	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106
	G	Poliéster 4,4 dtex/Lã 24,9 µm	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90
	H	Poliéster 4,4 dtex/Lã 24,9 µm	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106
60% Lã /40% poliéster	I	Poliéster 2,49 dtex/Lã 21,4 µm	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90
	J	Poliéster 2,49 dtex/Lã 21,4 µm	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106
	K	Poliéster 2,49 dtex/Lã 24,9 µm	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90
	L	Poliéster 2,49 dtex/Lã 24,9 µm	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106
	M	Poliéster 4,4 dtex/Lã 21,4 µm	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90
	N	Poliéster 4,4 dtex/Lã 21,4 µm	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106
	O	Poliéster 4,4 dtex/Lã 24,9 µm	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90
	P	Poliéster 4,4 dtex/Lã 24,9 µm	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106

As características mais relevantes das fibras de poliéster e das fibras de lã, utilizadas na produção dos fios apresentam-se nas tabelas 3.2 e 3.3, respectivamente.

Tabela 3.2 - Características das fibras de poliéster, (Monteiro, 2011)

Características	Poliéster de 2,49 dtex	Poliéster de 4,4 dtex
Tenacidade	26 cN/tex	49 cN/tex
Alongamento à rotura	34%	36%
Encolhimento, ar quente (200°C)	4%	11%
Parâmetros de distribuição de comprimentos:		
Altura (H)	79,7 mm	79,5 mm
Coeficiente de variação da altura	26,8%	25,5%

Tabela 3.3 - Características das fibras de lã, (Monteiro, 2011)

Características	Lã de 21,4 µm	Lã de 24,9 µm
Parâmetros de distribuição de comprimentos:		
Altura (H)	74,9 mm	53,1 mm
Coeficiente de variação da altura	42,5%	51,2%

### 3.1.2 - Caracterização dos tecidos produzidos

#### 3.1.2.1 - Características de construção

Com as várias amostras de fio foram fabricados 48 tecidos nos três ligamentos básicos, mais utilizados na indústria laneira, sarja de 4 pesada, sarja de 3 pesada e tafetá, utilizando individualmente as 16 amostras de fio Nm 2/46, em cada um dos ligamentos.

Todas as amostras foram tecidas num tear de pinças rígidas. Na tabela 3.4, apresentam-se as características técnicas de construção dos tecidos.

Tabela 3.4 - Características técnicas de construção dos tecidos, (Monteiro, 2011)

Características	Sarja de 4 pesada	Sarja de 3 pesada	Tafetá
Pente	75/4	95/3	90/2
Largura no pente (cm)	165	168	174
Densidade à teia (fios/cm)	30,0	28,5	18
Densidade à trama (passagens/cm)	21,5	20,5	18

Apresenta-se assim, nas tabelas 3.5, 3.6 e 3.7, as densidades reais à teia e à trama, a massa por metro quadrado, o factor de cobertura (calculado, de acordo com o ponto 2.3.2.1) e opacidade dos tecidos (calculado, de acordo com o ponto 2.3.2.2) para os ligamentos em sarja de 4 pesada, sarja de 3 pesada e tafetá, em ambas as composições.

Tabela 3.5 - Características estruturais dos tecidos em sarja de 4 pesada, (\*) (Monteiro, 2011)

	Referência do fio (*)	Densidades (*) (fios e passagens/cm)		Massa (*) (g/m <sup>2</sup> )	Factor de Cobertura	Opacidade (%)
		Teia (Fios)	Trama (passagens)			
55% Poliéster / 45% Lã	A	33,0	22,1	259	24,22	98,46
	B	33,0	22,0	262	24,21	98,41
	C	33,0	22,0	254	24,21	98,41
	D	32,7	22,0	255	24,12	98,05
	E	32,7	23,0	268	24,12	98,05
	F	32,6	23,0	269	24,20	98,37
	G	32,6	23,0	268	24,20	98,37
	H	32,6	23,1	269	24,22	98,46
60% Lã / 40% Poliéster	I	32,4	22,5	257	24,15	97,81
	J	32,4	22,3	256	24,13	97,73
	K	32,8	22,2	252	24,34	98,58
	L	32,5	22,6	251	24,20	98,01
	M	32,2	23,3	263	24,20	98,01
	N	32,3	23,5	268	24,20	98,01
	O	32,4	23,1	265	24,23	98,13
	P	32,2	23,2	266	24,19	97,97

Tabela 3.6 - Características estruturais dos tecidos em sarja de 3 pesada, (\*) (Monteiro, 2011)

	Referência do fio (*)	Densidades (*) (fios e passagens/cm)		Massa (*) (g/m <sup>2</sup> )	Factor de cobertura	Opacidade (%)
		Teia (Fios)	Trama (Passagens)			
55% Poliéster / 45% Lã	A	30,9	21,1	254	23,46	100,17
	B	30,8	21,4	257	23,47	100,21
	C	30,7	21,4	247	23,44	100,86
	D	31,0	21,1	249	23,49	100,30
	E	31,0	22,0	263	23,62	100,81
	F	31,1	22,2	267	23,68	101,07
	G	30,8	22,0	260	23,56	100,60
	H	31,2	22,0	261	23,68	101,11
60% Lã / 40% Poliéster	I	30,7	21,1	255	23,47	99,96
	J	31,0	21,6	248	23,62	100,60
	K	30,8	21,2	246	23,50	100,09
	L	30,9	21,4	245	23,55	100,56
	M	30,6	22,4	260	23,62	100,60
	N	31,0	22,5	260	23,76	101,45
	O	31,0	22,2	261	23,68	101,11
	P	30,8	22,2	261	23,65	100,98

Tabela 3.7 - Características estruturais dos tecidos em tafetá, (\*) (Monteiro, 2011)

	Referência do fio (*)	Densidades (*) (fios e passagens/cm)		Massa (*) (g/m <sup>2</sup> )	Factor de cobertura	Opacidade (%)
		Teia (Fios)	Trama (Passagens)			
55% Poliéster / 45% Lã	A	20,2	18,4	189	19,28	89,76
	B	20,6	18,5	187	19,45	90,55
	C	20,2	18,4	185	19,45	90,55
	D	20,4	18,7	187	19,48	90,69
	E	20,3	19,4	196	19,67	91,57
	F	20,4	19,6	198	19,77	92,04
	G	20,2	19,3	193	19,61	91,30
	H	20,4	19,4	193	19,70	91,71
60% Lã / 40% Poliéster	I	20,4	18,5	181	19,41	90,15
	J	20,3	18,9	183	19,51	90,62
	K	20,4	18,6	182	19,44	90,29
	L	20,3	18,8	178	19,48	90,48
	M	20,2	19,6	191	19,70	91,50
	N	20,3	19,6	191	19,74	91,69
	O	20,4	19,4	190	19,70	91,50
	P	20,2	19,3	191	19,61	91,08

Das características estruturais apresentados nas tabelas 3.5, 3.6 e 3.7, constata-se, que independentemente do ligamento e da composição, os tecidos produzidos com poliéster de 4,4 dtex apresentam uma densidade à trama ligeiramente superior à dos tecidos produzidos com poliéster de 2,49 dtex. No que diz respeito, às densidades à teia não se verificam diferenças significativas. Por outro lado, e em consequência das maiores densidades à trama, verifica-se

que os tecidos produzidos com poliéster de 4,4 dtex apresentam uma massa por metro quadrado superior à dos tecidos produzidos com poliéster de 2,49 dtex e também, na sua generalidade factores de cobertura e opacidades ligeiramente superiores.

Esta diferença de massa, só pode explicar-se pelas diferenças significativas de encolhimento entre as duas fibras de poliéster, pois a fibra de 4,4 dtex tem 11% de encolhimento enquanto a fibra de 2,49 dtex tem 4%.

Esta diferença significativa de encolhimento entre as duas fibras de poliéster condiciona de uma forma directa o encolhimento dos tecidos quando estes são submetidos a operações de acabamento, tais como a termofixação. A inexistência de diferenças de densidades à teia explica-se, pelo facto dos tecidos durante o processo de termofixação estarem esticados na direcção da trama, não permitindo assim que estes encolham, independentemente do encolhimento da fibra de poliéster que os constitui. Por outro lado, a existência de diferenças de densidades à trama explica-se, pelo facto, de existir a necessidade de sobrealimentar ligeiramente os tecidos, por razões relacionadas com o processo, permitindo deste modo um encolhimento dos mesmos na direcção da teia, sendo este maior ou menor, dependendo do encolhimento da fibra de poliéster.

De facto, este fenómeno inesperado vem desencadear uma possível necessidade de introduzir uma nova variável no cálculo da construção técnica dos tecidos, uma vez que, dois tecidos com a mesma construção técnica, no tear apresentam após o processo de ultimação, diferenças no número de passagens à trama e por consequência diferenças de massa por metro quadrado. Esta nova abordagem mostra que as características de construção vulgarmente utilizadas (pente, largura no pente, número de fios/cm, número de passagens/cm e massa linear dos fios) não são, por si só, suficientes para garantir que as características estruturais desejadas nos tecidos acabados sejam cumpridas, uma vez que, qualquer mudança significativa nas características de encolhimento da fibra de poliéster utilizada requer um ajustamento da construção técnica de forma a compensar as diferenças de encolhimento da fibra.

De facto, esta nova abordagem mostra que, se por razões técnicas, existir a necessidade de mudar o tipo de fibra de poliéster, não é suficiente ter em consideração, apenas o diâmetro e a tenacidade da fibra, mas também o seu encolhimento a ar quente (200°C). Pois, se a diferença entre os valores de encolhimento das fibras de poliéster for insignificante não existirá a necessidade de ajustar a construção técnica, enquanto se a diferença for significativa sugere-se que se efectuem ensaios à escala industrial para avaliar a alteração a fazer, para que a densidade à trama e por consequência a massa por metro quadrado do tecido fiquem dentro dos limites de tolerância definidos.

Tabela 3.8 - Resumo das características dos fios e dos tecidos produzidos com acabamento Normal (Adaptada de Monteiro, 2011)

Caracterização das amostras de fio produzidas					Sarja de 4					Sarja de 3					Tafetá				
Amostras de fio (Ref <sup>a</sup> )	Fibras componentes	Torção e Retorção (v/m)	Coeficiente torção do fio a um cabo		Teia (fios/cm)	Trama (pass/cm)	Massa (g/m <sup>2</sup> )	Factor de Cobertura (Fios/cm). /tex. 10 <sup>-1</sup>	Opacidade (%)	Teia (fios/cm)	Trama (pass/cm)	Massa (g/m <sup>2</sup> )	Factor de Cobertura (Fios/cm). /tex. 10 <sup>-1</sup>	Opacidade (%)	Teia (fios/cm)	Trama (pass/cm)	Massa (g/m <sup>2</sup> )	Factor de Cobertura (Fios/cm). /tex. 10 <sup>-1</sup>	Opacidade (%)
55% Poliéster / 45% Lã	A	Poliéster 2,49 dtex/Lã 21,4 µ	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90	33,0	22,1	259	24,22	98,46	30,9	21,1	254	23,46	100,17	20,2	18,4	189	19,28	89,76
	B	Poliéster 2,49 dtex/Lã 21,4 µ	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106	33,0	22,0	262	24,21	98,41	30,8	21,4	257	23,47	100,21	20,6	18,5	187	19,45	90,55
	C	Poliéster 2,49 dtex/Lã 24,9 µ	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90	33,0	22,0	254	24,21	98,41	30,7	21,4	247	23,44	100,86	20,2	18,4	185	19,45	90,55
	D	Poliéster 2,49 dtex/Lã 24,9 µ	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106	32,7	22,0	255	24,12	98,05	31,0	21,1	249	23,49	100,30	20,4	18,7	187	19,48	90,69
	E	Poliéster 4,4 dtex/Lã 21,4 µ	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90	32,7	23,0	268	24,12	98,05	31,0	22,0	263	23,62	100,81	20,3	19,4	196	19,67	91,57
	F	Poliéster 4,4 dtex/Lã 21,4 µ	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106	32,6	23,0	269	24,20	98,37	31,1	22,2	267	23,68	101,07	20,4	19,6	198	19,77	92,04
	G	Poliéster 4,4 dtex/Lã 24,9 µ	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90	32,6	23,0	268	24,20	98,37	30,8	22,0	260	23,56	100,06	20,2	19,3	193	19,61	91,30
	H	Poliéster 4,4 dtex/Lã 24,9 µ	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106	32,6	23,1	269	24,22	98,46	31,2	22,0	261	23,68	101,11	20,4	19,4	193	19,70	91,71
60% Lã / 40% poliéster	I	Poliéster 2,49 dtex/Lã 21,4 µ	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90	32,4	22,5	257	24,15	97,81	30,7	21,1	255	23,47	99,96	20,4	18,5	181	19,41	90,15
	J	Poliéster 2,49 dtex/Lã 21,4 µ	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106	32,4	22,3	256	24,13	97,73	31,0	21,6	248	23,62	100,06	20,3	18,9	183	19,51	90,62
	K	Poliéster 2,49 dtex/Lã 24,9 µ	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90	32,8	22,2	252	24,34	98,58	30,8	21,2	246	23,50	100,09	20,4	18,6	182	19,44	90,29
	L	Poliéster 2,49 dtex/Lã 24,9 µ	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106	32,5	22,6	251	24,20	98,01	30,9	21,4	245	23,55	100,56	20,3	18,8	178	19,48	90,48
	M	Poliéster 4,4 dtex/Lã 21,4 µ	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90	32,2	23,3	263	24,20	98,01	30,6	22,4	260	23,62	100,60	20,2	19,6	191	19,70	91,50
	N	Poliéster 4,4 dtex/Lã 21,4 µ	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106	32,3	23,5	268	24,20	98,01	31,0	22,5	260	23,76	101,45	20,3	19,6	191	19,74	91,69
	O	Poliéster 4,4 dtex/Lã 24,9 µ	Z <sub>1</sub> =620 e S <sub>2</sub> = 700	K=90	32,4	23,1	265	24,23	98,13	31,0	22,2	261	23,68	101,11	20,4	19,4	190	19,70	91,50
	P	Poliéster 4,4 dtex/Lã 24,9 µ	Z <sub>1</sub> =720 e S <sub>2</sub> = 800	K=106	32,2	23,2	266	24,19	97,97	30,8	22,2	261	23,65	100,98	20,2	19,3	191	19,61	91,08

### 3.1.2.2 - Processos de acabamento e tratamento especial

Inicialmente, as 48 amostras de tecido foram acabadas simultaneamente, de acordo, com uma sequência de operações, característica de um acabamento Normal rapado, da indústria Laneira.

A sequência de operações foi a seguinte:

- LAVAGEM EM CORDA
- SECAGEM
- TERMOFIXAÇÃO
- TESOURAGEM
- KD
- VAPORIZAÇÃO
- DECATISSAGEM

Posteriormente, cada uma das 48 amostras de tecido com acabamento Normal rapado deram origem a 4 grupos de 48 amostras cada, com acabamentos distintos, perfazendo um total de 192 amostras. O primeiro grupo de tecidos denominou-se por “N - acabamento Normal Rapado”; o segundo grupo por “TIRR - tecidos após o Tratamento de *foulardagem* para Incrementar a Resistência ao Rasgo”; o terceiro grupo por “TIRA - tecidos após o Tratamento de *foulardagem* para Incrementar a Resistência à Abrasão e por ultimo o quarto grupo por “TLS - tecidos após o Tratamento de Limpeza a Seco”.

## 3.2 - Métodos de ensaio

Todos os ensaios laboratoriais de controlo de qualidade foram realizados em condições de temperatura ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) e humidade relativa ( $65\pm 4\%$ ) controladas, de acordo com a Norma ISO 139:2005.

### 3.2.1 - Tecidos

#### 3.2.1.1 - Determinação da massa por unidade de superfície

A massa por unidade de superfície das várias amostras de tecido produzidas foi determinada de acordo com a Norma NP EN 12127:1999.

Para cada amostra de tecido foram cortados 5 provetes com uma área de  $100\text{ cm}^2$ , em zonas representativas da amostra, usando um dispositivo de corte apropriado e posteriormente

acondicionadas durante 24 horas em atmosfera normalizada. Finalmente, pesaram-se individualmente cada uma das amostras e registaram-se os valores.

Os resultados finais apresentados para cada amostra de tecido são a média dos 5 provetes. Estes resultados encontram-se nas tabelas 3.5, 3.6 e 3.7 deste capítulo.

### 3.2.1.2 - Determinação do número de fios e passagens por unidade de comprimento

O número de fios e passagens foi determinado de acordo com a Norma NP EN 1049-2:1995.

Após a exposição das amostras durante 24 horas em atmosfera normalizada, contaram-se os fios e as passagens em provetes retirados de zonas representativas de cada uma das amostras.

Os resultados finais apresentados, quer à teia (fios/cm), quer à trama (passagens/cm), para cada amostra de tecido são a média dos cinco provetes ensaiados em cada uma das direcções. Os resultados encontram-se nas tabelas 3.5, 3.6 e 3.7 deste capítulo.

### 3.2.1.3 - Determinação da resistência e alongamento à rotura por tracção

A resistência e o alongamento à rotura por tracção foram determinados no dinamómetro de tecidos Hounfield - Modelo H10K (aparelho com velocidade de extensão constante - CRE), de acordo com a Norma NP EN ISO 13934-1:2001.

Para cada amostra de tecido foram cortados cinco provetes com o seu comprimento paralelo à teia e cinco provetes com o seu comprimento paralelo à trama. Cada provete tem uma largura de 50 mm (excluindo qualquer franja) e um comprimento nominal de 200 mm.

Os resultados finais apresentados, quer à teia, quer à trama, para cada amostra de tecido são a média dos cinco provetes ensaiados em cada uma das direcções. Estes resultados encontram-se nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 para o grupo de tecidos com acabamento Normal, nas tabelas 4.7, 4.8 e 4.9 para o grupo de tecidos, após o tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR), nas tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 para o grupo de tecidos, após o tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA) e nas tabelas 4.13, 4.14 e 4.15 para o grupo de tecidos, após a limpeza a seco (TLS), do capítulo 4.

### 3.2.1.4 - Determinação da resistência ao rasgo

A resistência ao rasgo foi determinada no equipamento Elmendorf 2000 - Tear Tester, de acordo com a Norma NP EN ISO 13937-1:2001.

Para cada amostra de tecido foram cortados cinco provetes de 100 mm x 75 mm, com o lado menor paralelo à teia e cinco provetes de 100 mm x 75 mm, com o lado menor paralelo à trama, por forma, a que o comprimento de rasgo seja sempre de 43 mm. No caso dos provetes em que o lado menor é paralelo à teia, a direcção do rasgo é designada “através da trama” enquanto, que os provetes, cujo lado menor é paralelo à trama, a direcção do rasgo é designada “através da teia”.

Os valores obtidos, por leitura da escala do pêndulo, foram registados individualmente e posteriormente multiplicados por um factor de conversão para obter o valor da força do rasgo em newton.

Estes resultados encontram-se nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 para o grupo de tecidos com acabamento Normal, nas tabelas 4.7, 4.8 e 4.9 para o grupo de tecidos, após o tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR), nas tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 para o grupo de tecidos, após o tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA) e nas tabelas 4.13, 4.14 e 4.15 para o grupo de tecidos, após a limpeza a seco (TLS), do capítulo 4.

### 3.2.1.5 - Determinação da propensão à formação de borboto

A propensão dos tecidos à formação de borboto foi determinada no equipamento “Pilling Box Tester”, de acordo com a Norma NP EN ISO 12945-1:2004.

Para cada amostra de tecido foram cortados 4 provetes de 125 mm x 125 mm. Todos os provetes foram colocados, individualmente em tubos de poliuretano, com a face direita do tecido para o exterior, tendo dois deles a costura na direcção da teia e os restantes na direcção da trama. Os 4 provetes foram introduzidos na caixa e submetidos a 18000 revoluções.

A classificação de cada um dos provetes foi feita de acordo com uma escala de grau 1 a grau 5, onde o grau 1, significa que o tecido tem uma alta propensão à formação de borbotos e o grau 5, significa que o tecido tem uma nula propensão à formação de borbotos. No caso dos provetes em que a classificação se situou entre dois graus, foi atribuído o “meio” grau, por exemplo 4/5.

No sentido de clarificar o significado de cada um dos graus, apresenta-se na tabela 3.9 a sua descrição.

Tabela 3.9 - Escala da avaliação visual da formação de borboto

Grau	Descrição
5	Nenhuma alteração.
4	Ligeiro aparecimento de pêlo superficial e/ou borbotos parcialmente formados.
3	Aparecimento de pêlo superficial e/ou formação de borboto moderado. Borbotos de tamanho e densidade variados e cobrindo parcialmente a superfície do provete.
2	Nítida formação de pêlo superficial e/ou borboto. Borbotos de tamanho e densidade variados cobrindo grande parte da superfície do provete.
1	Denso pêlo superficial e/ou severa formação de borboto. Borbotos de tamanho e densidade variados cobrindo grande parte da superfície do provete.

Estes resultados encontram-se nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 para o grupo de tecidos com acabamento Normal, nas tabelas 4.7, 4.8 e 4.9 para o grupo de tecidos, após o tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR), nas tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 para o grupo de tecidos, após o tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA) e nas tabelas 4.13, 4.14 e 4.15 para o grupo de tecidos, após a limpeza a seco (TLS), do capítulo 4.

### 3.2.1.6 - Determinação da resistência à abrasão

A resistência à abrasão foi determinada no equipamento “Nu-Martindale”: Abrasion and Pilling Tester, de acordo com a Norma ISO 12947-2:1998.

Para cada amostra de tecido foram cortados 3 provetes de 38 mm de diâmetro, os quais foram montados nos porta-amostras superiores com o direito do tecido virado para fora. Por outro lado, montaram-se também na mesa de abrasão, as respectivas amostras de tecido abrasivo padrão.

Dada a massa por unidade de superfície dos tecidos analisados, a pressão nominal aplicada foi de 9 KPa.

Estes resultados encontram-se nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 para o grupo de tecidos com acabamento Normal, nas tabelas 4.7, 4.8 e 4.9 para o grupo de tecidos, após o tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR), nas tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 para o grupo de tecidos, após o tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA) e nas tabelas 4.13, 4.14 e 4.15 para o grupo de tecidos, após a limpeza a seco (TLS), do capítulo 4.

### 3.2.1.7 - Determinação das diferenças colorimétricas

As leituras colorimétricas foram efectuadas num espectrofotómetro: Datacolor 500, (D65 10 Deg). Seleccionaram-se, algumas amostras de tecido, umas em 55% poliéster/45% lã e outras em 60% lã/40% poliéster, em cada um dos três ligamentos estudados.

Estes resultados encontram-se na tabela A.20 do anexo 10.

### 3.2.1.8 - Determinação do coeficiente de ligamento e alinhavo médio

O coeficiente de ligamento e o alinhavo médio dos fios da teia e da trama são parâmetros muito importantes na definição das características estruturais dos tecidos em função do desempenho pretendido. O alinhavo médio mede a capacidade de ligação entre os fios da teia e da trama de uma estrutura. Quanto menor for o alinhavo médio, maior é a densidade de pontos de ligamento no curso do ligamento e, portanto, maior é o coeficiente de ligamento. Os pontos de ligamento são a garantia da formação do tecido e a sua quantidade no curso do ligamento determina o grau de coesão da estrutura (Galcerán,1960).

De acordo com Galcerán (1960), o cálculo do coeficiente de ligamento (CL) é feito a partir das seguintes equações:

$$CLB \text{ (Teia)} = \text{Total PLB no curso à teia} / \text{curso do ligamento}$$

$$CLT \text{ (Trama)} = \text{Total PLT no curso à trama} / \text{curso do ligamento}$$

Em que PLB e PLT são o total dos pontos de ligamento à teia e à trama, respetivamente, no curso do ligamento. Como ponto de ligamento entende-se a passagem do fio da teia ou da trama do direito para o avesso do tecido e vice-versa. No debuxo é a passagem de pica a deixa e vice-versa (Galcerán,1960).

Ainda de acordo com Galcerán (1960), o cálculo do alinhavo médio (AM) é feito a partir das seguintes equações:

$$AMB \text{ (Teia)} = (\text{Total fios trama curso ligamento}) / (\text{Total PLB cada fio teia curso ligamento})$$

$$AMT \text{ (Trama)} = (\text{Total fios teia curso ligamento}) / (\text{Total PLT cada fio trama curso ligamento})$$

Segundo Galcerán (1960), por alinhavo médio entende-se um troço de fio de teia ou de trama, pelo direito ou avesso do tecido, entre dois pontos de ligamento consecutivos e medido em número de fios da teia (alinhavo de trama) ou número de fios da trama (alinhavo de teia).

### 3.2.2 - Tratamento estatístico dos resultados

A modelização das propriedades mediante o cálculo das superfícies de resposta, o cálculo das funções de conveniência, assim como, os cálculos da análise de variância e a estimativa dos intervalos de confiança das médias das propriedades em função das variáveis da construção técnica, efetuaram-se utilizando um software estatístico convencional (Statgraphics, 2002).

As variáveis do desenho estatístico utilizadas para os três tipos de ligamento estudados (sarja de 4, sarja de 3 e tafetá), foram TOR1, DLA, DPL, LA e TRAT, tendo sido consideradas constantes a densidade de fios à teia - DB (fios/cm), a densidade de passagens à trama - DT (passagens/cm), bem como, a massa por metro quadrado do tecido - MM2 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ).

## Capítulo 4

# Resultados, Tratamento Estatístico, Análise e Discussão

### 4.1 - Influência das variáveis fibra, fio, ligamento e acabamento nas propriedades dos tecidos mistos de lã e poliéster.

Na produção industrial de tecidos mistos de lã e poliéster, as propriedades dos tecidos podem variar com o diâmetro das fibras, a composição dos fios e seu nível de torção, o ligamento do tecido e os tratamentos de acabamento aos quais são submetidos.

A avaliação da influência relativa destas variáveis sobre as propriedades dos tecidos, dentro dos limites da aplicação industrial, permite considerar quais variáveis são determinantes para alcançar as especificações técnicas dum determinado tecido, podendo-o condicionar para uma determinada aplicação.

Foram realizados estudos em tecidos mistos de lã/poliéster em três tipos diferentes de ligamentos (sarja 4, sarja 3 e tafetá) e obtidos com fios contendo lã e poliéster com duas finuras, duas proporções de mistura e dois níveis de torção diferentes e foram submetidos a quatro tratamentos de acabamento diferentes (Normal, para incrementar a resistência ao rasgo, para incrementar a resistência à abrasão e Limpeza a seco).

De seguida, especificam-se as variáveis do desenho estatístico usadas para os três diferentes tipos de ligamento (sarja 4, sarja 3 e tafetá):

1. A: Torção do fio a um cabo (TOR1)
2. B: Diâmetro da fibra de lã (DLA)
3. C: Diâmetro da fibra de poliéster (DPL)
4. D: Percentagem de lã (LA) e
5. E: Tratamento especial (TRAT)

Os outros factores envolvidos na produção dos tecidos, ou são constantes, como a massa linear ou o número métrico dos fios (Nm), ou estão directamente relacionados entre si (torção do fio a um cabo - TOR1 e torção do fio a dois cabos - TOR2), ou indirectamente (proporção de lã - LA e poliéster - PL, ou são expressões do mesmo parâmetro em unidades diferentes (diâmetro do poliéster - DPL em dtex, que também é expresso como TPL, APL e EPL)

A densidade de fios à teia - DB (fios/cm), a densidade de passagens à trama - DT (passagens/cm) e a massa por metro quadrado do tecido - MM2 ( $\text{g/m}^2$ ) são constantes para cada ligamento e são referidos como requisitos nos cadernos de encargos.

Para cada tipo de tecido, definido pelo ligamento, analisou-se a influência das cinco variáveis da construção técnica nas propriedades de resistência e alongamento à rotura por tracção, resistência ao rasgo, propensão à formação de borboto e resistência à abrasão dos tecidos.

O plano experimental corresponde a um desenho factorial  $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 4$  que combina quatro factores quantitativos em dois níveis (TOR1, DPL, DLA, LA) e um factor qualitativo (TRAT) em quatro níveis correspondentes aos quatro tipos de acabamento aplicados aos tecidos: Normal, para incrementar a resistência ao rasgo - TIRR, para incrementar a resistência à abrasão - TIRA e Limpeza a seco - TLS.

A Análise de Variância examina as variações quadráticas das respostas em relação à média global, mediante o cálculo da soma dos quadrados dos desvios atribuídos a cada efeito (distância da média de cada nível relativamente à média global), que dividida pelos seus graus de liberdade, proporciona o quadrado médio ou a estimativa da variância atribuível a esse fator. Se esta estimativa for similar à da variância residual não atribuível a nenhum efeito, será considerado que o efeito não é significativo, mantendo a hipótese nula de que a variação atribuível a este fator é devida unicamente ao acaso e, portanto, à manifestação do "erro experimental."

Com esta análise avalia-se a significância dos principais efeitos A, B, C e D com um grau de liberdade e E com três graus de liberdade. Também é avaliada a significância das possíveis interações entre os principais efeitos (AxB, AxC, AxD, AxE, BxC, BxD, BxE, CxD, CxE e DxE) com tantos graus de liberdade como os que resultam do produto dos graus de liberdade dos principais efeitos componentes.

Dos 63 graus de liberdade do plano de experiência total (64 tecidos) para cada ligamento, 7 são consumidos na estimativa dos efeitos principais, 18 em todas as interações possíveis entre efeitos, de modo que a soma dos quadrados não explicada por efeitos e interações proporcionará uma soma de quadrados residual que, dividida pelos 38 graus de liberdade resultantes ( $63 - 7 - 18$ ), proporcionarão a variância residual ou do "erro experimental" para contrastar a significância dos efeitos e interações.

A hipótese nula considera que o quadrado médio dos efeitos e das interações não é mais do que uma manifestação de erro experimental. Por conseguinte, o quociente dos quadrados médios com a variância residual, seguirá uma distribuição do F de Snedecor com tantos graus de liberdade como os do efeito e da variância residual.

O valor de F obtido permitirá determinar a probabilidade com que pode afirmar-se que o efeito é uma manifestação do erro experimental. Se a probabilidade for inferior a 5%, será considerado como efeito significativo. Níveis de significância de 5%, 1%, 0,1%, 0,05% e 0% indicarão a

probabilidade máxima com que pode afirmar-se que o dito efeito não é significativo. Quanto menor seja este valor, maior será a influência do efeito sobre a resposta.

## **4.2 - Tecidos com acabamento Normal (N)**

### **4.2.1 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície**

Nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 são apresentados os resultados encontrados, relativamente às propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos com acabamento Normal rapado (N).

Tabela 4.1 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 4 pesada, com acabamento normal, (Monteiro, 2011).

	Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)
		(N)		(%)		(N)			
		Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama		
55% poliéster / 45% lã	A	1180	770	41,5	31,5	54	47	Grau 2-3	50000
	B	1180	760	45,0	33,0	52	44	Grau 4	48000
	C	1100	730	42,0	33,0	48	40	Grau 2	51000
	D	1100	720	43,5	34,5	47	38	Grau 3	52000
	E	1400	980	49,0	35,0	73	58	Grau 3	83000
	F	1400	980	52,0	36,0	67	56	Grau 4	83000
	G	1400	960	48,5	33,5	61	53	Grau 3	88000
	H	1400	920	53,0	34,5	61	51	Grau 3-4	86000
60% lã / 40% poliéster	I	950	650	43,5	32,0	50	41	Grau 3-4	36000
	J	920	640	44,5	33,0	48	39	Grau 4	36000
	K	930	650	40,5	31,5	39	35	Grau 3-4	33000
	L	920	640	42,5	33,5	38	33	Grau 3-4	36000
	M	1100	780	47,0	31,0	56	50	Grau 3-4	68000
	N	1100	760	47,5	32,0	56	48	Grau 4	76000
	O	1100	830	47,5	32,0	55	46	Grau 3-4	82000
	P	1100	800	48,5	33,0	52	43	Grau 4	76000

Tabela 4.2 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 3 pesada, com acabamento normal, (Monteiro, 2011).

	Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)
		(N)		(%)		(N)			
		Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama		
55% poliéster / 45% lã	A	1000	730	39,5	32,0	51	45	Grau 4	36000
	B	1000	730	40,5	33,0	49	42	Grau 4	35300
	C	1000	720	38,5	34,0	46	39	Grau 4	40700
	D	990	700	40,5	35,0	45	36	Grau 4	38700
	E	1300	930	47,5	36,0	68	54	Grau 4	74000
	F	1300	930	49,5	37,0	63	53	Grau 4	74000
	G	1300	940	46,5	34,5	60	49	Grau 4	73300
	H	1300	890	50,5	36,0	57	47	Grau 4	82000
60% lã / 40% poliéster	I	870	640	40,0	33,0	47	39	Grau 4	33300
	J	860	640	42,0	35,0	45	37	Grau 4	31000
	K	880	650	38,0	32,5	36	28	Grau 4	34000
	L	850	630	40,0	35,0	36	27	Grau 4	32000
	M	1000	770	43,0	32,0	53	41	Grau 4	62000
	N	980	750	44,0	34,0	51	39	Grau 4-5	60700
	O	1100	820	44,5	33,5	50	37	Grau 4	63000
	P	1100	780	45,0	34,5	44	33	Grau 4	59500

Tabela 4.3 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em tafetá, com acabamento normal, (Monteiro, 2011).

Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)	
	(N)	(N)	(%)	(%)	(N)	(N)			
	Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama			
55% poliéster / 45% lã	A	690	630	36,0	39,5	49	43	Grau 3-4	47300
	B	680	610	38,0	40,0	40	40	Grau 4	44700
	C	690	620	35,5	38,5	44	38	Grau 4	45300
	D	650	590	37,5	41,0	40	34	Grau 4	48000
	E	860	820	41,0	40,5	56	50	Grau 4	82000
	F	840	800	43,5	43,0	55	50	Grau 4-5	84700
	G	840	800	42,0	39,5	50	47	Grau 4	85000
	H	830	800	43,0	42,5	49	44	Grau 4	83000
60% lã / 40% poliéster	I	590	550	34,5	38,5	40	36	Grau 4	32000
	J	570	530	37,5	39,5	37	35	Grau 4	34000
	K	570	520	34,5	37,0	28	25	Grau 3-4	38000
	L	560	510	35,0	38,0	27	24	Grau 4	34300
	M	690	670	40,0	37,5	42	39	Grau 4	76700
	N	660	660	40,5	39,0	39	37	Grau 4	75700
	O	720	690	39,0	38,0	35	34	Grau 4	74000
	P	700	680	40,5	40,0	35	32	Grau 4	78500

## 4.2.2 - Tratamento estatístico de dados

Através do tratamento estatístico dos dados, e aplicando a técnica de regressão (Draper e Smith, 1981), pretende-se encontrar o melhor modelo que relacione as respostas (propriedades) com as variáveis (características) para simular, na fase de projecto dos tecidos, a solução otimizada. O modelo refinou-se aplicando a técnica de análise de variância para eliminar os termos não significativos.

### 4.2.2.1 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4.

#### 4.2.2.1.1 - Resistência à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância (Montgomery, 2001), para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.1.1.

A equação de regressão 4.1 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,87\%$ .

$$FRTB_{SARJA\ 4/N} (N) = 710,471 + 361,257*DPL - 0,034904*LA - 4,53752*DPL*LA \quad (4.1)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTB_{SARJA\ 4/N}$ , apresenta um valor óptimo de 1400,0 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

#### 4.2.2.1.2 - Resistência à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.1.2.

A equação de regressão 4.2 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,25\%$ .

$$\text{FRTT}_{\text{SARJA 4/N}} (\text{N}) = 2114,34 - 0,1625 \cdot \text{TOR1} - 65,0 \cdot \text{DLA} + 218,586 \cdot \text{DPL} - 28,3597 \cdot \text{LA} + 1,19048 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 2,35602 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.2)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 4/N}}$ , apresenta um valor óptimo de 988,1 N, para  $\text{TOR1}=620$  v/m,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.1.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.1.3.

A equação de regressão 4.3 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=93,19\%$ .

$$\text{ARTB}_{\text{SARJA 4/N}} (\%) = 8,81682 + 0,02125 \cdot \text{TOR1} + 8,31152 \cdot \text{DPL} + 0,222339 \cdot \text{LA} - 0,095986 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.3)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTB}_N$ , apresenta um valor óptimo de 51,7%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.1.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.1.4.

A equação de regressão 4.4 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=79,62\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/N}} (\%) = 15,0438 + 0,0125 \cdot \text{TOR1} + 4,45026 \cdot \text{DPL} + 0,162216 \cdot \text{LA} - 0,078534 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.4)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/N}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 35,4%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.1.5 - Resistência ao rasgo à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.1.5.

A equação de regressão 4.5 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=93,31\%$ .

$$\text{RRB}_{\text{SARJA 4/N}} (\text{N}) = 105,55 - 1,96429 \cdot \text{DLA} + 6,87173 \cdot \text{DPL} - 0,575 \cdot \text{LA} \quad (4.5)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{RRB}_{\text{SARJA 4/N}}$ , apresenta um valor óptimo de 67,9 N, para  $\text{TOR1}=620$  v/m,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.1.6 - Resistência ao rasgo à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.1.6.

A equação de regressão 4.6 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,88\%$ .

$$\text{RRT}_{\text{SARJA 4/N}} (\text{N}) = 101,601 - 0,0225 \cdot \text{TOR1} - 2,34443 \cdot \text{DLA} + 5,14585 \cdot \text{DPL} - 0,132723 \cdot \text{LA} + 0,224383 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} - 0,08726 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.6)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{SARJA\ 4/N}$ , apresenta um valor óptimo de 58,0 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

#### 4.2.2.1.7 - Propensão à formação de borboto

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.1.7.

A equação de regressão 4.7 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=84,71\%$ .

$$PFB_{SARJA\ 4/N} (\text{Grau}) = -16,3217 + 0,02875 * TOR1 - 0,0892857 * DLA + 0,163613 * DPL + 0,316667 * LA - 0,000416667 * TOR1 * LA \quad (4.7)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $PFB_{SARJA\ 4/N}$ , apresenta um valor óptimo entre grau 4 e 4-5, para  $TOR1=720$  v/m,  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=60\%$ .

#### 4.2.2.1.8 - Resistência à abrasão

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.1.8.

A equação de regressão 4.8 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,45\%$ .

$$RA/1000_{SARJA4/N} (\text{revoluções}/1000) = 36,7376 + 19,6335 * DPL - 0,816667 * LA \quad (4.8)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA/1000_{SARJA\ 4/N}$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 86,375 revoluções/1000, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

#### 4.2.2.1.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor óptimo de 0,9302, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 2.1.9. No mesmo, anexo, encontram-se os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $\underline{E}$  com o valor de conveniência optima, que resultou da combinação dos factores optimos que se apresentam na tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.

Factor	Baixo	Alto	Óptimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima, são os seguintes:

- FRTB=1400 N
- FRTT=971,9 N
- ARTB=51,8%
- ARTT=35,4%
- RRB=67,9 N
- RRT=55,8 N
- PFB= grau 4
- RA/1000=86,375 Revoluções/1000

No gráfico 4.1, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

Verifica-se, também, que os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência e que determinam a zona de valores mais elevados são o diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA). As variações que podem provocar as outras variáveis (torção do fio a um cabo (TOR1) e o diâmetro da fibra de lã (DLA) são menos importantes. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m) mostram que a a torção do fio a um cabo tem mais relevância do que o diâmetro da fibra de lã (DLA).

Estes resultados estão possivelmente associados ao efeito da torção dos fios a um cabo com 720 v/m, comparativamente aos fios a um cabo produzidos com uma torção de 620 v/m, que com estas características proporcionam que um maior número de propriedades objecto de estudo estejam o mais próximo possível dos valores óptimos de cada uma delas, permitindo uma melhor optimização simultânea. Por outro lado, estas mesmas características dos fios demonstram ter mais influência no conjunto das propriedades em estudo do que o diâmetro da fibra de lã que originou um menor número de propriedades optimizadas simultaneamente.

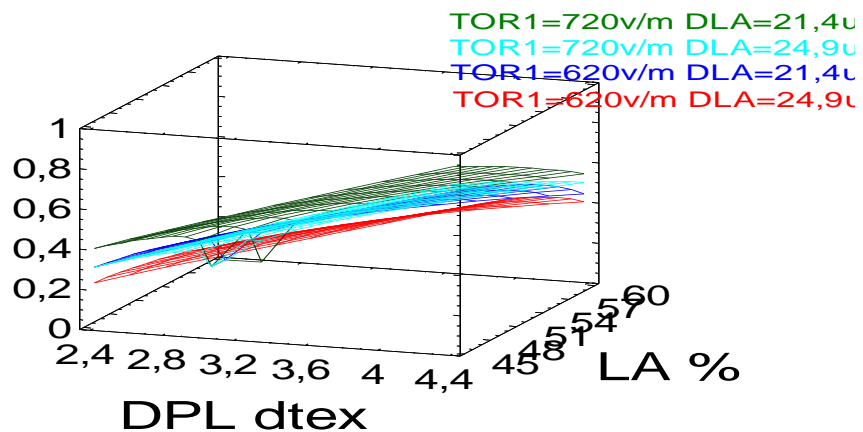


Gráfico 4.1 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4/N a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.2.2.2 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3

##### 4.2.2.2.1 - Resistência à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância (Montgomery, 2001), para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.2.1.

A equação de regressão 4.9 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,15\%$ .

$$\text{FRTB}_{\text{SARJA 3/N}} (\text{N}) = 2365,02 - 79,6316 \cdot \text{DLA} + 151,664 \cdot \text{DPL} - 23,5415 \cdot \text{LA} + 8,60135 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} + 1,09524 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 4,27574 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.9)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTB}_{\text{SARJA 3/N}}$ , apresenta um valor óptimo de 1313,13 N, para  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

##### 4.2.2.2.2 - Resistência à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.2.2.

A equação de regressão 4.10 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,26\%$ .

$$\text{FRTT}_{\text{SARJA 3/N}} (\text{N}) = 218,371 + 1,63143 \cdot \text{TOR1} + 15,5 \cdot \text{DLA} + 204,188 \cdot \text{DPL} - 16,4371 \cdot \text{LA} - 0,0785714 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DLA} + 0,714286 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 2,1815 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.10)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 3/N}}$ , apresenta um valor óptimo de 933,8 N, para  $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.2.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão cujos dados globais se encontram no anexo 2.2.3.

A equação de regressão 4.11 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=95,69\%$

$$\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/N}} (\%) = - 2,63917 + 0,018125*\text{TOR1} + 11,8455*\text{DPL} + 0,41863*\text{LA} - 0,161431*\text{DPL}*\text{LA} \quad (4.11)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/N}}$ , apresenta um valor óptimo de 49,4%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.2.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.2.4.

A equação de regressão 4.12 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=75,72\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/N}} (\%) = 8,47356 + 0,015*\text{TOR1} + 5,56283*\text{DPL} + 0,264005*\text{LA} - 0,095986*\text{DPL}*\text{LA} \quad (4.12)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/N}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 36,6%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.2.5 - Resistência ao rasgo à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.2.5.

A equação de regressão 4.13 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,18\%$ .

$$\begin{aligned} RRB_{SARJA\ 3/N} (N) = & 88,3417 - 0,02625 * TOR1 - 1,89286 * DLA + 16,4921 * DPL \\ & + 0,0497382 * LA - 0,200698 * DPL * LA \end{aligned} \quad (4.13)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRB_{SARJA\ 3/N}$ , apresenta um valor óptimo de 66,6 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

#### 4.2.2.2.6 - Resistência ao rasgo à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.2.6.

A equação de regressão 4.14 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,50\%$ .

$$\begin{aligned} RRT_{SARJA\ 3/N} (N) = & 88,5984 - 0,0225 * TOR1 - 1,92857 * DLA + 14,0052 * DPL \\ & - 0,0386562 * LA - 0,191972 * DPL * LA \end{aligned} \quad (4.14)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{SARJA\ 3/N}$ , apresenta um valor óptimo de 55,3 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

#### 4.2.2.2.7 - Propensão à formação de borboto

Não é possível efectuar a modelização desta propriedade, uma vez que, não é possível identificar nenhuma variável com efeito relevante sobre a variação dos resultados da propensão à formação de borboto neste ligamento. O que se pode afirmar é que a propensão à formação de borboto do tecido sarja de 3 com acabamento Normal é grau 4.

Unicamente, o tecido obtido com o fio caracterizado por DLA=21,4µm; DPL=4,4 dtex; TOR1=720 v/m e LA=60% apresenta um grau de propensão à formação de borboto de 4-5, resultando um valor médio de 4,03 que, para efeitos práticos pode considerar-se grau 4.

#### 4.2.2.2.8 - Resistência à abrasão

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.2.8.

A equação de regressão 4.15 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,37\%$ .

$$RA/1000_{SARJA3/N} \text{ (rev./1000)} = -33,6209 + 34,7775 \cdot DPL + 0,479136 \cdot LA - 0,32897 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.15)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA/1000_{SARJA3/N} \text{ (rev./1000)}$ , apresenta um valor óptimo de 75,825 revoluções/1000, para DPL=4,4 dtex e LA=45%.

#### 4.2.2.2.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor óptimo de 0,9316, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 2.2.9. No mesmo, anexo, encontram-se os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $\underline{E}$  com o valor de conveniência óptima, que resultou da combinação dos factores óptimos que se apresentam na tabela 4.5

Tabela 4.5 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.

Factor	Baixo	Alto	Óptimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=1286,9 N
- FRTT=928,8 N
- ARTB=49,4%
- ARTT=36,6%
- RRB=64,0 N
- RRT=53,0 N
- RA/1000=75,825 Revoluções/1000

No gráfico 4.2, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) mostram que o diâmetro da fibra de lã (DLA) tem mais relevância do que a a torção do fio a um cabo.

Estes resultados estão possivelmente associados aos melhores parâmetros de regularidade Uster e aos melhores parâmetros mecânicos-elásticos dos fios produzidos com a lã de 21,4 $\mu$ m comparativamente aos fios produzidos com lã de 24,9 $\mu$ m, que com estas características, proporcionam que um maior número de propriedades objecto de estudo estejam o mais próximo possível dos valores óptimos de cada uma delas, permitindo uma melhor optimização simultânea. Por outro lado, estas mesmas características dos fios demonstram ter mais influência no conjunto das propriedades em estudo do que a torção que originou um menor número de propriedades optimizadas simultaneamente.

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.2 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência

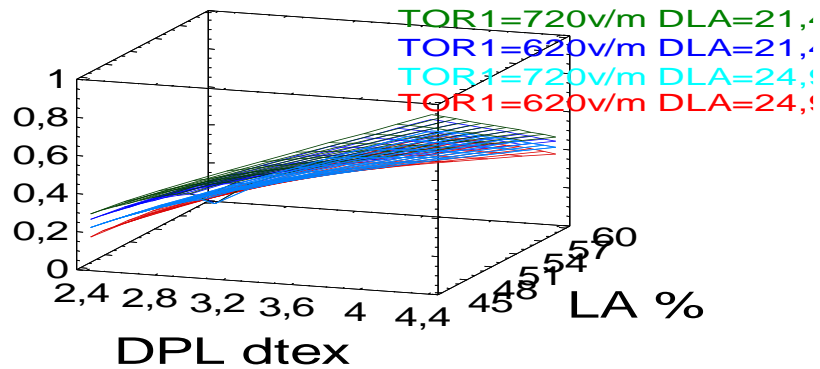


Gráfico 4.2 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3/N a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.2.2.3 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá

##### 4.2.2.3.1 - Resistência à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância (Montgomery, 2001), para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.3.1.

A equação de regressão 4.16 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,49\%$ .

$$\text{FRTB}_{\text{TAFETÁ}/N} (N) = 735,401 - 0,2 \cdot \text{TOR1} + 157,068 \cdot \text{DPL} - 3,08901 \cdot \text{LA} - 1,57068 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.16)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTB}_{\text{TAFETÁ}/N}$ , apresenta um valor óptimo de 852,5 N, para  $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.3.2 - Resistência à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.3.2.

A equação de regressão 4.17 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,01\%$ .

$$FRTT_{TAFETÁ/N} (N) = 541,05 - 0,15 * TOR1 + 171,466 * DPL - 1,75567 * LA - 1,57068 * DPL * LA \quad (4.17)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTT_{TAFETÁ/N}$ , apresenta um valor óptimo de 812,5 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

#### 4.2.2.3.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.3.3.

A equação de regressão 4.18 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=95,53\%$ .

$$ARTB_{TAFETÁ/N} (\%) = 25,0562 + 0,01625 * TOR1 + 2,68325 * DPL - 0,125 * LA \quad (4.18)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $ARTB_{TAFETÁ/N}$ , apresenta um valor óptimo de 42,9%, para  $TOR1=720$  v/m,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

#### 4.2.2.3.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de

superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.3.4.

A equação de regressão 4.19 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=81,70\%$ .

$$ARTT_{TAFETÁ\ 4/N} (\%) = 33,4088 + 0,0175 * TOR1 + 0,52356 * DPL - 0,141667 * LA \quad (4.19)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $ARTT_{TAFETÁ/N} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 41,9%, para  $TOR1=720$  v/m,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

#### 4.2.2.3.5 - Resistência ao rasgo à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.3.5.

A equação de regressão 4.20 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=92,11\%$ .

$$RRB_{TAFETÁ/N} (N) = 132,514 - 0,0275 * TOR1 - 1,78571 * DLA + 3,66492 * DPL - 0,833333 * LA \quad (4.20)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRB_{TAFETÁ/N}$ , apresenta um valor óptimo de 55,9 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

#### 4.2.2.3.6 - Resistência ao rasgo à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.3.6.

A equação de regressão 4.21 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,61\%$

$$RRT_{\text{TAFETÁ/N}} (N) = 68,2762 - 0,02 \cdot \text{TOR1} - 0,660808 \cdot \text{DLA} - 1,91099 \cdot \text{DPL} + 1,04371 \cdot \text{LA} \\ + 0,52356 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} - 0,0571429 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 0,122164 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.21)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{\text{TAFETÁ/N}}$ , apresenta um valor óptimo de 50,4 N, para  $\text{TOR1}=620$  v/m,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.3.7 - Propensão à formação de borboto

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.3.7.

A equação de regressão 4.22 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=38,30\%$ , o qual indica que as variáveis do modelo explicam de maneira significativa menos de 40% da variação da propriedade.

$$\text{PFB}_{\text{TAFETÁ/N}} (\text{Grau}) = 2,37431 + 0,001875 \cdot \text{TOR1} + 0,0981675 \cdot \text{DPL} \quad (4.22)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{PFB}_{\text{TAFETÁ/N}}$ , apresenta um valor óptimo entre grau 4 e 4-5, para  $\text{TOR1}=720$  v/m e  $\text{DPL}=4,4$  dtex.

#### 4.2.2.3.8 - Resistência à abrasão

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 2.3.8.

A equação de regressão 4.23 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento Normal, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,08\%$ .

$$RA_{\text{TAFETÁ/N}} (\text{revoluções}/1000) = 22,5552 + 20,6806 \cdot \text{DPL} - 0,64 \cdot \text{LA} \quad (4.23)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA_{\text{TAFETÁ/N}}$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 84,750 revoluções/1000, para  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

#### 4.2.2.3.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento Normal

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor óptimo de 0,9339, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 2.3.9. No mesmo, anexo, encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $\underline{E}$  com o valor de conveniência óptima, que resultou da combinação dos factores óptimos que se apresentam na tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento tafetá com acabamento Normal

Factor	Baixo	Alto	Óptimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

-  $\text{FRTB}=832,5$  N

-  $\text{FRTT}=797,5$  N

- ARTB=42,9%
- ARTT=41,9%
- RRB=53,1 N
- RRT=48,4 N
- RA/1000=84,75 Revoluções/1000

No gráfico 4.3, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá com acabamento Normal para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores ( $TOR1=720$  v/m;  $DLA=21,4\mu\text{m}$ ) e ( $TOR1=620$  v/m;  $DLA=21,4\mu\text{m}$ ) mostram que o diâmetro da fibra de lã ( $DLA$ ) tem mais relevância do que a a torção do fio a um cabo.

Estes resultados estão possivelmente associados aos melhores parâmetros de regularidade Uster e aos melhores parâmetros mecânicos-elásticos dos fios produzidos com a lã de  $21,4\mu\text{m}$  comparativamente aos fios produzidos com lã de  $24,9\mu\text{m}$ , que com estas características, proporcionam que um maior número de propriedades objecto de estudo estejam o mais próximo possível dos valores óptimos de cada uma delas, permitindo uma melhor optimização simultânea. Por outro lado, estas mesmas características dos fios demonstram ter mais influência no conjunto das propriedades em estudo do que a torção que originará um menor número de propriedades optimizadas simultaneamente.

De referir, ainda que contrariamente, aos resultados das superfícies de conveniência encontrados, quer para a sarja de 3 e para o tafetá, as superfícies de conveniência com valores superiores ( $720$  v/m;  $21,4\mu\text{m}$  e  $720$  v/m;  $24,9\mu\text{m}$ ) que a sarja de 4 apresenta justificam-se pela maior influência da torção de  $720$  v/m, face a ser o ligamento, cujo alinhavo médio é maior e deste modo, permite ter um maior número de propriedades optimizadas simultaneamente. Por outro lado, o efeito da torção será menos relevante nos ligamentos, cujos alinhavos médios são inferiores (sarja de 3 e tafetá).

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.3 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

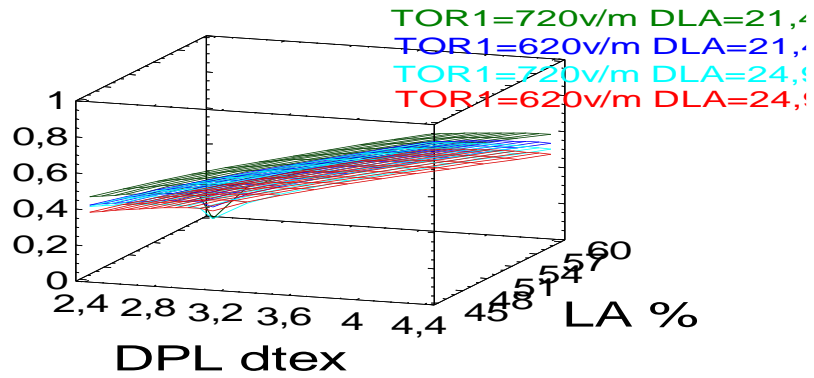


Gráfico 4.3 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá/N a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

## 4.2.3 - Análise e Discussão

### 4.2.3.1 - Resistência à rotura por tracção à teia, (FRTB<sub>N</sub>) e à trama, (FRTT<sub>N</sub>)

#### 4.2.3.1.1 - Sarja de 4

O gráfico 4.4 apresenta a superfície de resposta da resistência à rotura por tracção à teia para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.1, que relaciona o diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

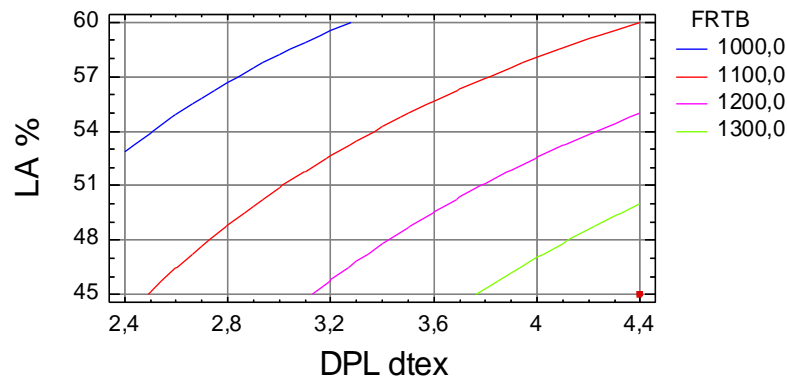


Gráfico 4.4 - Superfície de resposta de FRTB<sub>SARJA 4/N</sub> (N) em função do DPL e LA.

Este gráfico mostra que a resistência à rotura por tracção à teia aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

Os gráficos 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8 apresentam a superfície de resposta da resistência à rotura por tracção à trama para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.2, que relaciona o diâmetro da fibra de poliéster (DPL), a composição em lã (LA), para os diferentes níveis da torção do fio a um cabo (TOR1) e do diâmetro da fibra de lã (DLA).

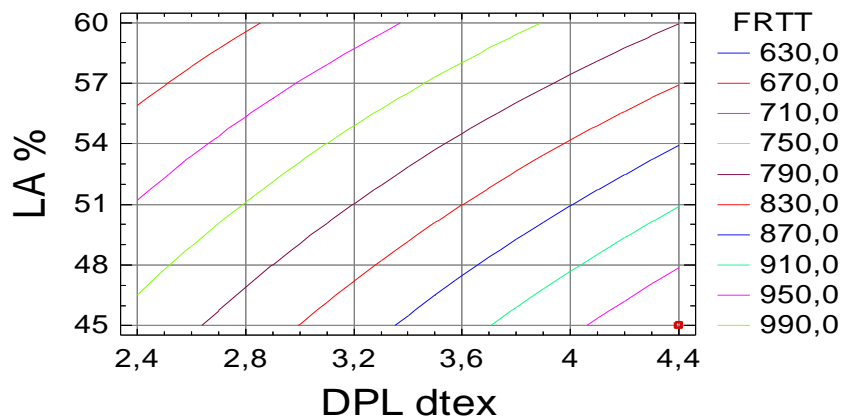


Gráfico 4.5 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 4 /N (N) em função do DPL e LA (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)

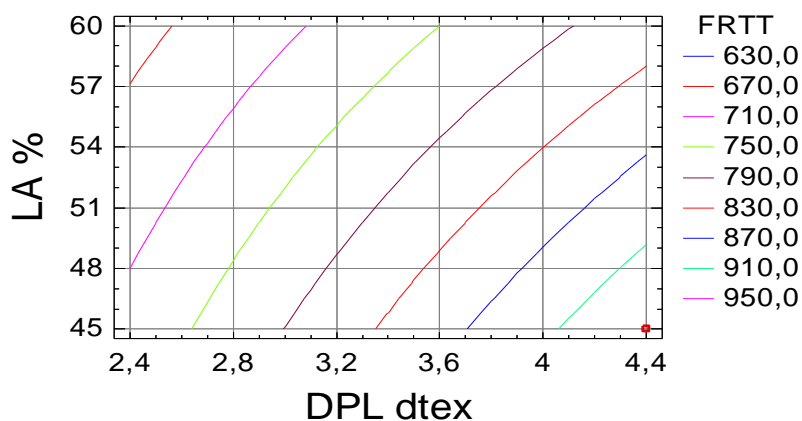


Gráfico 4.6 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 4 /N (N) em função do DPL e LA (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

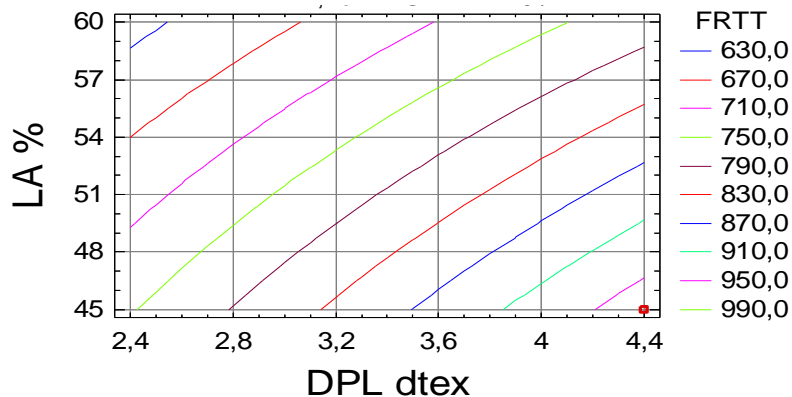


Gráfico 4.7 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 4 /N (N) em função do DPL e LA (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

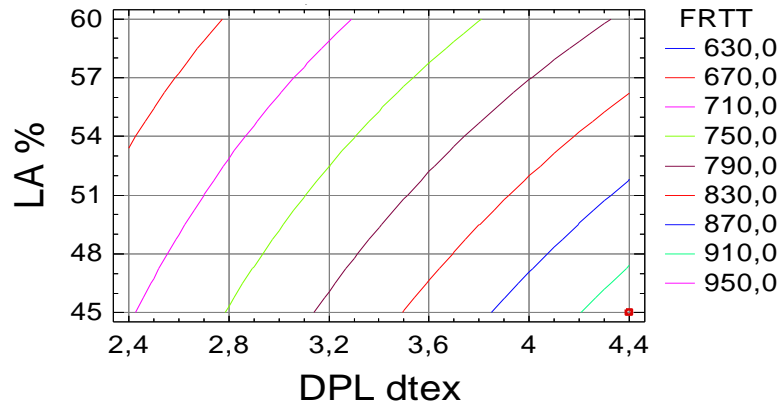


Gráfico 4.8 - Superfície de resposta de FRTT  $SARJA\ 4/N$  (N) em função do DPL e LA (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)

Estes gráficos mostram que a resistência à rotura por tracção à trama aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA). Quanto à influência da torção dos fios a um cabo (TOR1), verifica-se que, quando esta aumenta a FRTT  $SARJA\ 4/N$  diminui principalmente nos tecidos produzidos com lãs de 21,4 $\mu$ m. Quanto aos tecidos produzidos com lã de 24,9 $\mu$ m a influência da torção dos fios a um cabo na FRTT é praticamente insignificante, mantendo-se esta propriedades em valores muito similares.

No que diz respeito, à influência do diâmetro da fibra de lã (DLA) verifica-se, que FRTT  $SARJA\ 4/N$  diminui ligeiramente com o aumento do diâmetro da fibra de lã, mas sem alterações significativas.

#### 4.2.3.1.2 - Sarja de 3

Os gráficos 4.9, 4.10 apresentam a superfície de resposta da resistência à rotura por tracção à teia para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.9, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

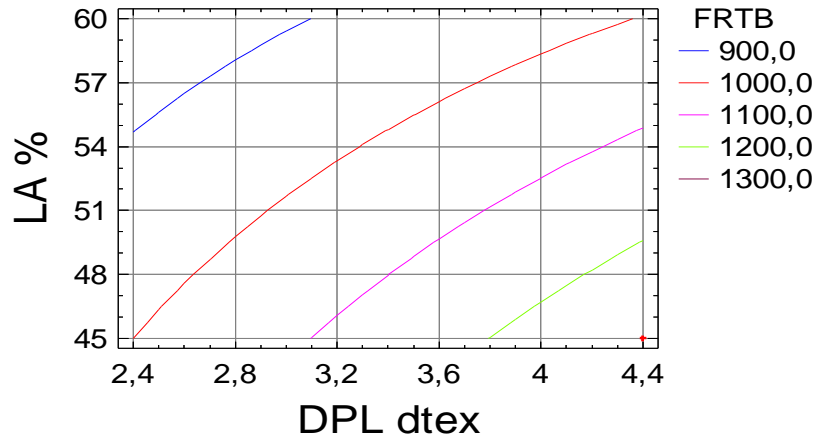


Gráfico 4.9 - Superfície de resposta de FRTB SARJA 3/N (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4µm)

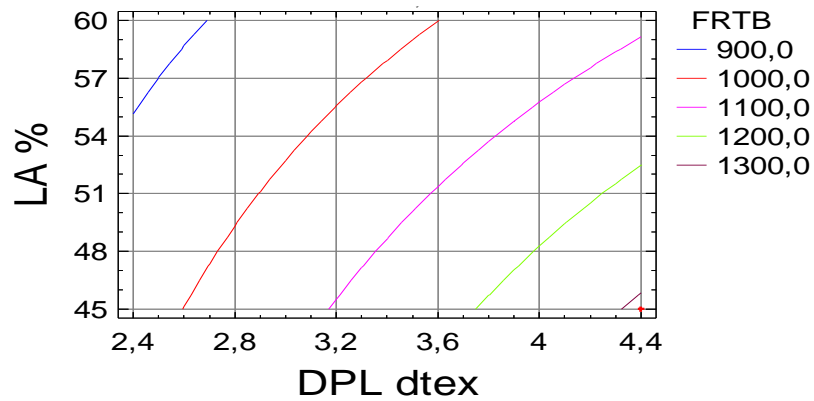


Gráfico 4.10 - Superfície de resposta de FRTB SARJA 3/N (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)

Estes gráficos mostram que a resistência à rotura por tracção à teia aumenta com o diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

Os gráficos 4.11, 4.12, 4.13 e 4.14 apresentam a superfície de resposta da resistência à rotura por tracção à trama para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.10, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

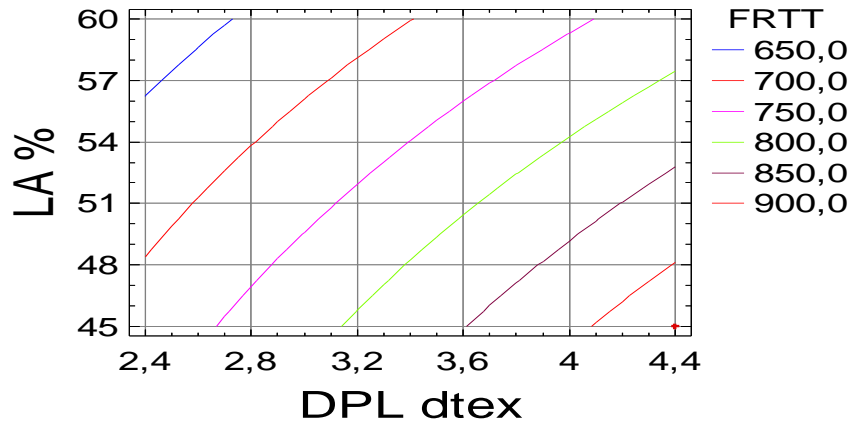


Gráfico 4.11 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 3 /N (N) em função do DPL e LA (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)

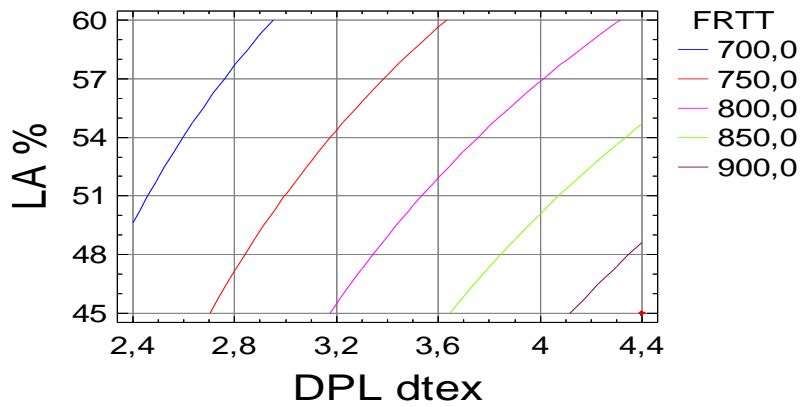


Gráfico 4.12 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 3 /N (N) em função do DPL e LA (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

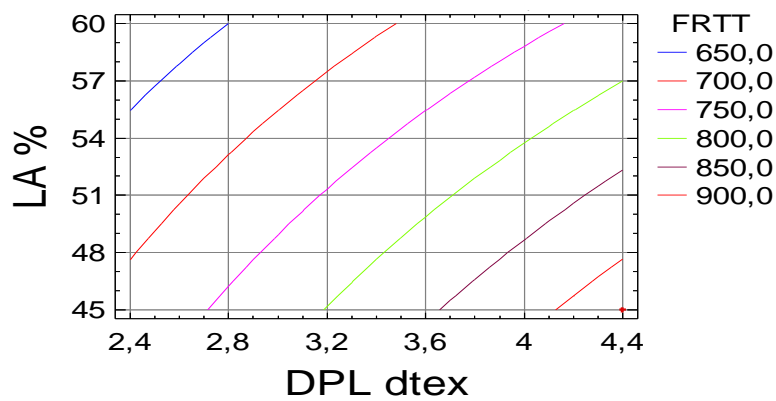


Gráfico 4.13 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 3 /N (N) em função do DPL e LA (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

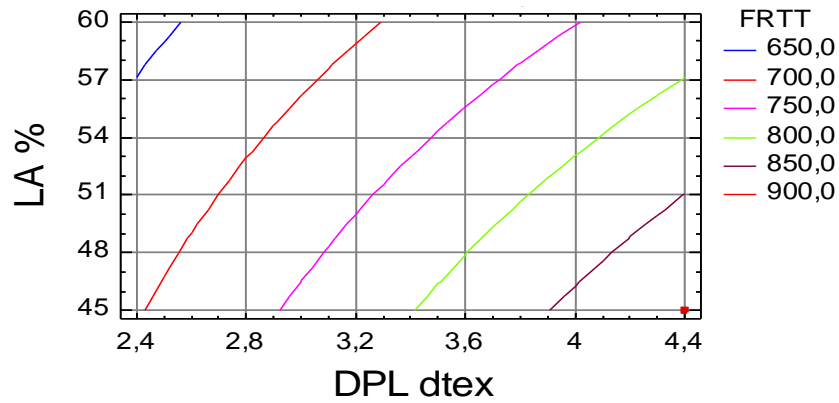


Gráfico 4.14 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 3/N (N) em função do DPL e LA (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

Estes gráficos mostram que a resistência à rotura por tracção à trama aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

Quanto à influência da torção dos fios a um cabo (TOR1), verifica-se que, quando esta aumenta a FRTT SARJA 3/N diminui ligeiramente.

No que diz respeito, à influência do diâmetro da fibra de lã (DLA) verifica-se, que FRTT SARJA 3/N diminui muito ligeiramente com o aumento do diâmetro da fibra de lã, mantendo-se em alguns casos os mesmos valores de desempenho.

#### 4.2.3.1.3 - Tafetá

Os gráficos 4.15 e 4.16 apresentam a superfície de resposta da resistência à rotura por tracção à teia para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.16, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

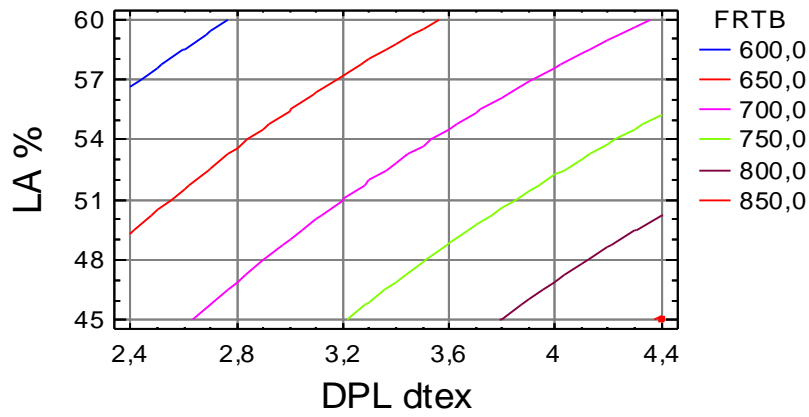


Gráfico 4.15 - Superfície de resposta de FRTB TAFETÁ/N (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

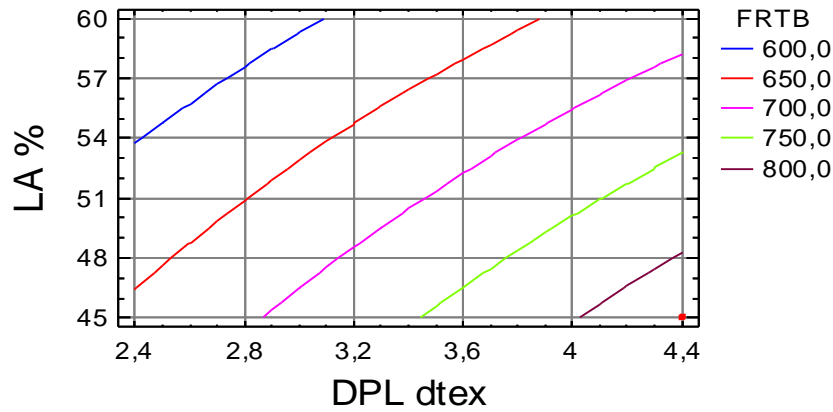


Gráfico 4.16 - Superfície de resposta de FRTB TAFETÁ/N (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

Estes gráficos mostram que a resistência à rotura por tracção à teia aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA) e com o aumento da torção do fio a um cabo (TOR1).

Os gráficos 4.17 e 4.18 apresentam a superfície de resposta da resistência à rotura por tracção à trama para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.17, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

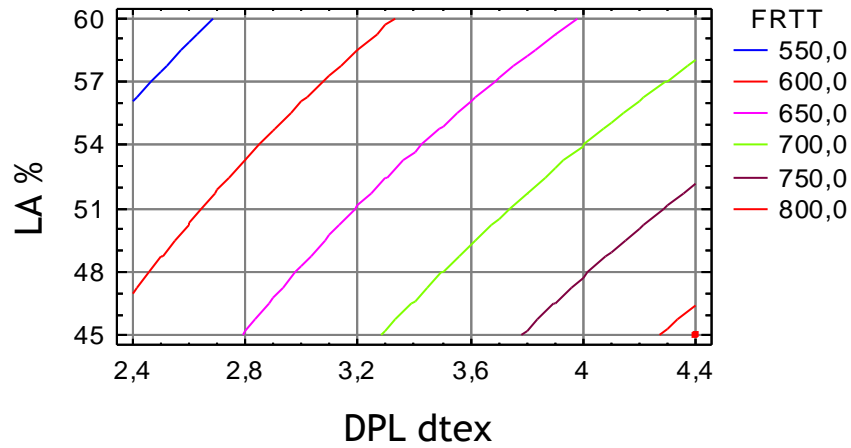


Gráfico 4.17 - Superfície de resposta de FRTT<sub>TAFETÁ/N</sub> (N) em função do DPL e LA (TOR1=620 v/m)

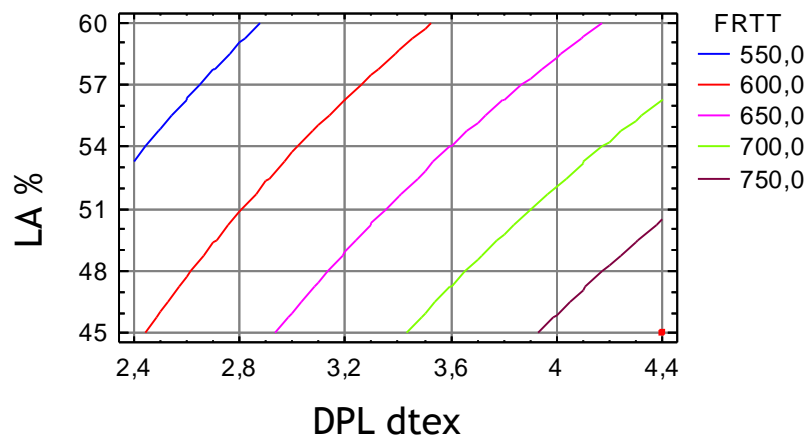


Gráfico 4.18 - Superfície de resposta de FRTT<sub>TAFETÁ/N</sub> (N) em função do DPL e LA (TOR1=720 v/m)

Estes gráficos mostram que esta propriedade aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da porcentagem de lã na mistura (LA) e com o aumento da torção do fio a um cabo (TOR1).

#### 4.2.3.1.4 - Explicações científicas e tecnológicas

A análise e interpretação dos gráficos de superfície de resposta da resistência à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, permite-nos chegar aos seguintes resultados:

- Independentemente do ligamento, os tecidos 55% poliéster/45% lã, apresentam valores superiores aos tecidos 60% lã/40% poliéster. Estes resultados devem-se à tenacidade mais elevada das fibras de poliéster comparativamente à das fibras de lã e à maior proporção de fibras de poliéster na mistura.

Estes resultados comprovam os estudos feitos por Barella et al. (1996), que constataram que a resistência à rotura por tracção dos tecidos aumenta com o aumento do conteúdo em poliéster;

- Existe também alguma tendência para uma redução dos valores destas duas propriedades dos tecidos quando produzidos com fios com torções mais elevadas. Esta tendência vai ao encontro dos resultados das resistências dos fios, onde se verifica que os fios com torções mais elevadas já apresentam resistências à rotura inferiores. Assim, e de acordo com o resultado do estudo realizado por Monteiro (2011) sobre a evolução da resistência dum fio Nm 1/46 em 55% poliéster/45% lã, com poliéster de 2,4 dtex e lã de 21,4µm, em função do coeficiente de torção (gráfico 3.1), onde se constata uma diminuição da resistência para coeficientes de torção superiores a 90. Tudo indica que esta diminuição das resistências dos tecidos resulta do facto destes fios (a um cabo) possuírem um coeficiente de torção de  $K=106$ . Nestas condições, as fibras constituintes dos fios encontram-se deformadas em consequência da excessiva torção, originando resistências mais baixas. Segundo Almetwally e Salem (2010), a resistência à rotura por tracção de tecidos 100% algodão, produzidos igualmente com fios de anel, aumenta com o aumento do coeficiente de torção dos fios o que está, de acordo, com os resultados encontrados por Monteiro (2011).

- Independentemente do ligamento e da composição, os tecidos produzidos com poliéster de 4,4 dtex apresentam resistências mais elevadas comparativamente aos produzidos com poliéster de 2,4 dtex. Estes resultados mostram que existe uma forte relação entre estas propriedades mecânicas e a resistência à rotura dos fios, uma vez que, os fios produzidos com poliéster de 4,4 dtex já apresentam resistências à rotura superiores aos fios produzidos com poliéster de 2,4 dtex. Como se disse, a justificação baseia-se na diferença de tenacidade entre as duas fibras de poliéster: 49 cN/tex e 26 cN/tex para a fibra de 4,4 dtex e 2,4 dtex, respectivamente;

- O ligamento que permite obter maiores resistências, quer no sentido da teia, quer no sentido da trama é a sarja de 4 pesada; o tafetá é o ligamento com desempenhos mais baixos; a sarja de 3 situa-se numa posição intermédia. Estas diferenças de resistência estão directamente relacionadas com as diferentes densidades de fios e passagens utilizadas em cada ligamento e por consequência pelos respectivos factores de cobertura. A sarja de 4 pesada é a que apresenta um número maior de fios e passagens na sua estrutura, enquanto o tafetá apresenta um número significativamente inferior.

Estes resultados comprovam os estudos feitos por Halleb e Amar (2010) e Barella et al. (1996) que concluíram que a resistência à rotura dos tecidos depende da densidade de fios na direcção da tracção.

#### 4.2.3.2 - Alongamento à rotura por tracção à teia, (ARTB<sub>N</sub>) e à trama, (ARTT<sub>N</sub>)

##### 4.2.3.2.1 - Sarja de 4

Os gráficos 4.19 e 4.20 apresentam a superfície de resposta do alongamento à rotura por tracção à teia para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.3, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

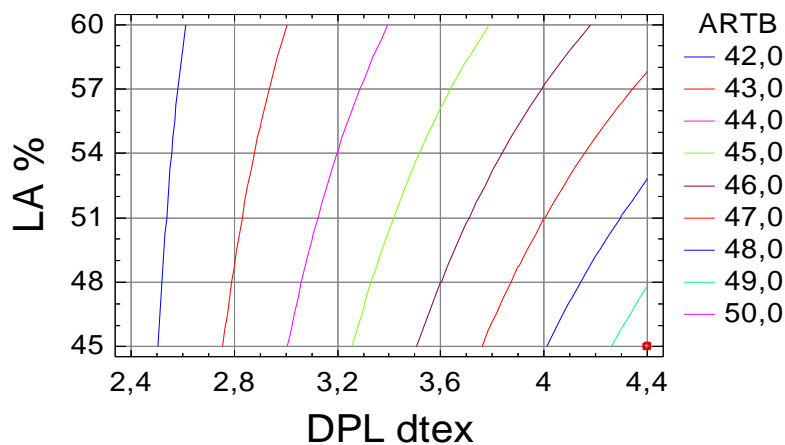


Gráfico 4.19 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 4/N (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

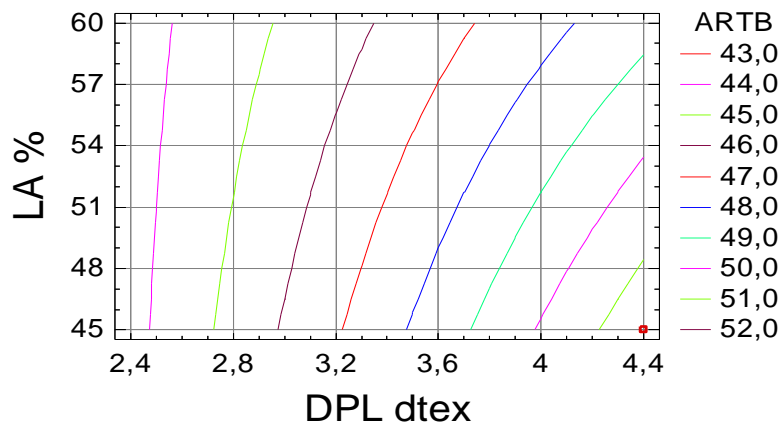


Gráfico 4.20 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 4/N (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

Estes gráficos mostram que o alongamento à rotura por tracção à teia aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL), com o aumento da torção dos fios a um cabo (TOR1) e com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

Os gráficos 4.21 e 4.22 apresentam a superfície de resposta do alongamento à rotura por tracção à trama para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.4, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

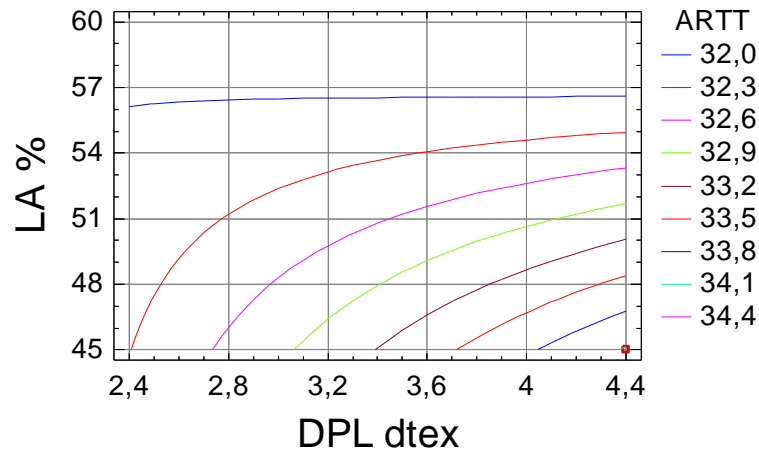


Gráfico 4.21 - Superfície de resposta de ARTT SARJA 4/N (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

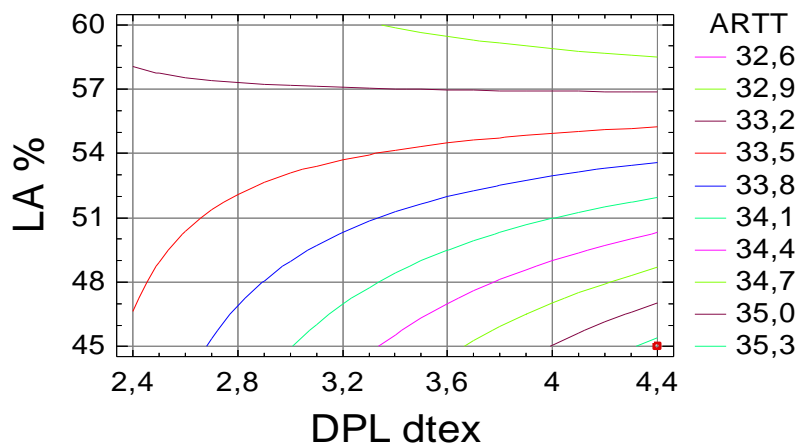


Gráfico 4.22 - Superfície de resposta de ARTT SARJA 4/N (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

Estes gráficos mostram que o alongamento à rotura por tracção à trama aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL), com o aumento da torção dos fios a um cabo (TOR1) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA). Em particular o gráfico 4.21 mostra algo relevante. Percentagens de lã acima dos 56% deixam de ter influência no alongamento à rotura por tracção à trama.

#### 4.2.3.2.2 - Sarja de 3

Os gráficos 4.23 e 4.24 apresentam a superfície de resposta do alongamento à rotura por tracção à teia para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.11, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

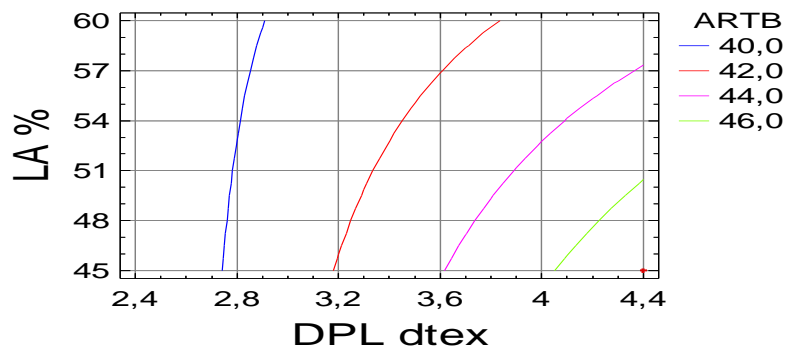


Gráfico 4.23 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 3/N (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

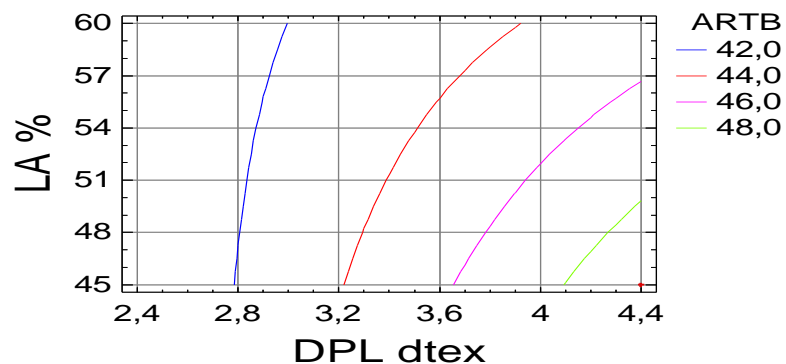


Gráfico 4.24 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 3/N (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

Os gráficos 4.25 e 4.26 apresentam a superfície de resposta do alongamento à rotura por tracção à trama para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.12, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

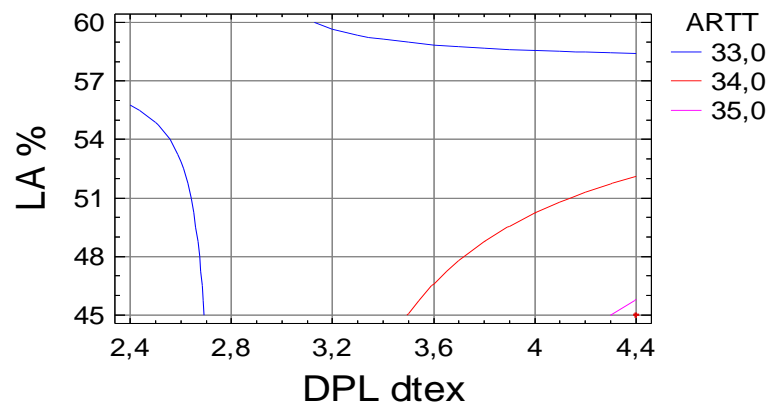


Gráfico 4.25 - Superfície de resposta de ARTT SARJA 3/N (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

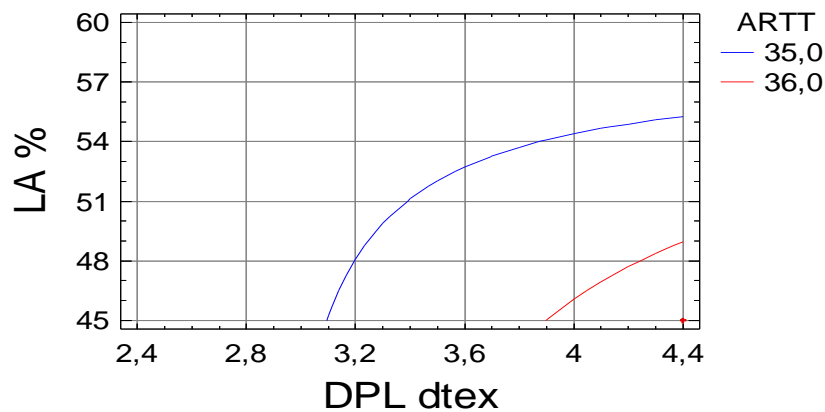


Gráfico 4.26 - Superfície de resposta de ARTT SARJA 3/N (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

Estes gráficos mostram que esta propriedade aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL), com o aumento da torção dos fios a um cabo (TOR1) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

#### 4.2.3.2.3 - Tafetá

Os gráficos 4.27 e 4.28 apresentam a superfície de resposta do alongamento à rotura por tracção à teia para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.18, que relaciona o diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e a composição em lã na mistura (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

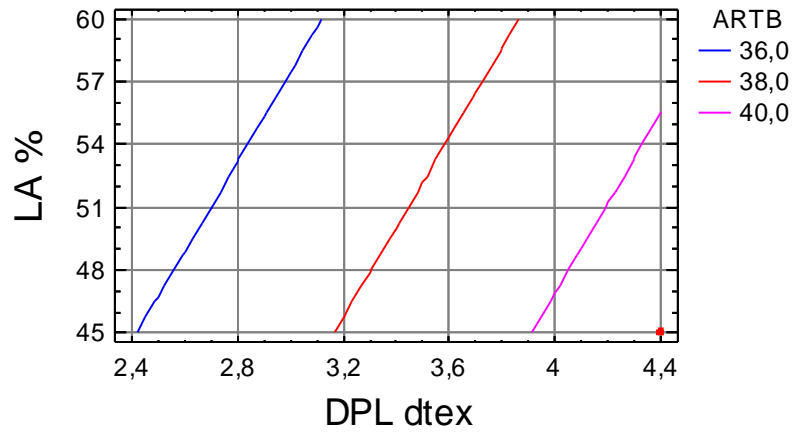


Gráfico 4.27 - Superfície de resposta de ARTB<sub>TAFETÁ/N</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

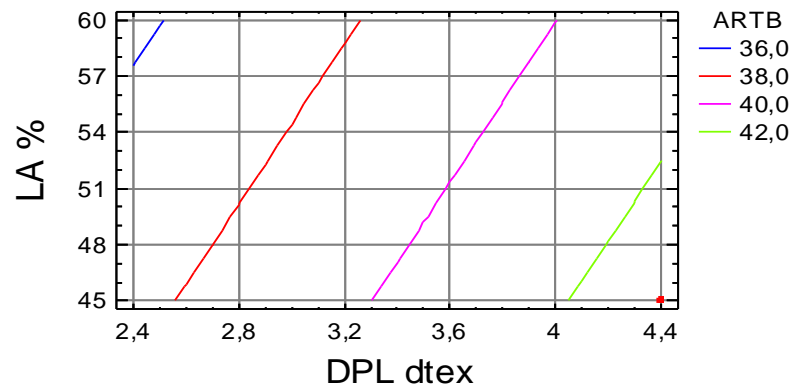


Gráfico 4.28 - Superfície de resposta de ARTB<sub>TAFETÁ/N</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720v/m)

Estes gráficos mostram que o alongamento à rotura por tracção à teia aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL), com o aumento da torção dos fios a um cabo (TOR1), e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

Os gráficos 4.29 e 4.30 apresentam a superfície de resposta do alongamento à rotura por tracção à trama para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.19, que relaciona o diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

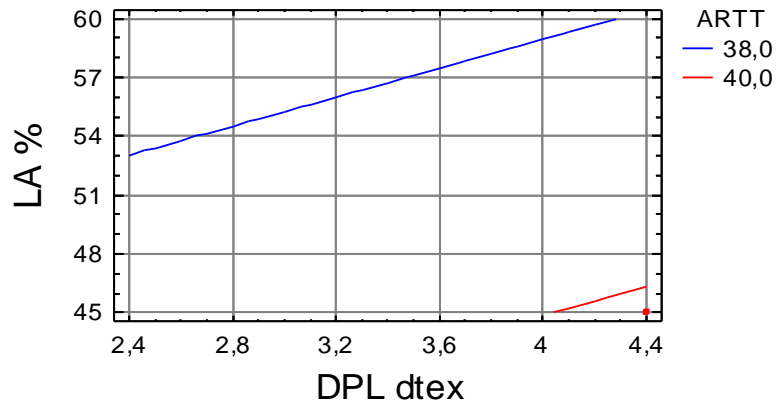


Gráfico 4.29 - Superfície de resposta de ARTT TAFETÁ/N (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

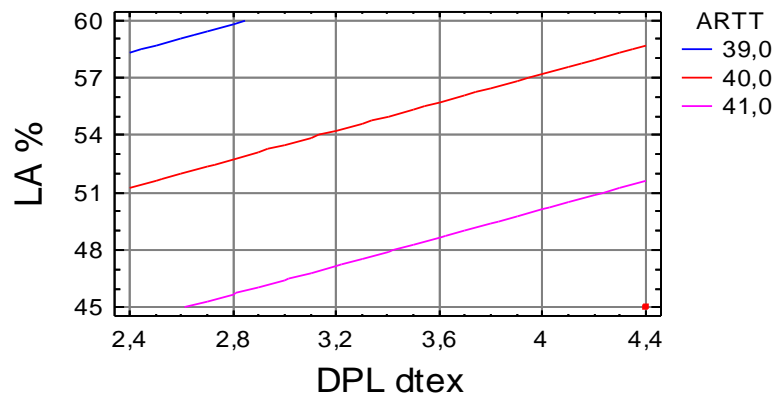


Gráfico 4.30 - Superfície de resposta de ARTT TAFETÁ/N (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

Estes gráficos mostram que o alongamento à rotura por tracção à trama aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL), com o aumento da torção dos fios a um cabo (TOR1), e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

#### 4.2.3.2.4 - Explicações científicas e tecnológicas

A análise e interpretação dos gráficos de superfície de resposta do alongamento à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, permite-nos chegar aos seguintes resultados:

- Independentemente do ligamento e da composição, os valores do alongamento à rotura à teia dos tecidos produzidos com poliéster de 4,4 dtex são superiores aos dos tecidos produzidos com poliéster de 2,4 dtex, enquanto, à trama não se verificam diferenças tão significativas. Deste modo, e uma vez que não existem diferenças significativas nas

características de alongamento à rotura das fibras de poliéster nem dos fios produzidos com poliésteres de diferentes dtex (ver tabelas 3.7 e 3.8), as diferenças de comportamento encontradas no que diz respeito ao alongamento à rotura por tracção à teia, só podem estar relacionadas com a diferença significativa de encolhimento existente entre as duas fibras de poliéster, pois a de 4,4 dtex tem 11%, enquanto a de 2,4 dtex tem 4%;

Face ao exposto, torna-se importante fazer algumas reflexões científicas e tecnológicas sobre a forma como o encolhimento da fibra pode influenciar o alongamento à rotura à teia dos tecidos.

Um encolhimento elevado da fibra de poliéster provoca um encolhimento dos tecidos quando são submetidos a operações de termofixação. Este encolhimento dos tecidos é tanto maior, quanto mais elevado for o encolhimento da fibra de poliéster e maior a percentagem desta fibra. Assim, os tecidos produzidos com poliéster de 4,4 dtex ao encolherem mais do que os tecidos produzidos com poliéster de 2,4 dtex, as suas estruturas (independentemente do ligamento) ficam mais elásticas. Desta forma, quando se procede à quantificação do alongamento, através do dinamómetro, estes tecidos originam alongamentos à rotura superiores do que aqueles que encolheram menos durante o processo de acabamento.

- Quanto à influência dos ligamentos sobre o alongamento à teia verifica-se, que o tafetá é o ligamento que permite obter menores alongamentos à rotura, enquanto, que a sarja de 4 é o que origina valores mais elevados, situando-se a sarja de 3 numa posição intermédia. Estas diferenças de desempenho encontradas entre os três ligamentos estudados justificam-se pelas diferenças existentes entre o tamanho dos alinhavos da teia de cada um dos ligamentos e, por consequência, dos respectivos coeficientes de ligamento. Assim, a sarja de 4 pesada ao possuir menos pontos de ligamento por curso de ligamento e maiores alinhavos, permite maiores encolhimentos e por consequência maiores alongamentos à rotura à teia.

Pelo contrário, o tafetá ao ser a estrutura com maior coeficiente de ligamento e menor alinhavo admite menores encolhimentos e por consequência menores alongamentos à rotura à teia;

- Quanto à influência da torção dos fios a um cabo (TOR1) constata-se que, independentemente do ligamento, o alongamento à rotura, quer à teia, quer à trama é maior nos tecidos produzidos com os fios a um cabo com 720 v/m e menor nos tecidos produzidos com fios a um cabo com 620 v/m. Segundo Cunãt (1965), a torção nos fios observa-se por uma inclinação em forma de hélice das fibras, no caso de se tratar de fios simples ou por uma inclinação dos fios simples, no caso de se tratar de fios retorcidos, como é o caso deste trabalho. Quanto mais as espiras se apresentem transversalmente em

relação ao eixo do fio, tanto maior será a torção, dotando o fio com uma estrutura mais harmonica e elástica e por consequência um maior alongamento à rotura por tracção. Da mesma forma e independentemente do ligamento e da composição, os tecidos produzidos com fios com torções mais baixas apresentam valores de alongamento à rotura inferiores, quer à teia, quer à trama. Este comportamento está relacionado com o menor ângulo que as espiras fazem com o eixo do fio, tornando a estrutura deste menos elástica. Os resultados do estudo realizado por Monteiro (2011) confirmam o estudo realizado por (Almetwally e Salem, 2010) que concluíram que o alongamento à rotura dos tecidos aumenta com o aumento do coeficiente de torção dos fios. Pelo contrário, contrariam os resultados de Barella et al. (1996), que concluíram que um aumento do coeficiente de torção dos fios origina uma diminuição do alongamento à rotura por tracção.

- No que diz respeito à percentagem de lã na mistura e à sua influência no alongamento à rotura por tracção à teia constata-se que esta propriedade diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura ou por outras palavras, diminui com a diminuição da percentagem de fibras de poliéster na mistura. Este fenómeno tem a mesma explicação científica e tecnológica mencionada para as diferenças de comportamento encontradas no que diz respeito ao alongamento à rotura por tracção à teia, que só podem estar relacionadas com a diferença significativa de encolhimento existente entre as duas fibras de poliéster, pois a fibra de 4,4 dtex tem 11%, enquanto a de 2,4 dtex tem 4%;

- No que diz respeito ao alongamento à rotura por tracção à trama, constata-se que a sarja de 4 é o ligamento que proporciona menores alongamentos, enquanto, o tafetá é o ligamento que permite valores mais elevados, posicionando-se a sarja de 3 numa situação intermédia. Estas diferenças só podem depender unicamente das diferenças de estrutura dos tecidos, uma vez que, os tecidos não encolhem na direcção da trama, pelo facto de estarem fixos pelas escápulas da râmola e limitados à largura de trabalho da máquina. Nesta situação, o encolhimento da fibra de poliéster é irrelevante, pois, seja 4% ou 11% não vai proporcionar qualquer encolhimento do tecido na direcção da trama. De salientar que o gráfico 4.21 mostra algo relevante e inovador. Verifica-se que percentagens de lã acima dos 56% deixam de ter influência no alongamento à rotura por tracção à trama nos tecidos em sarja de 4. Esta composição em lã, origina o alongamento mínimo (32%) que os tecidos podem obter, independentemente do diâmetro e do encolhimento da fibra de poliéster que constitua a mistura íntima. Quer com isto dizer-se, mesmo que se aumente a percentagem de lã para valores superiores a 56% o alongamento à rotura por tracção à trama não baixa para valores inferiores a 32%. Este fenómeno verifica-se, apenas nos tecidos em sarja de 4 produzidos com fios, cuja torção do fio a um cabo é de 620 v/m. Por outro lado, no gráfico 4.22, verifica-se que, em tecidos em sarja de 4, cuja torção do fio a um cabo é de 720 v/m o alongamento à rotura por tracção à trama ainda diminui ligeiramente para percentagens de lã superiores a 57%.

Não se encontrando uma explicação objectiva para o fenómeno, admite-se, que o desempenho desta propriedade nos tecidos de sarja de 4 seja afectado por várias características de uma forma interactiva.

- Em cada um dos ligamentos, constata-se, quer à teia, quer à trama, que os tecidos produzidos com poliéster de 2,4 dtex apresentam valores muito similares em ambas as composições. No entanto, os tecidos produzidos com poliéster de 4,4 dtex apresentam valores ligeiramente superiores quando se trata da composição 55% poliéster/45% lã. Estas diferenças de comportamento justificam-se, pelo facto de existir nesta mistura uma maior representatividade da fibra de poliéster;

#### 4.2.3.3 - Resistência ao rasgo à teia, ( $RRB_N$ ) e à trama, ( $RRT_N$ )

##### 4.2.3.3.1 - Sarja de 4

Os gráficos 4.31 e 4.32 apresentam a superfície de resposta da resistência ao rasgo à teia para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.5, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

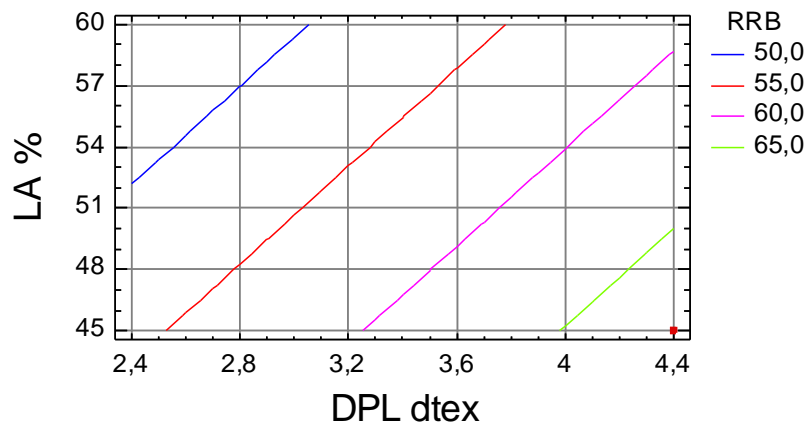


Gráfico 4.31 - Superfície de resposta de  $RRB_{SARJA\ 4/N}$  (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu$ m)

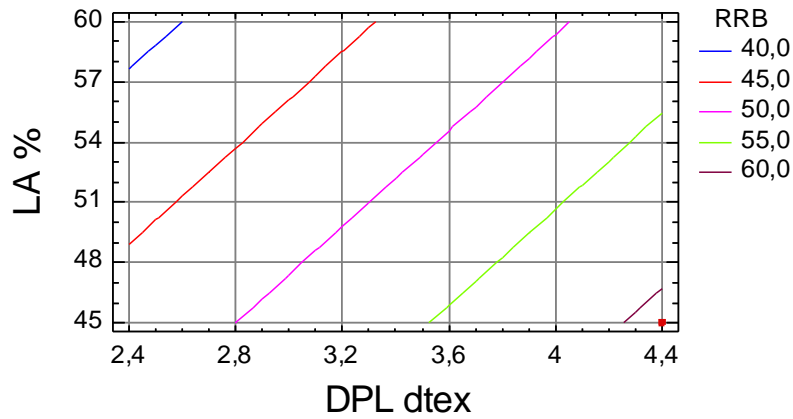


Gráfico 4.32 - Superfície de resposta de RRB SARJA 4/N (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)

Estes gráficos mostram que a resistência ao rasgo à teia aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA) e com o aumento do diâmetro da fibra de lã (DLA).

Os gráficos 4.33, 4.34, 4.35 e 4.36 apresentam a superfície de resposta da resistência ao rasgo à trama para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.6, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

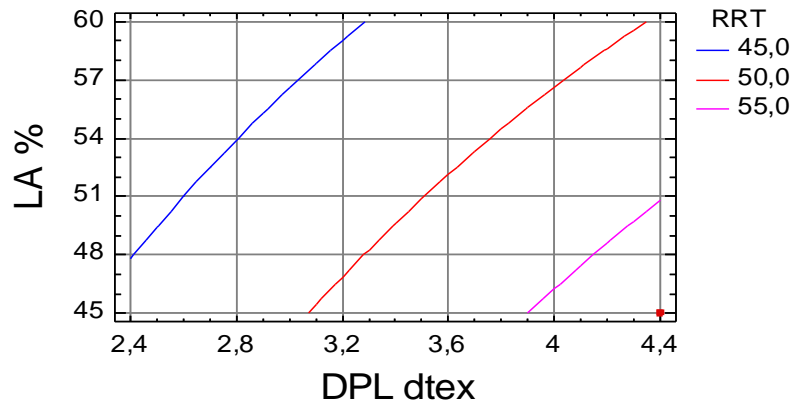


Gráfico 4.33 - Superfície de resposta de RRT SARJA 4/N (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)

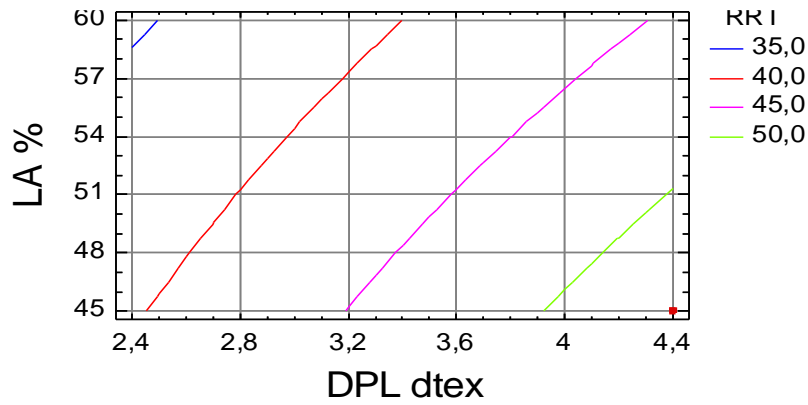


Gráfico 4.34 - Superfície de resposta de RRT SARJA 4/N (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

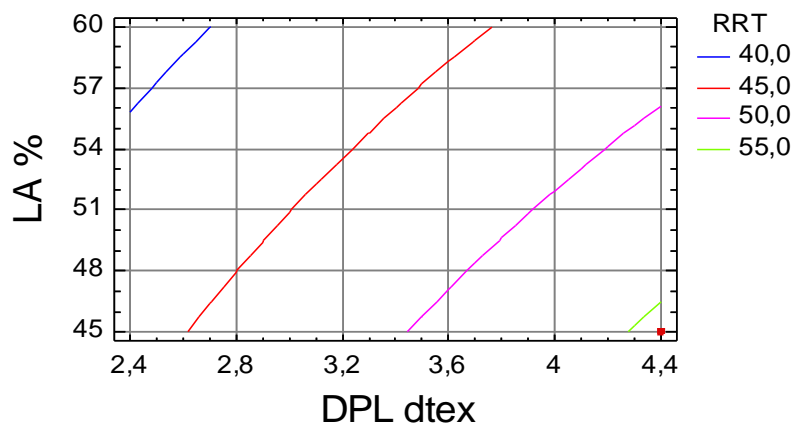


Gráfico 4.35 - Superfície de resposta de RRT SARJA 4/N (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

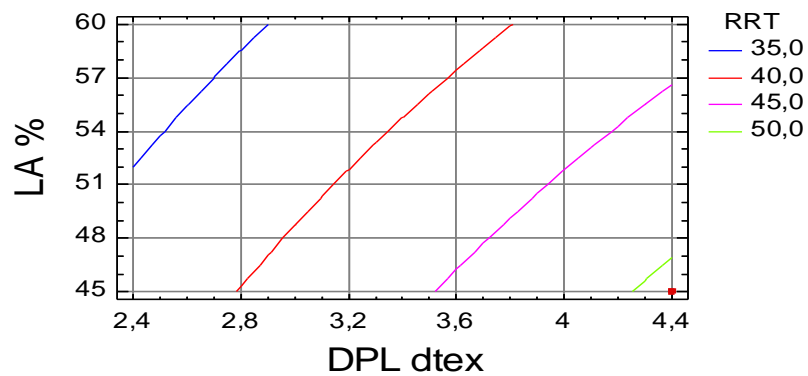


Gráfico 4.36 - Superfície de resposta de RRT SARJA 4/N (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

Estes gráficos mostram que a resistência ao rasgo à trama aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da torção dos fios a um cabo (TOR1), com o aumento da porcentagem de lã na mistura (LA) e com o aumento do diâmetro de fibra de lã (DLA).

#### 4.2.3.3.2 - Sarja de 3

Os gráficos 4.37, 4.38, 4.39 e 4.40 apresentam a superfície de resposta da resistência ao rasgo à teia para os tecidos com acabamento Normal, obtidos pela equação de regressão 4.13, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

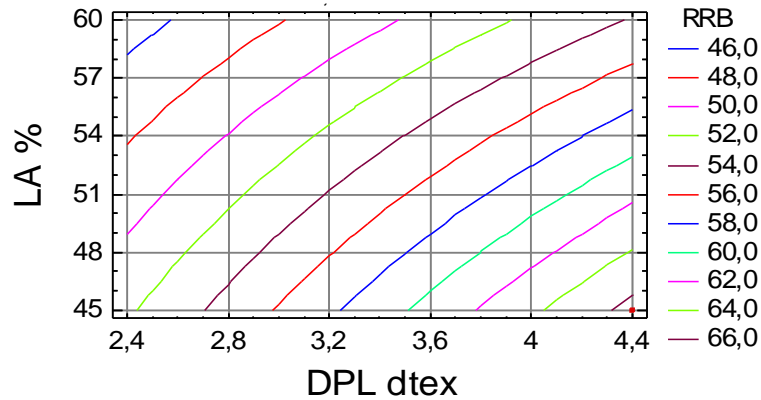


Gráfico 4.37 - Superfície de resposta de  $RRB_{SARJA\ 3/N}$  (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)

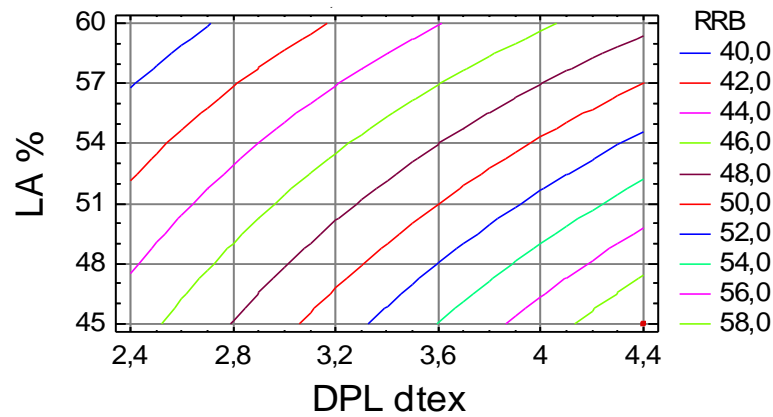


Gráfico 4.38 - Superfície de resposta de  $RRB_{SARJA\ 3/N}$  (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)

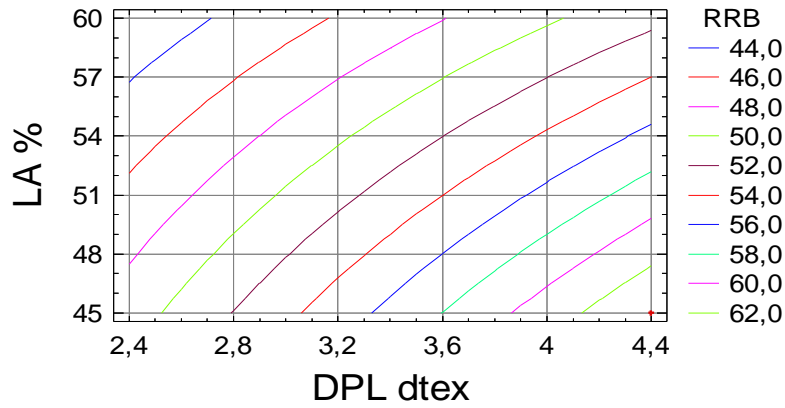


Gráfico 4.39 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/N (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

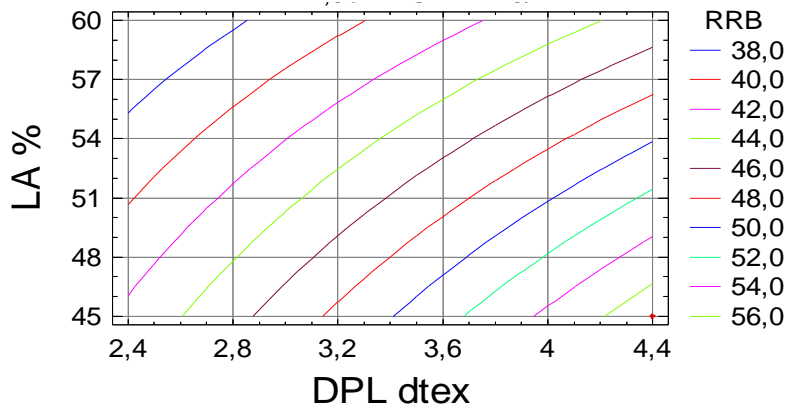


Gráfico 4.40 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/N (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

Estes gráficos mostram que esta propriedade aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da torção do fio a um cabo (TOR1), com o aumento do diâmetro da fibra de lã (LA) e com o aumento da porcentagem da fibra de lã na mistura (LA).

Os gráficos 4.41, 4.42, 4.43 e 4.44 mostram as superfícies de resposta de RRT SARJA 3/N (N), obtidas pela equação 4.14, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

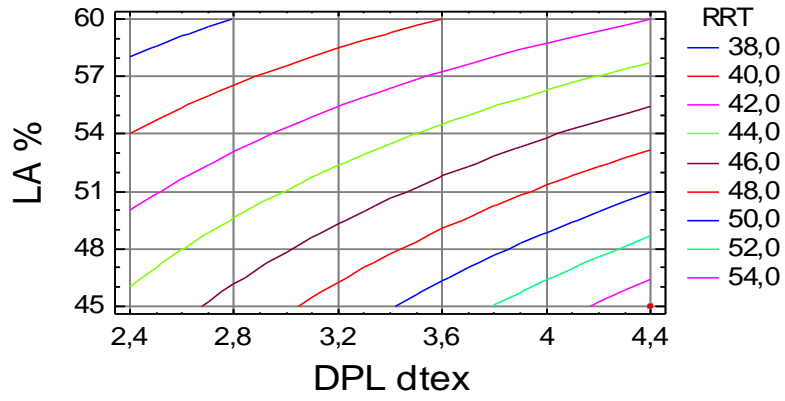


Gráfico 4.41 - Superfície de resposta de RRT SARJA 3/N (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)

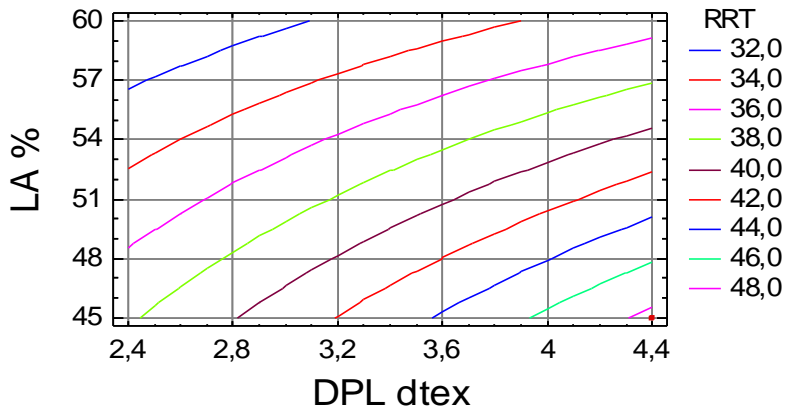


Gráfico 4.42 - Superfície de resposta de RRT SARJA 3/N (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620v/m; DLA=24,9µm)

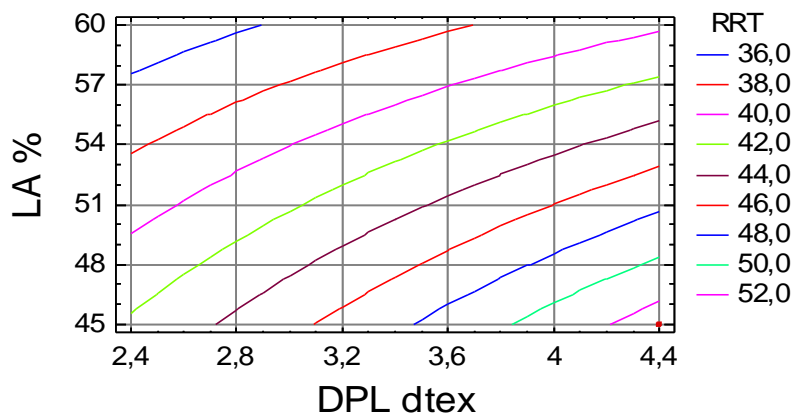


Gráfico 4.43 - Superfície de resposta de RRT SARJA 3/N (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

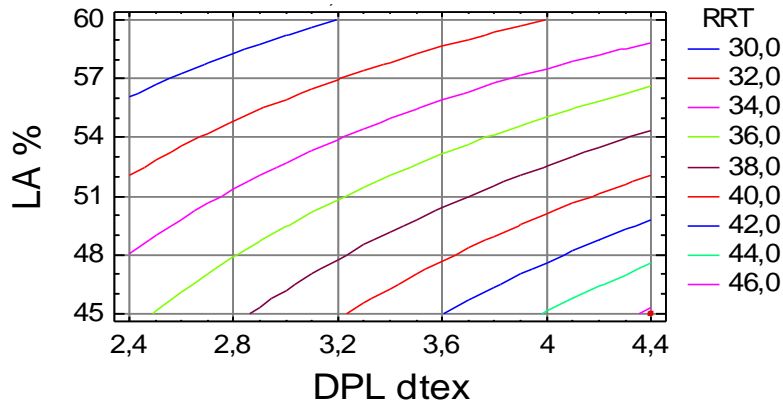


Gráfico 4.44 - Superfície de resposta de RRT SARJA 3/N (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

Estes gráficos mostram que a resistência ao rasgo à trama aumenta com o aumento do DPL e diminui com o aumento da porcentagem de lã na mistura (LA), com o aumento da torção dos fios a um cabo (TOR1), e com o aumento do diâmetro de fibra de lã (DLA).

#### 4.2.3.3.3 - Tafetá

Os gráficos 4.45, 4.46, 4.47 e 4.48 mostra as superfícies de resposta de RRB TAFETÁ/N (N), obtidas pela equação 4.20, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

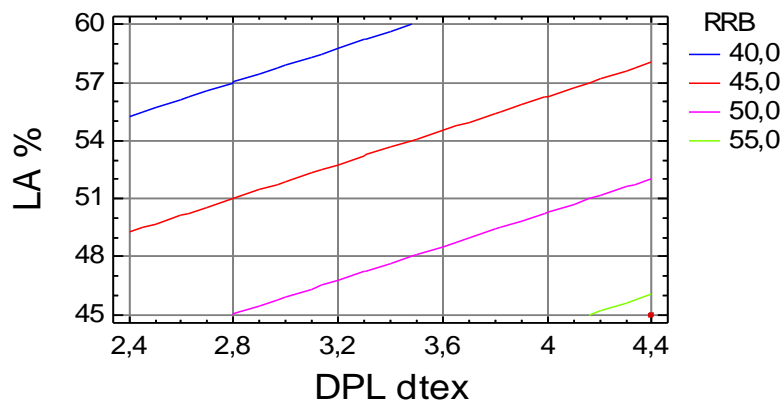


Gráfico 4.45 - Superfície de resposta de RRB TAFETÁ/N (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)

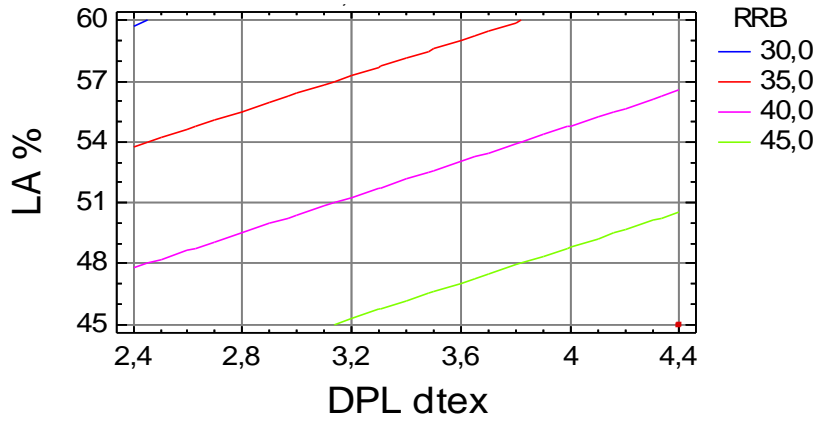


Gráfico 4.46 - Superfície de resposta de RRB<sub>TAFETÁ/N</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

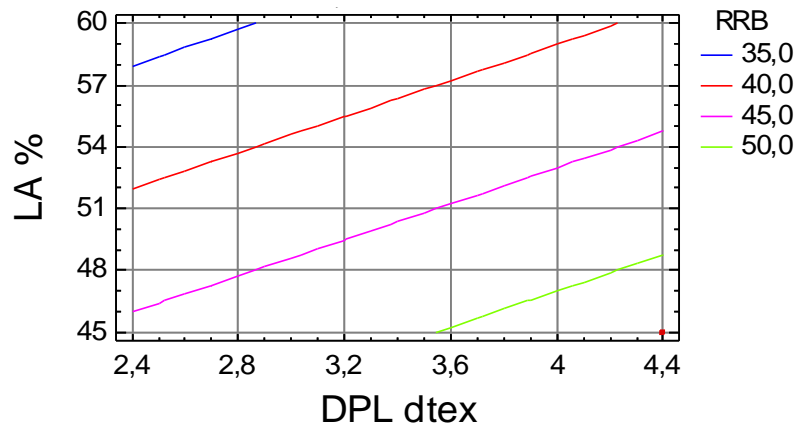


Gráfico 4.47 - Superfície de resposta de RRB<sub>TAFETÁ/N</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

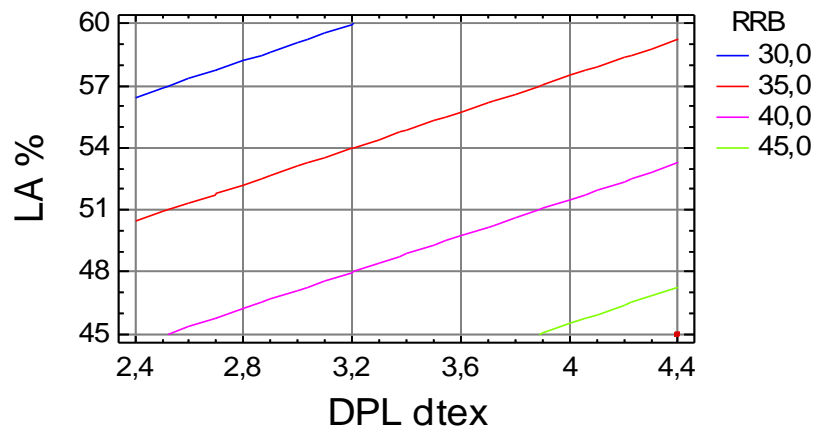


Gráfico 4.48 - Superfície de resposta de RRB<sub>TAFETÁ/N</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

Estes gráficos mostram que a resistência ao rasgo à teia aumenta com o diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA), com o aumento da torção do fio a um cabo (TOR1) e com o aumento do diâmetro da fibra de lã (DLA).

Os gráficos 4.49, 4.50, 4.51 e 4.52 mostram as superfícies de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/N}$  (N), obtidas pela equação 4.21, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para distintos níveis de torção do fio a um cabo (TOR1) e do diâmetro da fibra de lã (DLA).

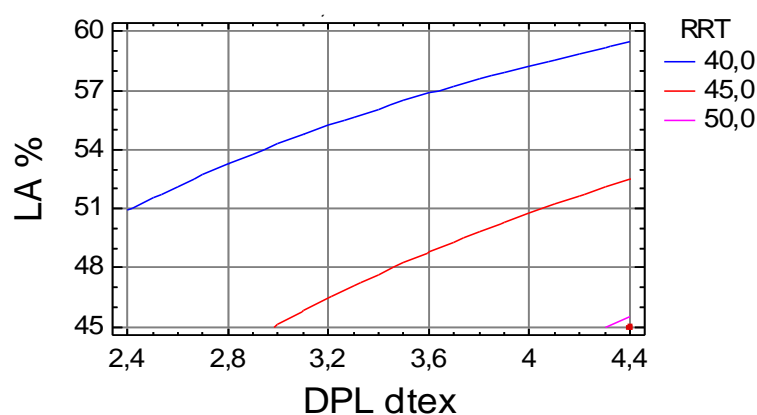


Gráfico 4.49 - Superfície de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/N}$  (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)

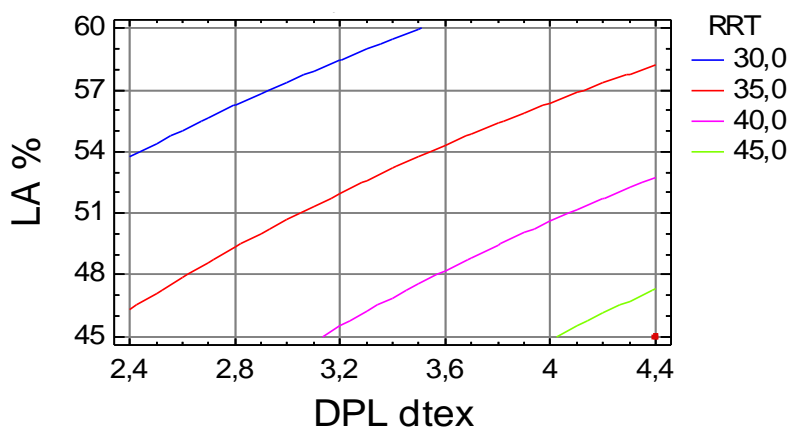


Gráfico 4.50 - Superfície de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/N}$  (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)

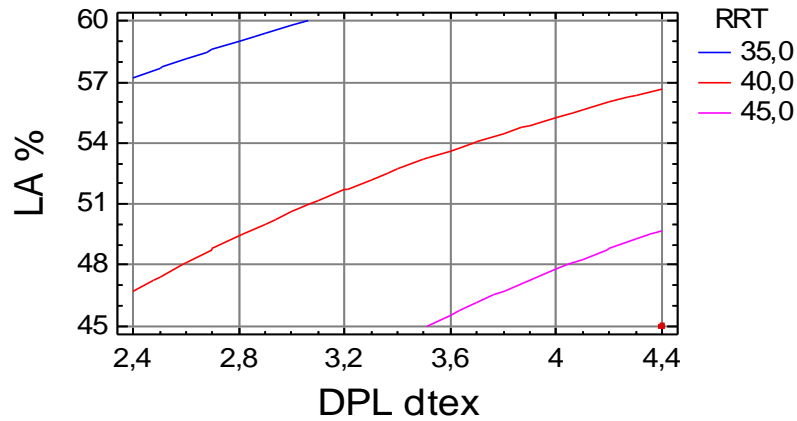


Gráfico 4.51 - Superfície de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/N}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)

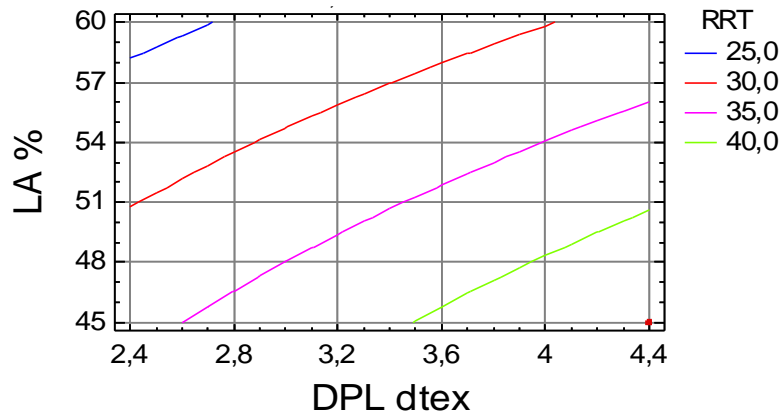


Gráfico 4.52 - Superfície de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/N}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)

Estes gráficos mostram que a resistência ao rasgo à trama aumenta com o diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA), com o aumento da torção do fio a um cabo (TOR1) e com o aumento do diâmetro da fibra de lã (DLA).

#### 4.2.3.3.4 - Explicações científicas e tecnológicas

A análise e interpretação dos gráficos de superfície de resposta da resistência ao rasgo, quer à teia, quer à trama, permite-nos chegar aos seguintes resultados:

- Independentemente do ligamento, os tecidos 55% poliéster/45% lã, apresentam valores superiores aos tecidos 60% lã/40% poliéster. Estes resultados devem-se à maior tenacidade das fibras de poliéster comparativamente à das fibras de lã e à maior proporção de fibras de poliéster na mistura;

- Existe também alguma tendência para uma redução dos valores desta propriedade dos tecidos quando produzidos com fios com torções mais elevadas. Esta tendência vai ao encontro dos resultados do estudo realizado por Monteiro (2011), apresentados nas tabelas 3.7 e 3.8 onde se verifica que os fios com torções mais elevadas já apresentam resistências à rotura inferiores. Assim, e de acordo, com o estudo do mesmo autor sobre a evolução da resistência do fio Nm 1/46 (55% poliéster/45% lã) em função do coeficiente de torção (gráfico 3.1), onde se constata uma diminuição da resistência para coeficientes de torção superiores a 90, tudo indica que esta diminuição das resistências dos tecidos resulta do facto destes fios (a um cabo) possuírem um coeficiente de torção de  $K=106$ . Nestas condições, as fibras constituintes dos fios encontram-se deformadas em consequência da excessiva torção, originando resistências mais baixas

Estudos efectuados por Almetwally e Salem (2010) revelaram que alterações significativas no coeficiente de torção dos fios não têm efeito significativo na resistência ao rasgo dos tecidos, o que contraria o estudo realizado por Harrison (1960), onde refere que um aumento do coeficiente de torção dos fios aumenta a sua resistência e reduz o seu diâmetro. Este efeito tende a aumentar a resistência ao rasgo dos tecidos devido à elevada liberdade de movimento dos fios.

- Independentemente do ligamento e da composição, os tecidos produzidos com poliéster de 4,4 dtex apresentam resistências ao rasgo mais elevadas comparativamente aos produzidos com poliéster de 2,4 dtex. Estes resultados mostram que existe uma forte relação entre estas propriedades mecânicas e a resistência à rotura dos fios, uma vez que, os fios produzidos com poliéster de 4,4 dtex já apresentam resistências à rotura superiores aos fios produzidos com poliéster de 2,4 dtex, conforme se pode constatar pelo estudo feito por Monteiro (2011), nas tabelas 3.7 e 3.8 do capítulo 3. Como se disse, a justificação baseia-se na diferença de tenacidade entre as duas fibras de poliéster: 49 cN/tex e 26 cN/tex para a fibra de 4,4 dtex e 2,4 dtex, respectivamente;

Por outro lado, Hamkins et al., (1980) argumentaram que, em tecidos cuja mobilidade dos fios é elevada, o deslizamento dos próprios fios pode alterar significativamente a geometria e por consequência a resistência ao rasgo. Esta teoria é também reforçada com os resultados obtidos por Monteiro (2011), uma vez que, os melhores desempenhos relativamente a esta propriedade verificam-se nos tecidos com ligamento em sarja de 4 pesada, o qual, por ser caracterizado por alinhavos maiores, permite uma maior liberdade de movimentos dos fios e por consequência uma maior resistência ao rasgo.

#### 4.2.3.4 - Propensão à formação de borboto (PFB<sub>N</sub>)

##### 4.2.3.4.1 - Sarja de 4

Os gráficos 4.53, 4.54, 4.55 e 4.56 mostram as superfícies de resposta de PFB<sub>SARJA 4/N</sub> (grau), obtidas pela equação 4.7, que relaciona a torção do fio a um cabo (TOR1) e a composição em lã (LA), a diferentes diâmetros da fibra de lã e da fibra de poliéster.

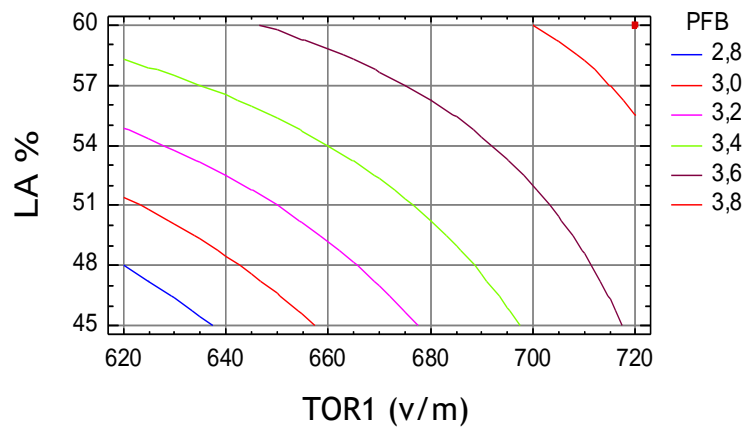


Gráfico 4.53 - Superfície de resposta de PFB<sub>SARJA 4/N</sub> (grau) em função da TOR1 e LA (DLA=21,4µm; DPL=2,49 dtex)

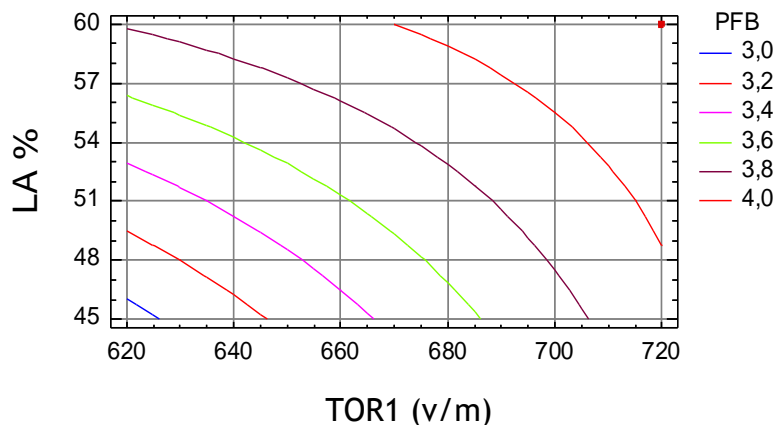


Gráfico 4.54 - Superfície de resposta de PFB<sub>SARJA 4/N</sub> (grau) em função da TOR1 e LA (DLA=21,4µm; DPL=4,4 dtex)

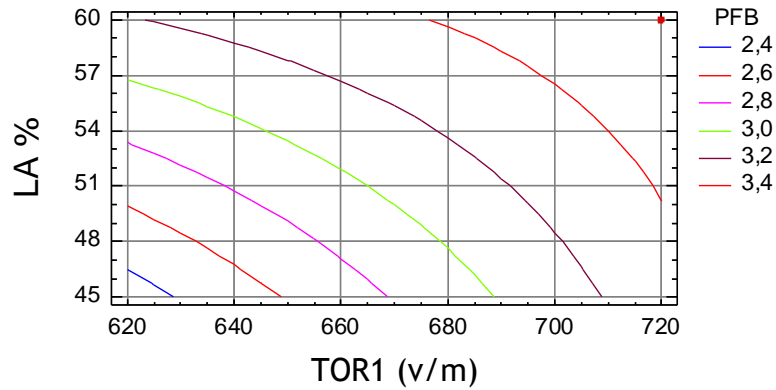


Gráfico 4.55 - Superfície de resposta de PFB SARJA 4/N (grau) em função da TOR1 e LA (DLA=24,9 $\mu$ m; DPL=2,49 dtex)

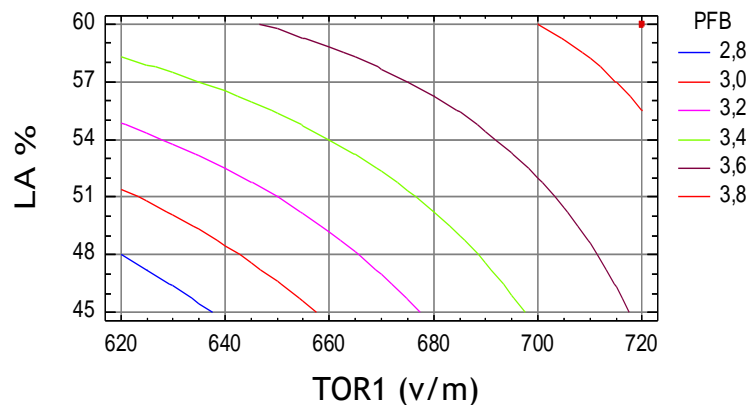


Gráfico 4.56 - Superfície de resposta de PFB SARJA 4/N (grau) em função da TOR1 e LA (DLA=24,9 $\mu$ m; DPL=4,4 dtex)

Estes gráficos mostram que a propensão à formação de borboto diminui com o aumento da torção dos fios a um cabo (TOR1), com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA), com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e aumenta com o aumento do diâmetro de fibra de lã (DLA).

#### 4.2.3.4.2 - Sarja de 3

Não é possível efectuar a modelização desta propriedade, uma vez que, não é possível identificar nenhuma variável com efeito relevante sobre a variação dos resultados da propensão à formação de borboto neste ligamento. O que se pode afirmar é que a propensão à formação de borboto do tecido sarja de 3 com acabamento Normal é grau 4.

Unicamente, o tecido obtido com o fio caracterizado por  $DLA=21,4\mu\text{m}$ ;  $DPL=4,4\text{ dtex}$ ;  $TOR1=720\text{ v/m}$  e  $LA=60\%$  apresenta um grau de propensão à formação de borboto de 4-5, resultando um valor médio de grau 4.

#### 4.2.3.4.3 - Tafetá

No gráfico 4.57 mostra-se a superfície de resposta de  $PFB_{TAFETÁ/N}$  (grau), obtida pela equação 4.22, que relaciona a torção do fio a um cabo ( $TOR1$ ) e o diâmetro da fibra de poliéster ( $DPL$ ).

Dado que o nível de significância das duas variáveis é de 0,0658, a sua influência poderia-se ignorar e atribuir a todos os tecidos uma  $PFB$  de grau 4, e não se considerar esta variável na optimização múltipla.

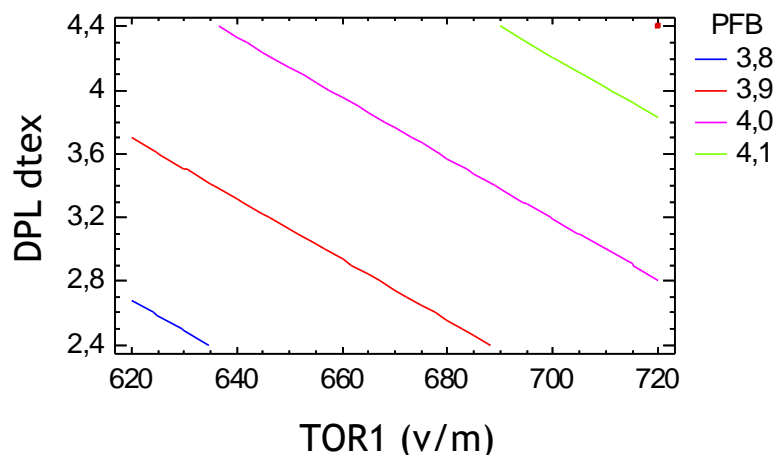


Gráfico 4.57 - Superfície de resposta de  $PFB_{TAFETÁ/N}$  (grau) em função da  $TOR1$  e do  $DPL$

Este gráfico mostra que a propensão à formação de borboto diminui com o aumento da torção do fio a um cabo ( $TOR1$ ) e com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster ( $DPL$ ).

#### 4.2.3.4.4 - Explicações científicas e tecnológicas

A análise e interpretação dos gráficos de superfície de resposta da propensão à formação de borboto permite-nos chegar aos seguintes resultados:

- No ligamento em sarja de 4 pesada, os tecidos 60% lã/40% poliéster, apresentam na generalidade melhores desempenhos quanto à propensão à formação de borboto do que os tecidos 55% poliéster/45% lã, qualquer que seja a fibra de poliéster utilizada. Estes resultados estão associados à maior percentagem de lã na mistura e estão de acordo com

Gentis e Mead (1959) em que referiram que a reduzida tendência à formação de borboto da fibra de lã, explica-se em consequência da sua baixa tenacidade, o que permite a rotura das fibras, evitando deste modo, a sua migração para a superfície dos tecidos;

- No ligamento em sarja de 4, e independentemente da composição, os tecidos produzidos com os fios com torções mais elevadas apresentam melhores resultados de pilling, atingindo mesmo nalgumas situações diferenças entre o grau 2-3 e o grau 4. Estes resultados corroboram o estudo realizado por Greaves, et al., (1981) em tecidos em sarja de 4 neutra de lã e lã/poliéster, onde concluíram que o aumento da torção nos fios a um cabo melhora o comportamento à formação de borbotos.

Por outro lado, e apesar de existirem diferenças significativas de tenacidade entre as fibras de poliéster utilizadas, constata-se que esta característica das fibras revela pouca influência na propensão à formação de borboto dos tecidos estudados;

- Nos ligamentos em sarja de 3 pesada e tafetá não se encontraram diferenças significativas na propensão à formação de borboto entre os tecidos 55% poliéster/45% lã e os tecidos 60% lã/40% poliéster. Por outro lado, e independentemente da composição, os tecidos produzidos com fios com mais torção também não revelaram melhores comportamentos comparativamente aos tecidos produzidos com fios com menos torção. Por último, os resultados encontrados também não revelaram quaisquer diferenças entre os tecidos produzidos com poliéster de maior tenacidade (49 cN/tex) e os tecidos produzidos com poliéster de menor tenacidade (26 cN/tex);

- Da análise conjunta do desempenho dos tecidos, no que diz respeito a esta propriedade de superfície, constata-se que quanto maior for o alinhavo maior é a propensão à formação de borboto, o que comprova a conclusão do estudo realizado por Naik e López-Amo (1982). No caso da sarja de 4 pesada, torna-se importante salientar que devido à elevada mobilidade dos fios, o alinhavo de 3 à teia é o principal responsável pelos baixos graus de pilling obtidos. Nestes casos, os resultados indicam claramente, que, caso seja imprescindível a obtenção de graus de pilling mais elevados, é necessário trabalhar com fios com coeficientes de torção superiores ao da torção crítica, sabendo-se, porém, que a resistência à rotura por tracção e a resistência ao rasgo vão baixar.

#### 4.2.3.5 - Resistência à abrasão ( $RA_N$ )

##### 4.2.3.5.1 - Sarja de 4

O gráfico 4.58 mostra a superfície de resposta de  $RA/1000_{SARJA\ 4/N}$  (rev./1000), obtidos pela equação 4.8, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

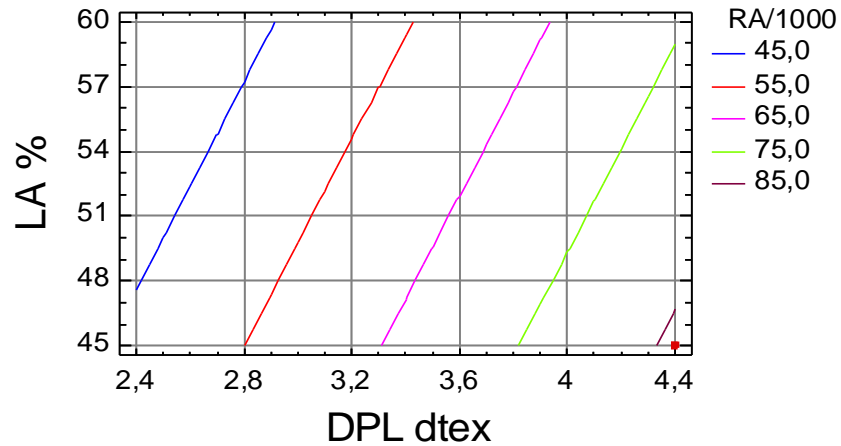


Gráfico 4.58 - Superfície de resposta de RA/1000 SARJA 4/N (rev./1000) em função do DPL e LA.

Este gráfico mostra que a resistência à abrasão aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

#### 4.2.3.5.2 - Sarja de 3

O gráfico 4.59 mostra a superfície de resposta de RA SARJA 3/N (rev./1000), obtidos pela equação 4.15, que relaciona o diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

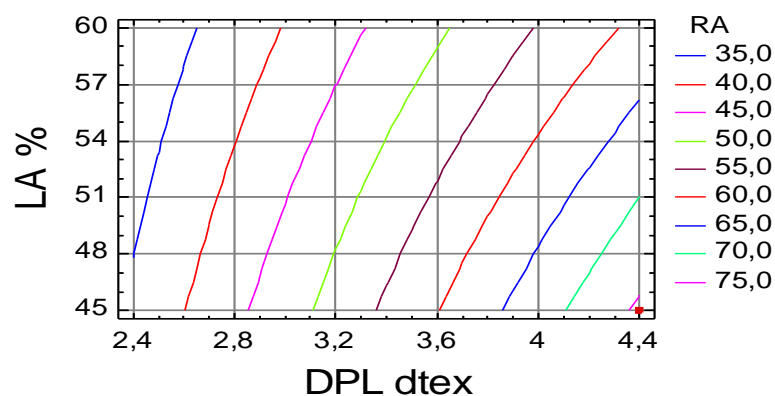


Gráfico 4.59 - Superfície de resposta de RA SARJA 3/N (rev./1000) em função do DPL e LA.

Este gráfico mostra que a resistência à abrasão aumenta com o aumento do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

#### 4.2.3.5.3 - Tafetá

O gráfico 4.60 mostra a superfície de resposta de  $RA/1000_{TAFETÁ/N}$  (rev./1000), obtidos pela equação 4.23, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

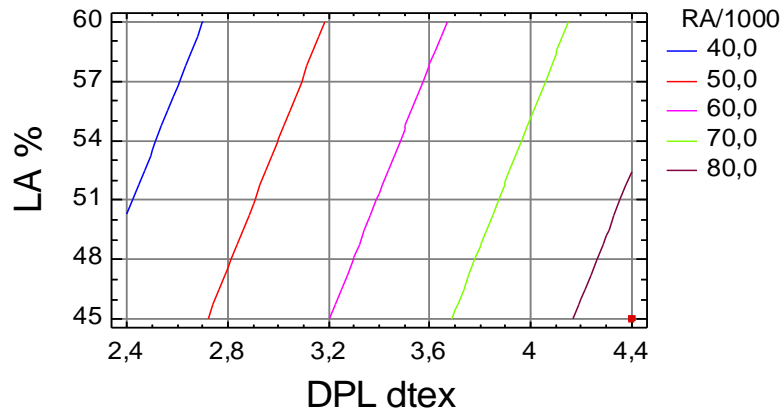


Gráfico 4.60 - Superfície de resposta de  $RA/1000_{TAFETÁ/N}$  (rev./1000) em função do DPL e LA.

Este gráfico mostra que a resistência à abrasão aumenta com o diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e diminui com o aumento da percentagem de lã na mistura (LA).

#### 4.2.3.5.4 - Explicações científicas e tecnológicas

A análise e interpretação dos gráficos de superfície de resposta da resistência à abrasão permitem-nos chegar aos seguintes resultados:

- Independentemente do ligamento, os tecidos 55% poliéster/45% lã, apresentam valores superiores aos tecidos 60% lã/40% poliéster. Estes resultados devem-se à maior representatividade das fibras de poliéster na mistura e à maior resistência destas fibras comparativamente à das fibras de lã;
- Independentemente do ligamento, os valores da resistência à abrasão dos tecidos produzidos com poliéster de 4,4 dtex praticamente duplicam comparativamente aos valores dos tecidos produzidos com poliéster de 2,4 dtex, o que demonstra claramente a influência do diâmetro da fibra nesta propriedade. Estes resultados vêm corroborar o estudo realizado por Annis et al., (1992) que revelou, que os tecidos produzidos com fibras de poliéster de 1,2 dtex têm piores resistências à abrasão do que os tecidos produzidos com fibras de poliéster de 1,5 dtex;

- Nos tecidos 55% poliéster/45% lã, o ligamento que permite melhor desempenho é a sarja de 4 pesada, seguida do tafetá e por último a sarja de 3 pesada. Este comportamento dos tecidos verifica-se, quer se utilize poliéster de 4,4 dtex, quer de 2,4 dtex;

- Nos tecidos 60% lã/40% poliéster, produzidos com poliéster de 2,4 dtex, os três ligamentos apresentam uma gama de valores muito similares. Contudo, verifica-se, também uma tendência para a sarja de 3 pesada apresentar piores desempenhos;

- Nos tecidos 60% lã/40% poliéster, produzidos com poliéster de 4,4 dtex, quer a sarja de 4 pesada, quer o tafetá, apresentam, em termos médios, comportamento idêntico. Quanto à sarja de 3 pesada, verifica-se que o seu desempenho é inferior ao dos outros dois ligamentos;

Estas três últimas constatações mostram que a sarja de 3 pesada é o ligamento que apresenta resistências à abrasão mais baixas comparativamente ao tafetá e à sarja de 4 pesada. Contudo, não foi possível encontrar qualquer justificação científica e/ou tecnológica para estas diferenças de comportamento dos tecidos.

Vários estudos têm mostrado que o aumento do diâmetro da fibra e o aumento do número de fios e de passagens provoca o aumento da resistência à abrasão. O efeito destas propriedades estruturais na resistência à abrasão nem sempre tem sido claro pois, alguns estudos têm apresentado resultados contraditórios. A resistência à abrasão pode ser uma das propriedades que seja afectada por várias características de uma forma interactiva (Annis et al., 1992). De facto, os resultados encontrados por Monteiro (2011) mostram inequivocamente a relação desta propriedade com o diâmetro da fibra de poliéster mas não confirmam o aumento da resistência à abrasão com o aumento do número de fios e de passagens, uma vez que a sarja de 3 pesada é constituída por um maior número de fios e passagens do que o tafetá e apresenta valores de resistência à abrasão inferiores.

Nesta complexa interacção de variáveis, as diferenças de resistência à abrasão dos tecidos, em função do ligamento poderão eventualmente explicar-se da seguinte forma:

Os tecidos com alinhavos maiores permitem uma maior mobilidade dos fios, pelo que a probabilidade do tecido abrasivo degradar sempre as mesmas fibras que constituem os fios será significativamente inferior do que em tecidos com alinhavos mais pequenos em que a posição dos fios se mantém praticamente inalterada, o que significa que será bastante mais rápido chegar à rotura total dos fios em tecidos com alinhavos menores. Assim, e partindo deste pressuposto, o tafetá será o ligamento que apresenta piores desempenhos e a sarja de 4 pesada será a que apresenta melhores desempenhos, situando-se a sarja de 3 pesada num nível intermédio, ou seja, quanto maior for o tamanho do alinhavo maior será a resistência à abrasão dos tecidos.

De facto, os resultados do estudo realizado por Monteiro (2011), não validaram integralmente esta teoria, uma vez que, para além do diâmetro da fibra de poliéster e do tamanho do alinhavo existiram outras variáveis que condicionam a resistência à abrasão dos tecidos.

- Independentemente do ligamento e da composição, os resultados obtidos entre os tecidos produzidos, quer com fios com torções mais elevadas, quer com fios com torções mais baixas, mostram que na maioria dos casos, existe uma tendência para piores desempenhos dos tecidos produzidos com fios com torções mais elevadas, o que vem confirmar os estudos efectuados por (Almetwally e Salem, 2010; Sulzer, 2001).

## 4.3 - Tecidos com tratamentos especiais, (TIRR), (TIRA) e (TLS)

### 4.3.1 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície

Nas tabelas 4.7, 4.8 e 4.9 são apresentados os resultados dos tecidos, após tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR).

Tabela 4.7 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 4 pesada, após tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR).

Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)	
	(N)	(N)	(%)	(%)	(N)	(N)			
	Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama			
55% poliéster / 45% lã	A	1000	750	41,0	31,0	73	61	Grau 3	57500
	B	1000	750	44,0	33,0	69	59	Grau 4-5	53000
	C	1000	710	41,0	32,0	62	52	Grau 2-3	59000
	D	1000	720	42,5	33,5	64	50	Grau 3	57200
	E	1300	930	47,5	33,0	99	78	Grau 3	96000
	F	1300	950	50,0	35,0	86	72	Grau 4	97000
	G	1300	940	48,0	32,0	81	69	Grau 3	98000
	H	1300	920	51,0	34,0	89	71	Grau 3-4	98000
60% lã / 40% poliéster	I	910	600	42,0	30,0	63	50	Grau 3-4	40000
	J	900	620	43,5	32,0	59	49	Grau 4	41000
	K	840	620	40,0	30,5	46	43	Grau 3-4	38000
	L	900	630	41,5	32,0	46	39	Grau 3-4	39600
	M	1000	740	46,0	29,5	73	63	Grau 3-4	78000
	N	1000	730	46,0	31,0	67	59	Grau 4	89000
	O	1100	820	46,5	31,5	69	59	Grau 3-4	93000
	P	1000	780	47,5	32,0	64	55	Grau 4	87000

Tabela 4.8 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 3 pesada, após o tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR)

	Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)
		(N)		(%)		(N)			
		Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama		
55% poliéster / 45% lã	A	950	700	39,0	31,0	66	59	Grau 4	41000
	B	960	710	39,5	33,0	66	55	Grau 4	41000
	C	950	690	38,0	33,5	59	51	Grau 4	46000
	D	940	670	39,5	34,0	58	47	Grau 4	44000
	E	1200	880	47,0	35,0	89	71	Grau 4	81400
	F	1200	890	49,0	36,0	82	68	Grau 4	83000
	G	1200	910	45,5	34,0	79	65	Grau 4	80600
	H	1200	870	50,0	35,0	74	62	Grau 4	90000
60% lã / 40% poliéster	I	830	620	39,0	32,0	54	49	Grau 4	38000
	J	840	630	40,0	33,5	53	45	Grau 4	34000
	K	850	630	36,5	30,0	43	34	Grau 4	37000
	L	810	620	38,5	33,0	45	35	Grau 4	35000
	M	970	740	42,0	31,0	63	47	Grau 4-5	70000
	N	950	730	42,0	32,0	62	48	Grau 4-5	66000
	O	1000	790	43,0	31,0	60	44	Grau 4	71000
	P	1000	760	43,5	32,5	54	40	Grau 4	67000

Tabela 4.9 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em tafetá, após o tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR)

	Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)
		(N)		(%)		(N)			
		Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama		
55% poliéster / 45% lã	A	660	590	35,0	38,0	64	52	Grau 3-4	57700
	B	640	570	36,5	38,0	50	49	Grau 4	53600
	C	670	610	35,0	37,0	58	51	Grau 4	50700
	D	620	570	36,5	40,0	52	45	Grau 4	55200
	E	800	800	39,5	39,0	73	64	Grau 4	90200
	F	830	770	42,0	41,0	69	65	Grau 4-5	91500
	G	810	760	41,0	39,0	64	60	Grau 4	96000
	H	810	760	41,0	41,5	65	57	Grau 4	95500
60% lã / 40% poliéster	I	570	540	34,0	38,0	50	46	Grau 4	38000
	J	560	520	36,5	38,0	48	44	Grau 4	37000
	K	560	510	34,0	34,5	40	37	Grau 3-4	49700
	L	540	500	34,0	37,0	35	31	Grau 4	39000
	M	630	650	39,0	36,0	47	43	Grau 4-5	83000
	N	640	640	40,0	38,0	49	44	Grau 4	83000
	O	700	670	38,0	37,0	43	40	Grau 4	80000
	P	680	670	40,0	38,0	44	41	Grau 4	86000

Nas tabelas 4.10, 4.11 e 4.12 são apresentados os resultados dos tecidos, após tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA).

Tabela 4.10 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 4 pesada, após tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA)

Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)	
	(N)	(N)	(%)	(%)	(N)	(N)			
	Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama			
55% poliéster / 45% lã	A	1100	780	42,5	31,5	42	37	Grau 3-4	58000
	B	1100	770	46,5	32,5	43	35	Grau 4	57600
	C	1000	770	43,0	33,0	36	31	Grau 2-3	57000
	D	1000	740	44,5	34,0	35	31	Grau 3	60000
	E	1300	980	50,0	34,0	58	49	Grau 3-4	95000
	F	1300	990	54,5	36,0	54	45	Grau 4	94000
	G	1300	960	50,0	33,0	48	45	Grau 4	99000
	H	1300	920	55,0	34,0	50	41	Grau 4	98000
60% lã / 40% poliéster	I	910	650	45,0	30,0	35	34	Grau 4	43000
	J	880	660	44,5	31,5	37	30	Grau 4	44000
	K	880	660	43,0	32,0	28	27	Grau 4	38000
	L	860	650	44,0	33,0	32	27	Grau 4	41000
	M	940	800	48,0	31,0	49	41	Grau 4	77000
	N	1000	750	48,0	32,0	49	38	Grau 4	89000
	O	1100	830	48,0	32,0	47	36	Grau 3-4	92000
	P	1100	810	49,5	32,0	45	35	Grau 4	87000

Tabela 4.11 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 3 pesada, após o tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA)

Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)	
	(N)	(N)	(%)	(%)	(N)	(N)			
	Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama			
55% poliéster / 45% lã	A	980	720	41,0	32,0	41	36	Grau 4	43200
	B	980	720	43,0	32,0	37	32	Grau 4	41300
	C	970	710	40,0	33,0	36	31	Grau 4	48000
	D	970	690	42,0	35,0	43	28	Grau 4	46400
	E	1300	910	49,0	36,0	54	44	Grau 4	81400
	F	1300	920	51,0	36,0	49	42	Grau 4	85100
	G	1300	930	48,0	34,5	46	39	Grau 4	81700
	H	1300	870	53,0	36,0	46	37	Grau 4	93400
60% lã / 40% poliéster	I	840	650	42,0	32,0	36	30	Grau 4	40000
	J	830	650	43,0	35,0	35	28	Grau 4-5	36000
	K	840	650	39,0	32,0	28	22	Grau 4	38000
	L	850	630	40,0	33,5	28	21	Grau 4	37000
	M	980	770	44,0	31,5	40	30	Grau 4	72000
	N	920	760	45,5	33,0	37	29	Grau 4-5	71000
	O	1000	830	46,0	32,5	39	28	Grau 4	72000
	P	1000	800	47,5	34,5	37	26	Grau 4	71000

Tabela 4.12 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em tafetá, após o tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA)

	Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)
		(N)		(%)		(N)			
		Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama		
55% poliéster / 45% lã	A	660	640	37,0	39,5	40	36	Grau 4	54400
	B	660	620	40,0	39,5	32	31	Grau 4	52700
	C	670	620	37,0	38,0	34	30	Grau 4	54300
	D	630	610	39,0	41,0	32	27	Grau 4	58000
	E	800	850	43,0	40,5	46	41	Grau 4	94300
	F	810	820	45,0	42,5	46	41	Grau 4-5	96500
	G	810	820	44,0	39,5	41	39	Grau 4	97700
	H	810	810	45,0	42,0	41	36	Grau 4	94600
60% lã / 40% poliéster	I	580	560	36,0	38,5	28	24	Grau 4	37000
	J	560	550	40,0	39,5	24	20	Grau 4-5	40700
	K	550	520	35,5	36,5	22	19	Grau 4	46000
	L	550	520	37,0	37,0	21	18	Grau 4	44000
	M	660	690	41,5	36,5	31	29	Grau 4-5	83000
	N	640	670	41,5	38,0	31	27	Grau 4-5	92000
	O	700	710	41,0	37,5	29	24	Grau 4	84000
	P	690	700	42,0	39,5	27	24	Grau 4	88000

Nas tabelas 4.13, 4.14 e 4.15 são apresentados os resultados dos tecidos, após tratamento de limpeza a seco (TLS).

Tabela 4.13 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 4 pesada, após tratamento de limpeza a seco (TLS)

	Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)
		(N)		(%)		(N)			
		Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama		
55% poliéster / 45% lã	A	1100	740	41,0	31,0	43	38	Grau 2-3	48000
	B	1100	760	45,0	32,5	41	36	Grau 4	45000
	C	1100	720	41,5	33,0	40	31	Grau 2	53000
	D	1100	720	43,0	34,5	37	31	Grau 3	55000
	E	1400	970	48,0	35,0	58	49	Grau 3	81000
	F	1400	970	51,5	36,0	52	46	Grau 4	80000
	G	1400	960	48,0	33,0	49	42	Grau 3	85000
	H	1400	900	51,5	34,0	53	43	Grau 4	82000
60% lã / 40% poliéster	I	960	620	43,5	31,0	41	32	Grau 3-4	38000
	J	940	610	44,5	32,0	37	30	Grau 4	35000
	K	940	640	40,5	29,5	29	28	Grau 3-4	35000
	L	920	630	42,0	31,0	30	31	Grau 3-4	33000
	M	1100	770	46,0	30,0	45	39	Grau 3-4	67000
	N	1100	760	46,5	30,0	46	36	Grau 4	77000
	O	1100	810	47,0	31,0	43	35	Grau 3-4	85000
	P	1100	800	48,0	33,0	41	34	Grau 4	78000

Tabela 4.14 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em sarja de 3 pesada, após o tratamento de limpeza a seco (TLS)

	Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)
		(N)		(%)		(N)			
		Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama		
55% poliéster / 45% lã	A	1000	730	39,0	31,0	38	36	Grau 4	36000
	B	990	720	39,0	33,0	37	34	Grau 4	34000
	C	990	710	37,5	33,5	37	30	Grau 4	41500
	D	970	680	39,0	34,0	35	27	Grau 4	40000
	E	1300	930	47,0	35,5	54	42	Grau 4	72500
	F	1300	940	49,0	36,5	49	42	Grau 4	72000
	G	1200	940	45,5	34,0	47	39	Grau 4	73000
	H	1200	900	49,5	35,0	46	37	Grau 4	81000
60% lã / 40% poliéster	I	870	600	40,0	32,0	37	31	Grau 4	34000
	J	870	640	41,5	32,0	36	30	Grau 4	28000
	K	900	630	37,0	29,5	28	22	Grau 4	34000
	L	860	600	39,0	32,0	28	20	Grau 4	30000
	M	1100	750	43,0	29,5	50	33	Grau 4	59000
	N	1000	720	42,5	30,0	41	32	Grau 4-5	62000
	O	1100	800	43,5	29,5	40	30	Grau 4	64000
	P	1100	780	45,0	32,0	33	26	Grau 4	62000

Tabela 4.15 - Resultados das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos em tafetá, após o tratamento de limpeza a seco (TLS)

	Referência do fio	Resistência à rotura por tracção (FRT)		Alongamento à rotura por tracção (ART)		Resistência ao rasgo (RR)		Propensão à formação de borboto (PFB)	Resistência à abrasão (RA) (ciclos)
		(N)		(%)		(N)			
		Teia	Trama	Teia	Trama	Teia	Trama		
55% poliéster / 45% lã	A	690	620	34,5	38,0	37	34	Grau 3-4	46500
	B	690	620	36,5	38,0	31	31	Grau 4	43000
	C	700	640	35,0	36,5	36	32	Grau 4	43500
	D	650	600	36,0	40,0	32	27	Grau 4	45800
	E	850	820	39,5	39,0	49	39	Grau 4	83000
	F	860	800	41,5	40,5	45	39	Grau 4-5	83500
	G	850	810	41,0	39,0	40	38	Grau 4	83000
	H	840	800	41,0	41,0	39	37	Grau 4	83000
60% lã / 40% poliéster	I	590	560	34,0	38,0	41	30	Grau 4	34000
	J	570	540	36,0	39,0	39	29	Grau 4	31000
	K	570	520	33,5	37,0	22	21	Grau 3-4	39000
	L	570	510	33,5	37,5	23	20	Grau 4	37000
	M	700	680	39,0	37,0	34	32	Grau 4	74000
	N	680	680	40,0	38,5	32	30	Grau 4	77000
	O	740	700	39,5	38,0	28	28	Grau 4	74000
	P	700	690	40,0	40,0	28	26	Grau 4	79000

### 4.3.2 - Tratamento estatístico de dados dos tecidos com tratamentos especiais, (TIRR), (TIRA) e (TLS)

Através do tratamento estatístico dos dados, e aplicando a técnica da análise de regressão, (Draper e Smith, 1981) pretende-se encontrar o melhor modelo que relacione as respostas (propriedades) com as variáveis (características) para simular, na fase de projecto dos tecidos, a solução optimizada. O modelo refinou-se aplicando a técnica de análise de variância para eliminar termos não significativos

#### 4.3.2.1- Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após tratamento para incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).

##### 4.3.2.1.1 - Resistência à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.1.1.

A equação de regressão 4.24 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=95,21\%$ .

$$FRTB_{SARJA\ 4/TIRR} (N) = 541,23 + 359,948*DPL + 2,7836*LA - 4,7993*DPL*LA \quad (4.24)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTB_{SARJA\ 4/TIRR}$ , apresenta um valor óptimo de 1300,0 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.61 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 4/TIRR} (N)$ , obtidos pela equação 4.24, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

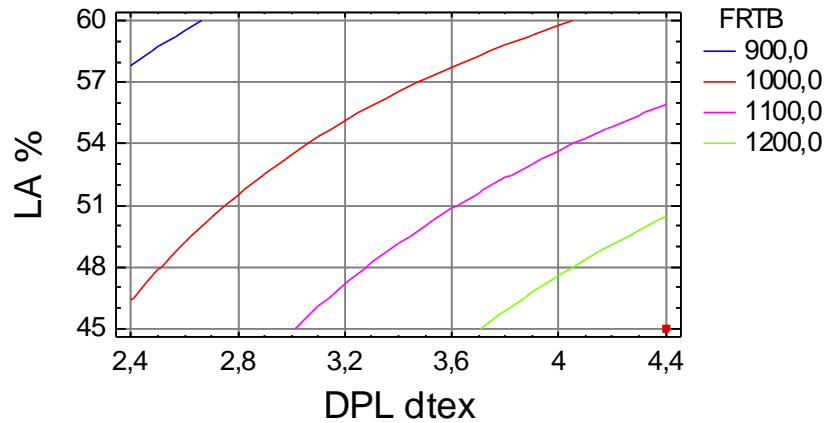


Gráfico 4.61 - Superfície de resposta de FRTB SARJA 4/TIRR (N) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à teia (FRTB) explicam-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.1.2 - Resistência à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.1.2.

A equação de regressão 4.25 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,20\%$ .

$$\begin{aligned} \text{FRTT}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\text{N}) = & 2444,55 - 79,325 \cdot \text{DLA} + 58,62 \cdot \text{DPL} - 30,6634 \cdot \text{LA} \\ & + 5,60957 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} + 1,19048 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 1,83246 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.25)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 4/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo de 936,9 N, para  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.62 e 4.63 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\text{N})$ , obtidas pela equação 4.25, que relaciona o diâmetro do poliéster e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

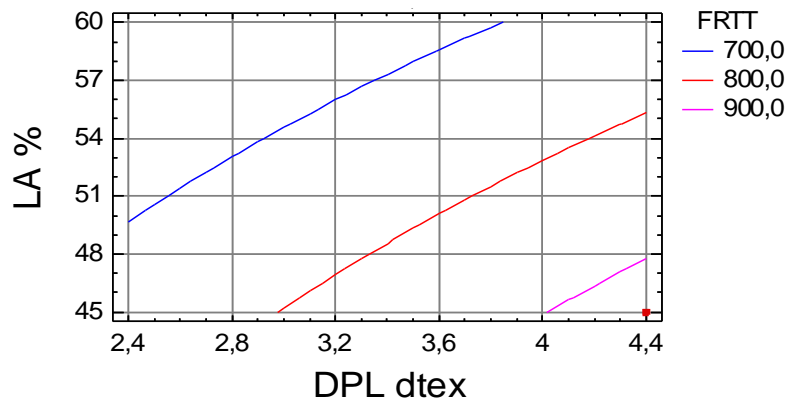


Gráfico 4.62 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 4 / TIRR (N) em função do DPL e LA (DLA=21,4µm)

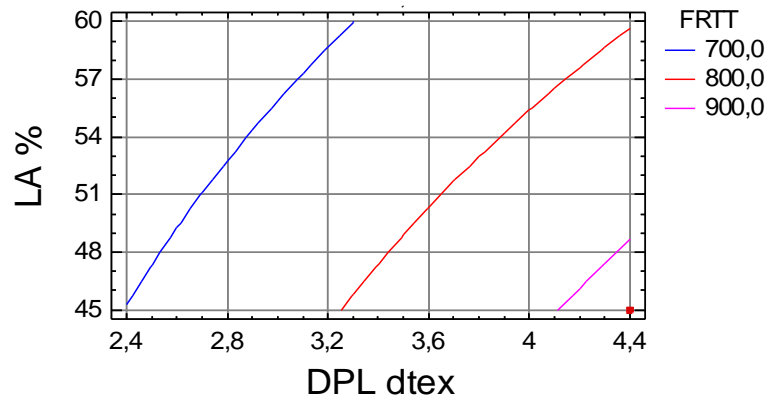


Gráfico 4.63 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 4 / TIRR (N) em função do DPL e LA (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à trama (FRTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.1.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.1.3.

A equação de regressão 4.26 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,38\%$ .

$$\text{ARTB}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\%) = 42,0956 + 0,0175 \cdot \text{TOR1} - 1,23093 \cdot \text{DLA} - 0,592745 \cdot \text{DPL} + 0,17055 \cdot \text{LA} + 0,336574 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} - 0,078534 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.26)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 4/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo de 50,4%, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$ ,  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.64, 4.65, 4.66 e 4.67 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\%)$ , obtidas pela equação 4.26, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

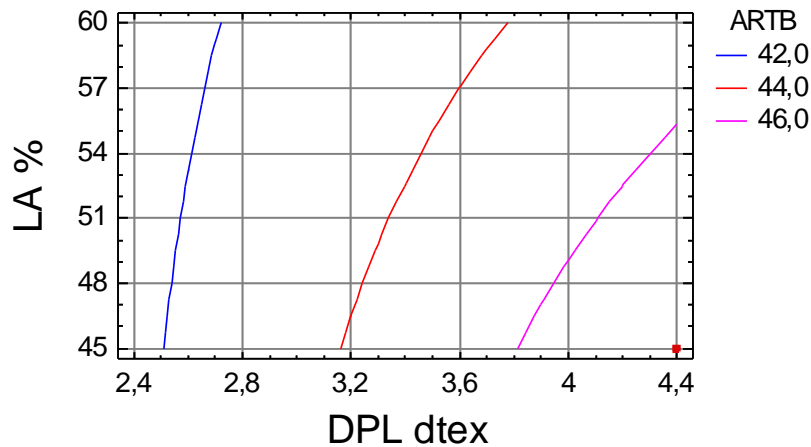


Gráfico 4.64 - Superfície de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\%)$  em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ;  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

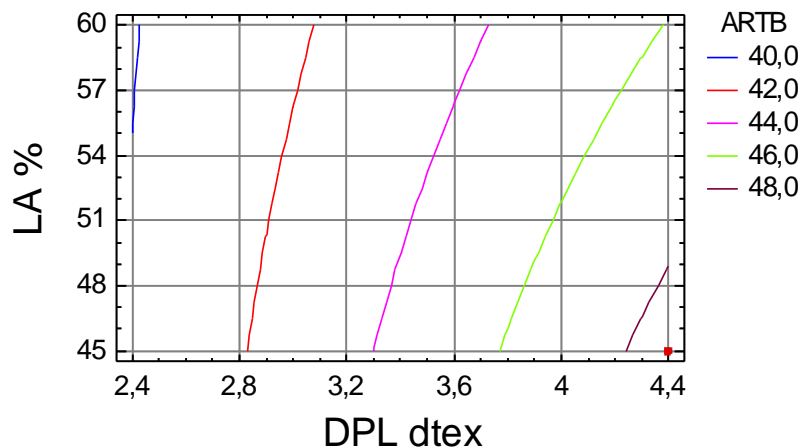


Gráfico 4.65 - Superfície de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\%)$  em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ;  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ )

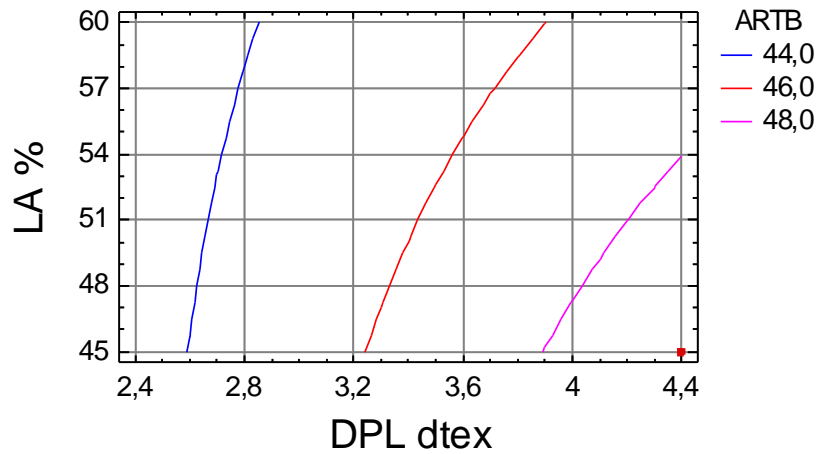


Gráfico 4.66 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 4/TIRR (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

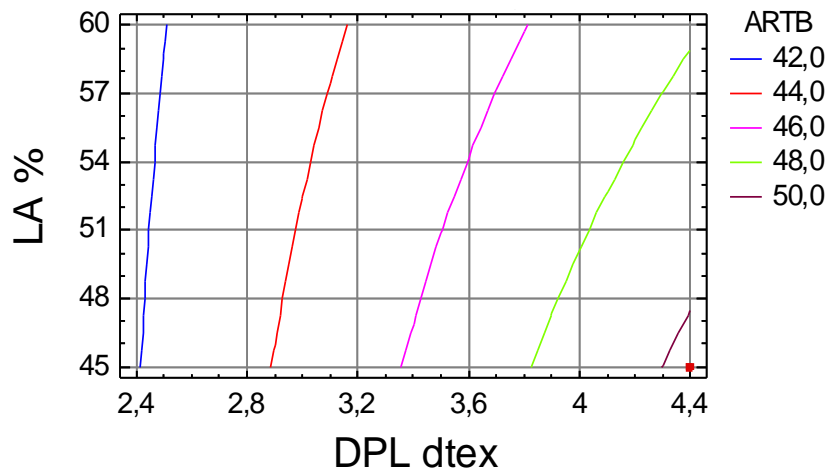


Gráfico 4.67 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 4/TIRR (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.1.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.1.4.

A equação de regressão 4.27 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=74,57\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\%) = 28,3438 + 0,015625 \cdot \text{TOR1} - 0,129167 \cdot \text{LA} \quad (4.27)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 33,7%, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

No gráfico 4.68 mostra-se a superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\%)$ , obtida pela equação 4.27 que relaciona a torção do fio a um cabo e a composição em lã (LA).

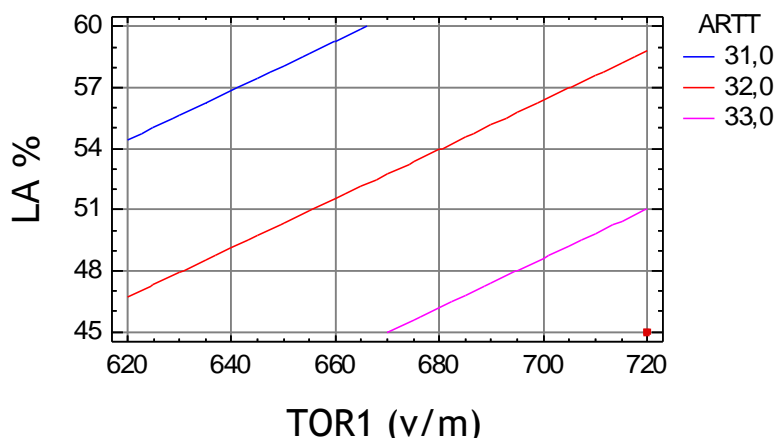


Gráfico 4.68 - Superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\%)$ , em função da TOR1 e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.1.5 - Resistência ao rasgo à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.1.5.

A equação de regressão 4.28 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=90,77\%$ .

$$RRB_{SARJA\ 4/TIRR} (N) = 152,18 - 2,42857*DLA + 9,55497*DPL - 1,13333*LA \quad (4.28)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRB_{SARJA\ 4/TIRR}$ , apresenta um valor óptimo de 91,3 N, para  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4\ dtex$  e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.69 e 4.70 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRB_{SARJA\ 4/TIRR} (N)$ , obtidas pela equação 4.28, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

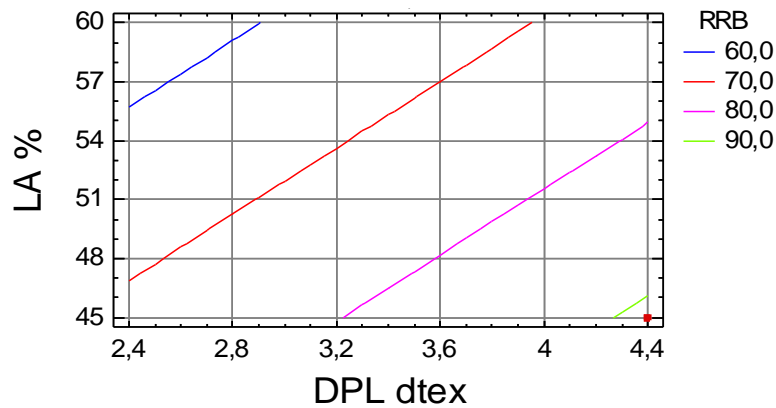


Gráfico 4.69 - Superfície de resposta de  $RRB_{SARJA\ 4/TIRR} (N)$  em função do DPL e LA. (DLA=21,4µm)

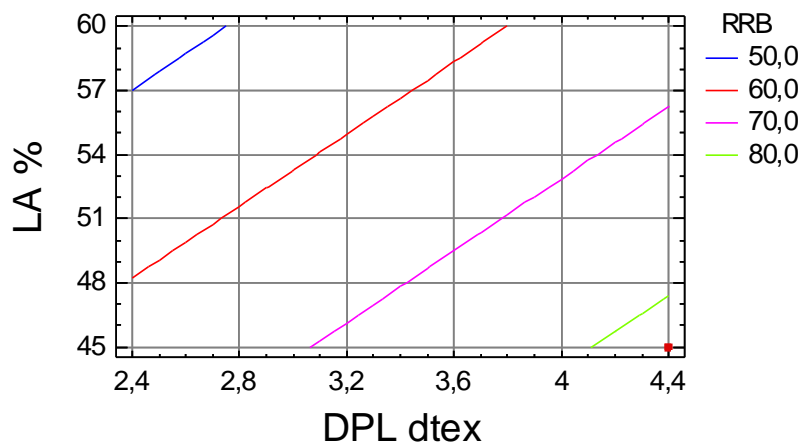


Gráfico 4.70 - Superfície de resposta de  $RRB_{SARJA\ 4/TIRR} (N)$  em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência ao rasgo à teia (RRB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.1.6 - Resistência ao rasgo à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.1.6.

A equação de regressão 4.29 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,18\%$ .

$$RRT_{\text{SARJA 4/TIRR}} (N) = 184,003 - 0,02625 \cdot \text{TOR1} - 4,08302 \cdot \text{DLA} - 6,66791 \cdot \text{DPL} - 0,791667 \cdot \text{LA} + 0,635752 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} \quad (4.29)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{\text{SARJA 4/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo de 75,3 N, para  $\text{TOR1}=620$  v/m,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.71, 4.72, 4.73 e 4.74 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRT_{\text{SARJA 4/TIRR}} (N)$ , obtidas pela equação 4.29, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

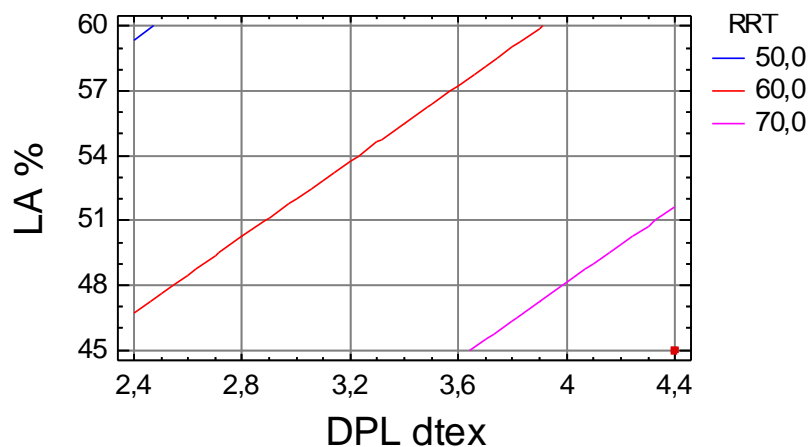


Gráfico 4.71 - Superfície de resposta de  $RRT_{\text{SARJA 4/TIRR}} (N)$  em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620$  v/m;  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

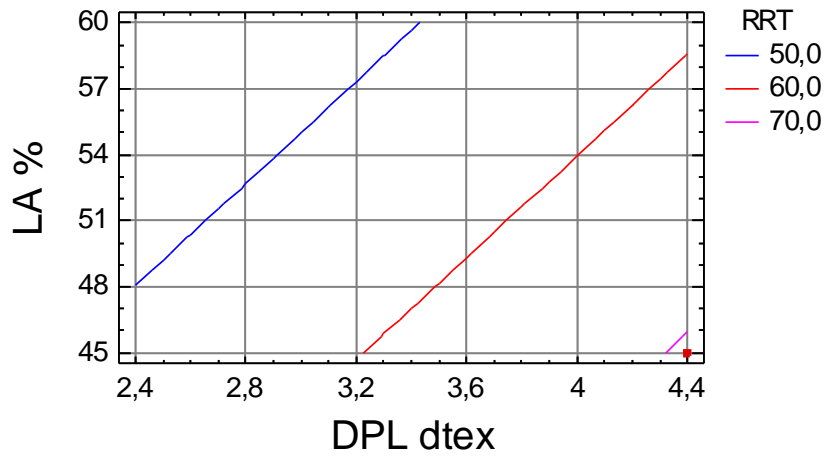


Gráfico 4.72 - Superfície de resposta de RRT SARJA 4/TIRR (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

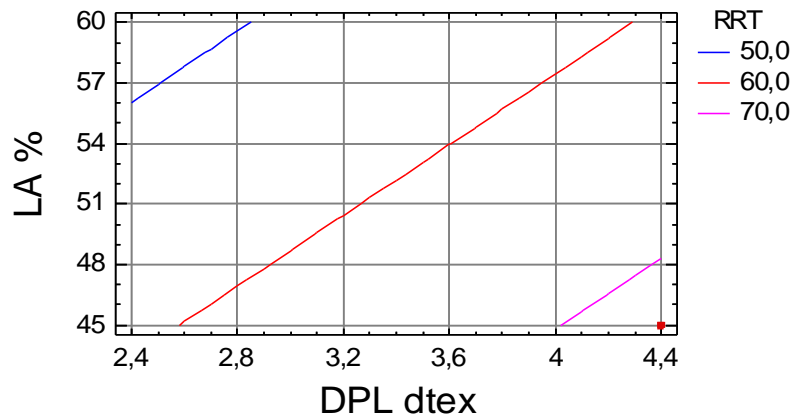


Gráfico 4.73 - Superfície de resposta de RRT SARJA 4/TIRR (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

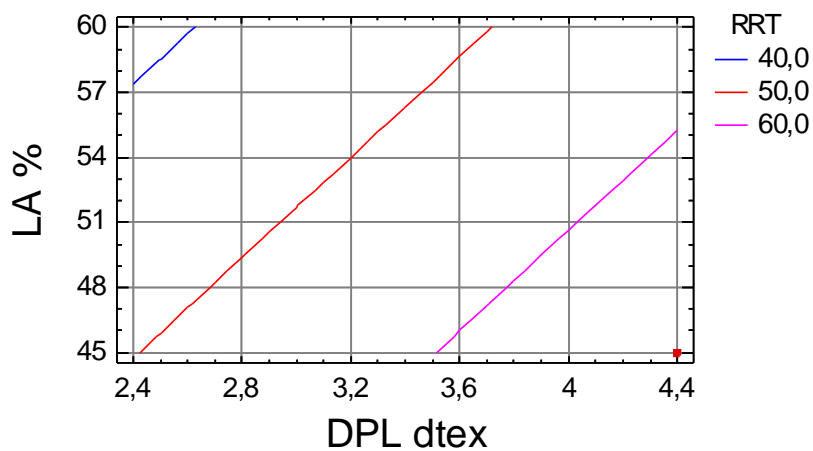


Gráfico 4.74 - Superfície de resposta de RRT SARJA 4/TIRR (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência ao rasgo à trama (RRT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.1.7 - Propensão à formação de borboto

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.1.7.

A equação de regressão 4.30 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=93,75\%$ .

$$\begin{aligned} \text{PFB}_{\text{SARJA 4/TIRR}} (\text{Grau}) = & -16,088 + 0,0568214 \cdot \text{TOR1} + 0,0923336 \cdot \text{DLA} - 1,66604 \cdot \text{DPL} \\ & + 0,0278571 \cdot \text{LA} - 0,00142857 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DLA} - 0,000333333 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{LA} \\ & + 0,0747943 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} + 0,00952381 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.30)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{PFB}_{\text{SARJA 4/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo entre o grau 4 e 4-5, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=2,49$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.75, 4.76, 4.77 e 4.78 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{PFB}_{\text{SARJA 4/TIRR}}$  (grau), obtidas pela equação 4.30, que relaciona a torção do fio a um cabo (TOR1) e o diâmetro da fibra de lã (DLA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de poliéster e da composição em lã (LA).

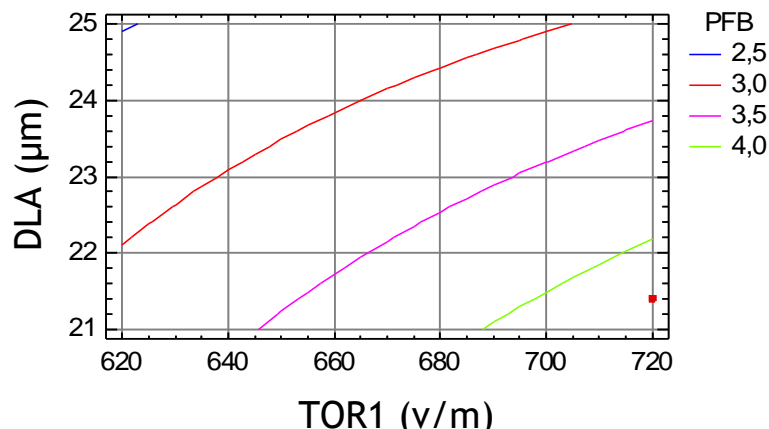


Gráfico 4.75 - Superfície de resposta de  $\text{PFB}_{\text{SARJA 4/TIRR}}$  (grau) em função de TOR1 e DLA (DPL=2,49 dtex; LA=45%)

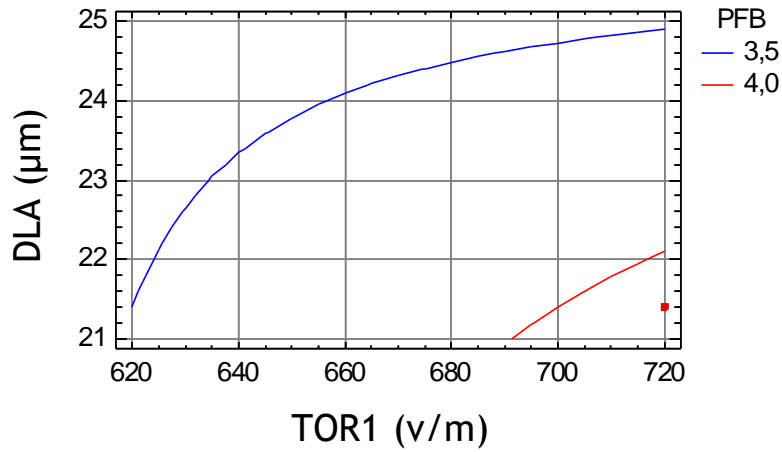


Gráfico 4.76 - Superfície de resposta de PFB SARJA 4/TIRR (grau) em função de TOR1 e DLA (DPL=2,49 dtex; LA=60%)

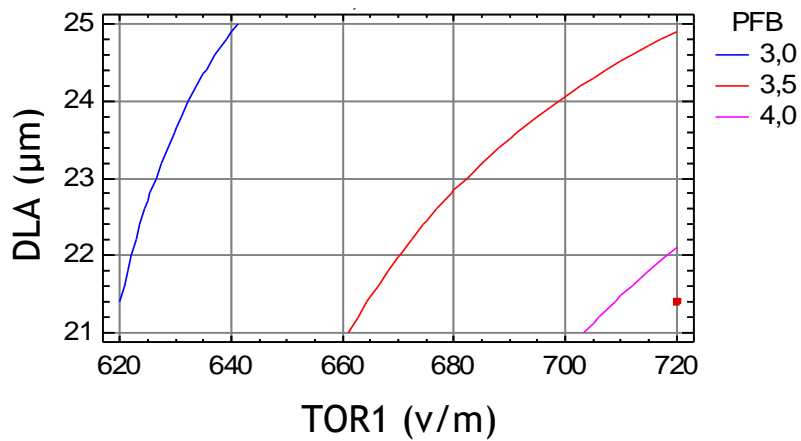


Gráfico 4.77 - Superfície de resposta de PFB SARJA 4/TIRR (grau) em função do TOR1 e DLA (DPL=4,4 dtex; LA=45%)

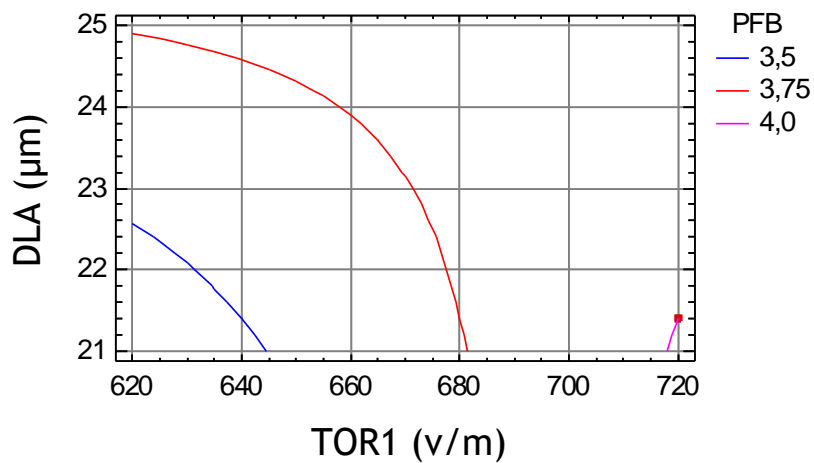


Gráfico 4.78 - Superfície de resposta de PFB SARJA 4/TIRR (grau) em função de TOR1 e DLA (DPL=4,4 dtex; LA=60%)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da propensão à formação de borboto (PFB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.248 do ponto 4.3.3.2.4.

#### 4.3.2.1.8 - Resistência à abrasão

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.1.8.

A equação de regressão 4.31 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,29\%$ .

$$RA/1000_{SARJA4/TIRR} \text{ (revoluções/1000)} = 80,373 + 10,9948 \cdot DPL - 1,70209 \cdot LA + 0,227749 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.31)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA_{SARJA4/TIRR}$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 97,25 revoluções/1000, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.79 mostra-se a superfície de resposta de  $RA/1000_{SARJA4/TIRR}$  (rev./1000), obtidos pela equação 4.31, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

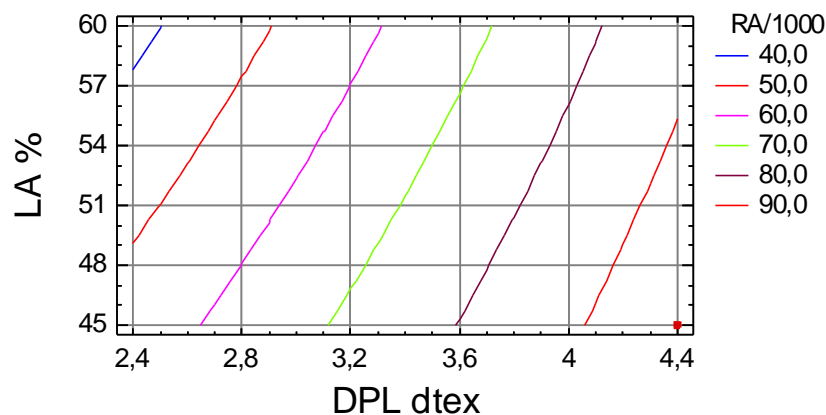


Gráfico 4.79 - Superfície de resposta de  $RA/1000_{SARJA4/TIRR}$  (rev./1000) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência à abrasão (RA) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.249 do ponto 4.3.3.2.5.

#### 4.3.2.1.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após Tratamento para Incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor ótimo de 0,9134, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 3.1.9. No mesmo, anexo, encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, donde se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $\underline{E}$  com o valor de conveniência ótima, que resultou da combinação dos factores ótimos que se apresentam na tabela 4.16.

Tabela 4.16 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.

Factor	Baixo	Alto	Ótimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=1300 N
- FRRT=936,9 N
- ARTB=49,6%
- ARTT=33,8%
- RRB=91,3 N
- RRT=72,6 N
- PFB= Grau 4
- RA/1000=97,25 Revoluções/1000

No gráfico 4.80, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm) e (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm) mostram que a a torção do fio a um cabo tem mais relevância do que o diâmetro da fibra de lã (DLA).

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.80 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

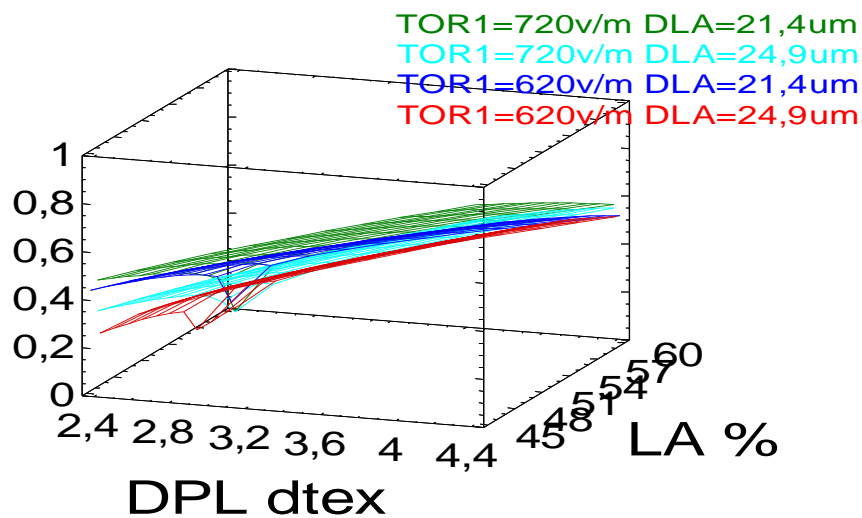


Gráfico 4.80 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4/TIRR a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.3.2.2 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento para Incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).

##### 4.3.2.2.1 - Resistência à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.2.1.

A equação de regressão 4.32 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,99\%$ .

$$FRTB_{SARJA\ 3/TIRR} (N) = 575,707 + 291,885 \cdot DPL + 1,07504 \cdot LA - 3,57766 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.32)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTB_{SARJA\ 3/TIRR}$ , apresenta um valor óptimo de 1200 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.81 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 3/TIRR} (N)$ , obtida pela equação 4.32, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

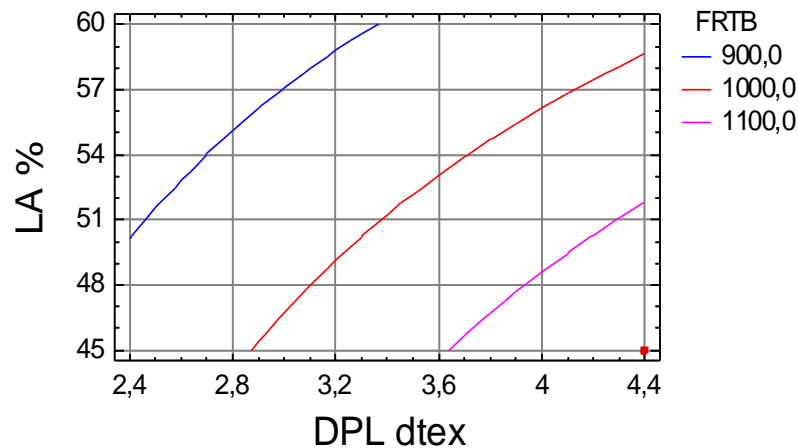


Gráfico 4.81 - Superfície de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 3/TIRR} (N)$  em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à teia (FRTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.2.2 - Resistência à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.2.2.

A equação de regressão 4.33 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,87\%$ .

$$\begin{aligned} \text{FRTT}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\text{N}) = & 21,8079 + 2,15484 \cdot \text{TOR1} + 10,8205 \cdot \text{DLA} + 135,602 \cdot \text{DPL} \\ & - 12,0794 \cdot \text{LA} - 0,0857143 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DLA} - 0,078534 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DPL} \\ & + 5,2356 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} + 0,571429 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 2,26876 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.33)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 3/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo de 907,5 N, para  $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ,  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.82, 4.83, 4.84 e 4.85 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\text{N})$ , obtidas pela equação 4.33, que relaciona o diâmetro do poliéster e a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

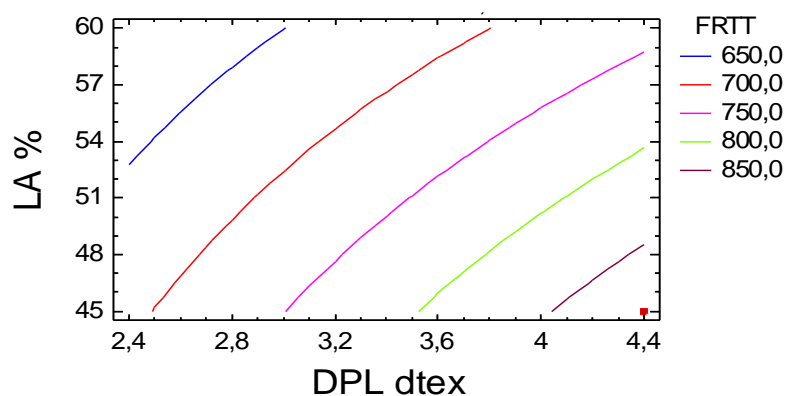


Gráfico 4.82 - Superfície de resposta de  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\text{N})$  em função do DPL e LA (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)

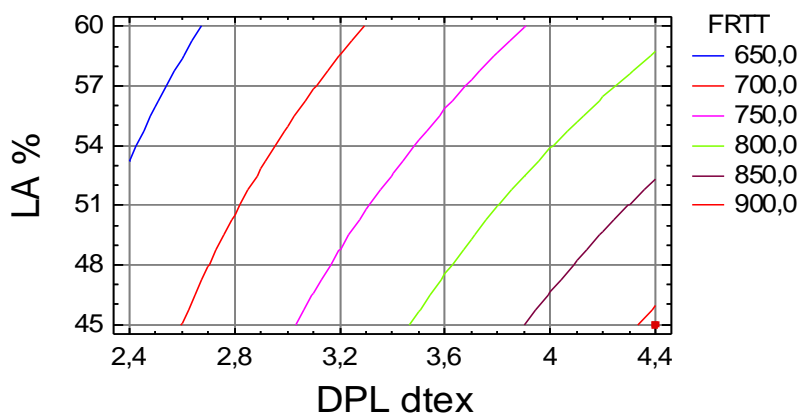


Gráfico 4.83 - Superfície de resposta de  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\text{N})$  em função do DPL e LA (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

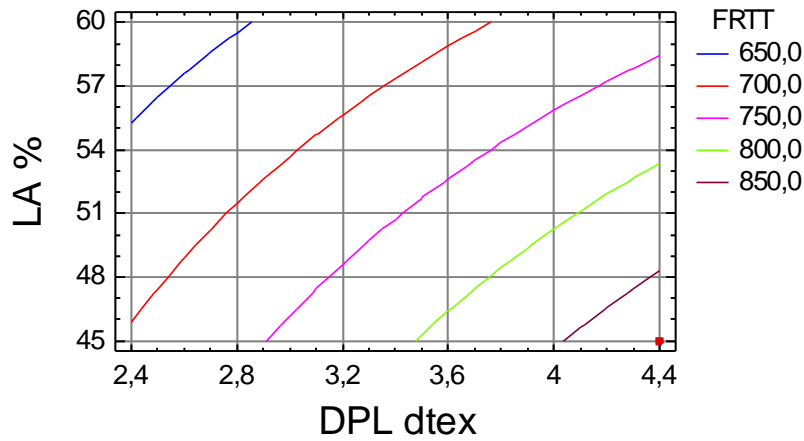


Gráfico 4.84 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 3 / TIRR (N) em função do DPL e LA (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

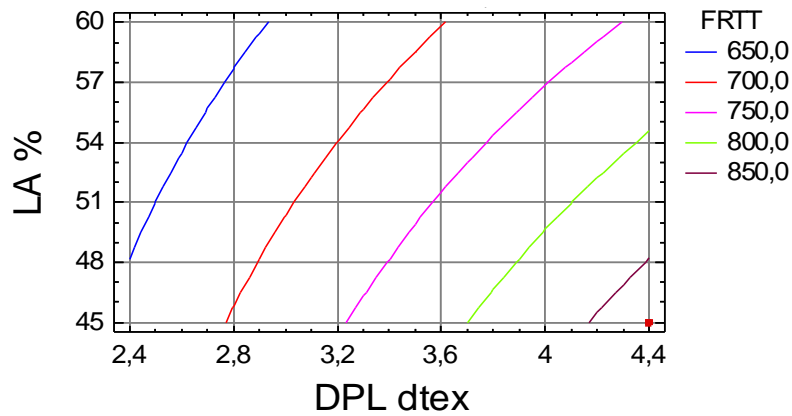


Gráfico 4.85 - Superfície de resposta de FRTT SARJA 3 / TIRR (N) em função do DPL e LA (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à trama (FRTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1

#### 4.3.2.2.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.2.3.

A equação de regressão 4.34 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=94,78\%$ .

$$\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\%) = 0,302749 + 0,015 \cdot \text{TOR1} + 12,1073 \cdot \text{DPL} + 0,379494 \cdot \text{LA} - 0,165794 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.34)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo de 48,6%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.86 e 4.87 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\%)$ , obtidas pela equação 4.34, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

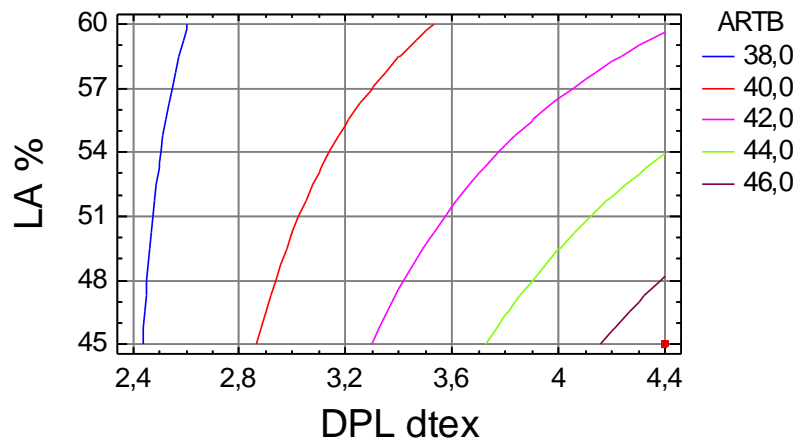


Gráfico 4.86 - Superfície de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\%)$  em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620$  v/m)

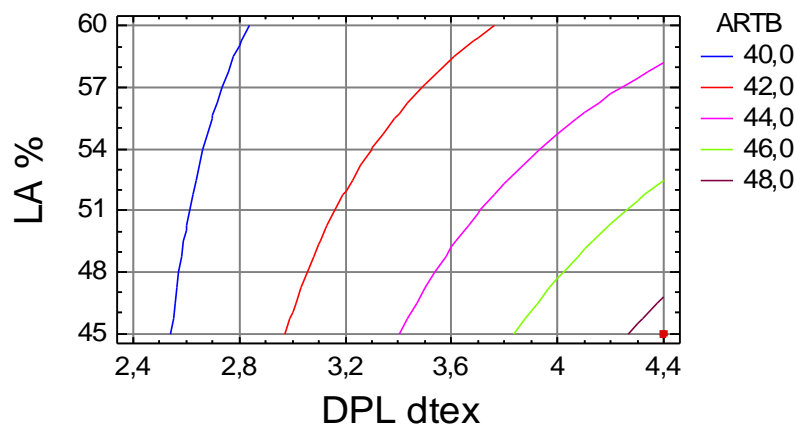


Gráfico 4.87 - Superfície de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\%)$  em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=720$  v/m)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.2.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.2.4.

A equação de regressão 4.35 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=81,70\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\%) = 12,4571 + 0,014375 \cdot \text{TOR1} + 5,2356 \cdot \text{DPL} + 0,178141 \cdot \text{LA} - 0,091623 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.35)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 35,7%, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.88 e 4.89 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\%)$ , obtidas pela equação 4.35 que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis da torção do fio a um cabo.

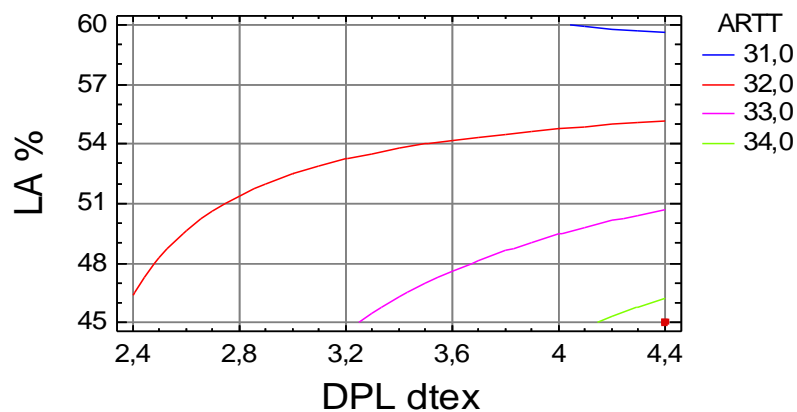


Gráfico 4.88 - Superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\%)$ , em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ )

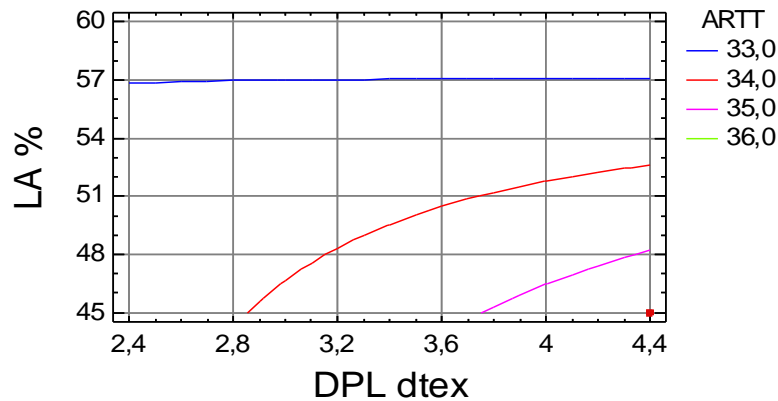


Gráfico 4.89 - Superfície de resposta de ARTT SARJA 3/TIRR (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.2.5 - Resistência ao rasgo à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.2.5.

A equação de regressão 4.36 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,28\%$ .

$$\begin{aligned} \text{RRB}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\text{N}) = & 58,5944 + 0,0619241 \cdot \text{TOR1} - 2,25 \cdot \text{DLA} + 38,6518 \cdot \text{DPL} \\ & - 0,22644 \cdot \text{LA} - 0,0248691 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DPL} - 0,270506 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.36)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{RRB}_{\text{SARJA 3/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo de 87,3 N, para TOR1=620 v/m, DLA=21,4µm, DPL=4,4 dtex e LA=45%.

Nos gráficos 4.90, 4.91, 4.92 e 4.93 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{RRB}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\text{N})$ , obtidas pela equação 4.36, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

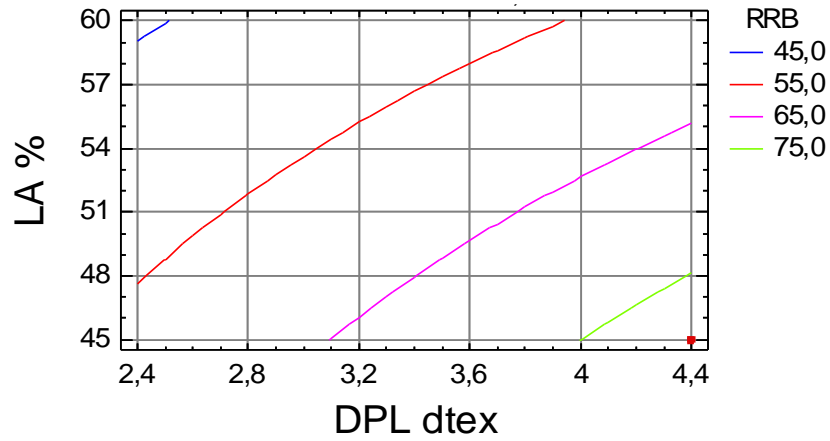


Gráfico 4.90 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/TIRR (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)

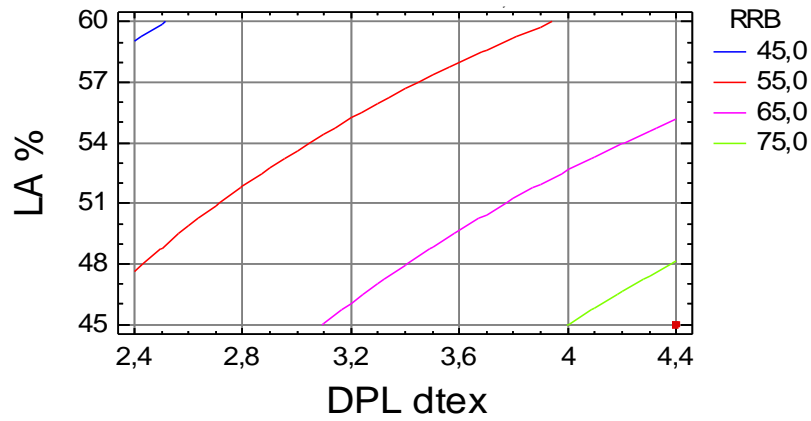


Gráfico 4.91 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/TIRR (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

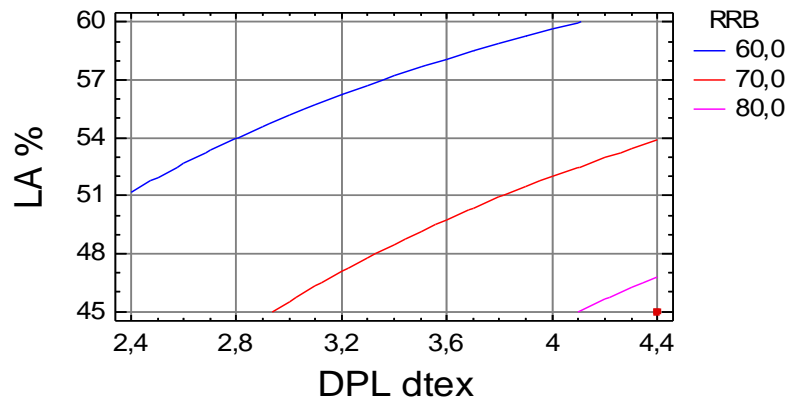


Gráfico 4.92 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/TIRR (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

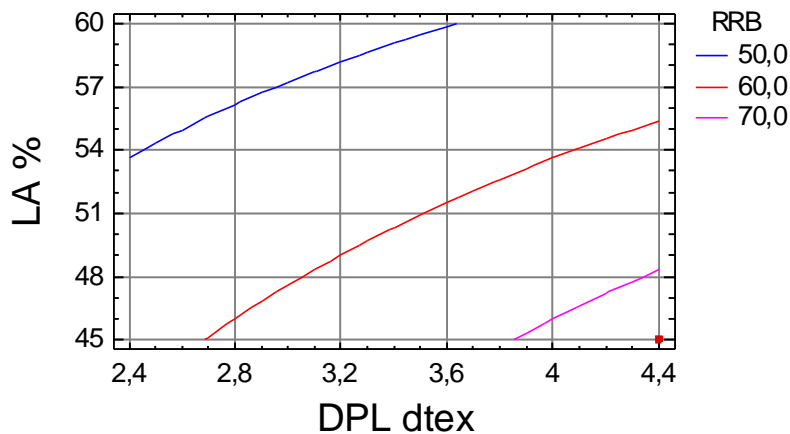


Gráfico 4.93 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/TIRR (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência ao rasgo à teia (RRB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.2.6 - Resistência ao rasgo à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.2.6.

A equação de regressão 4.37 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,55\%$ .

$$RRT_{SARJA\ 3/TIRR} (N) = 158,345 - 0,025 * TOR1 - 4,60471 * DLA + 6,40613 * DPL + 0,00898778 * LA + 0,673149 * DLA * DPL - 0,331588 * DPL * LA \quad (4.37)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{SARJA\ 3/TIRR}$ , apresenta um valor óptimo de 70,6 N, para TOR1=620 v/m, DLA=21,4µm, DPL=4,4 dtex e LA=45%.

Nos gráficos 4.94, 4.95, 4.96 e 4.97 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TIRR}$  (N), obtidas pela equação 4.37, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

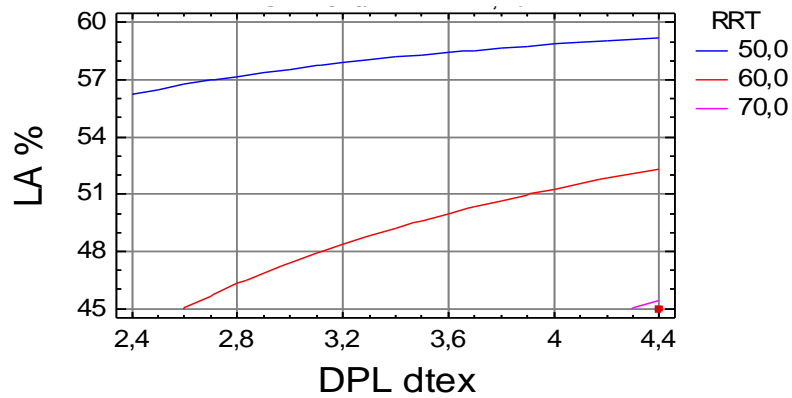


Gráfico 4.94 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TIRR}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)

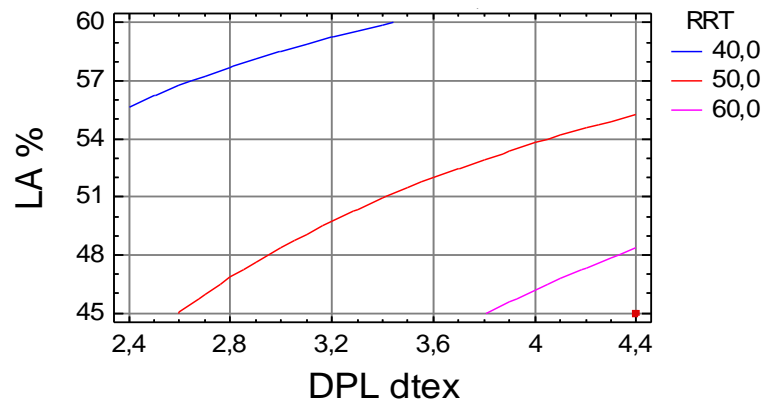


Gráfico 4.95 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TIRR}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)

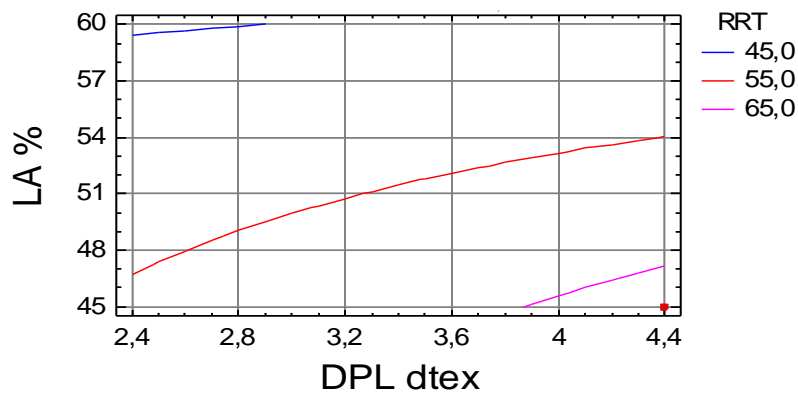


Gráfico 4.96 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TIRR}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)

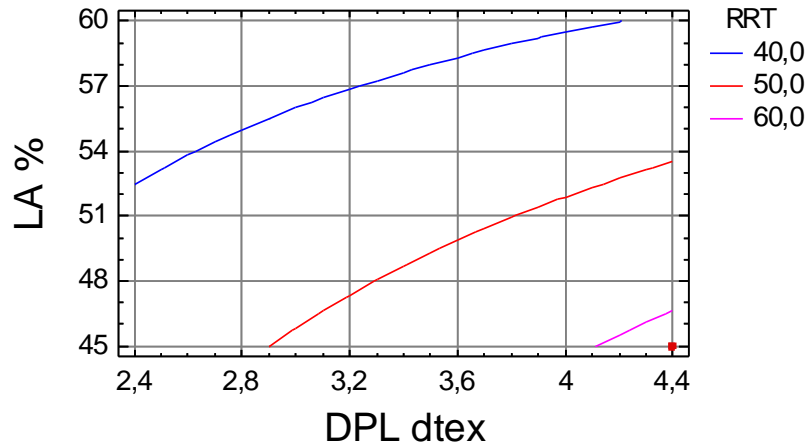


Gráfico 4.97 - Superfície de resposta de RRT<sub>SARJA 3/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência ao rasgo à trama (RRT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3

#### 4.3.2.2.7 - Propensão à formação de borboto

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.2.7.

A equação de regressão 4.38 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=85,71\%$ .

$$\begin{aligned} \text{PFB}_{\text{SARJA 3/TIRR}} (\text{Grau}) = & -2,96545 + 0,343119 \cdot \text{DLA} + 0,473074 \cdot \text{DPL} + 0,0885103 \cdot \text{LA} \\ & - 0,0373972 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} - 0,0047619 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} \\ & + 0,008726 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.38)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{PFB}_{\text{SARJA 3/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo entre o grau 4 e 4-5, para  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=60\%$ .

Nos gráficos 4.98 e 4.99, mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{PFB}_{\text{SARJA 3/TIRR}}$  (grau), obtidas pela equação 4.38, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

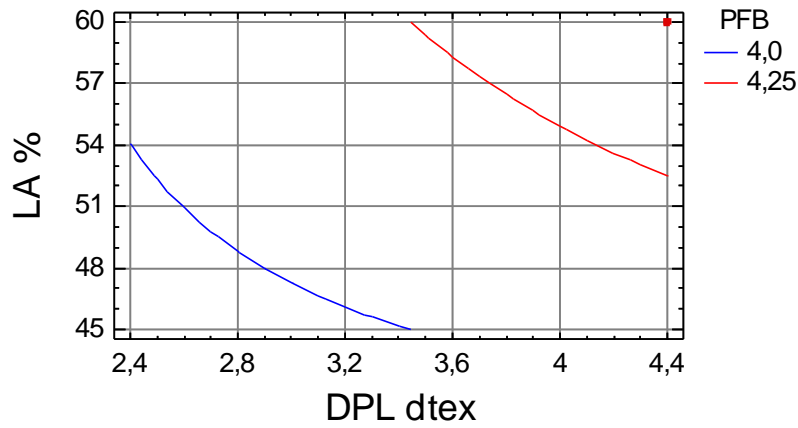


Gráfico 4.98 - Superfície de resposta de PFB SARJA 3/TIRR (grau) em função do DPL e da LA (DLA=21,4µm)

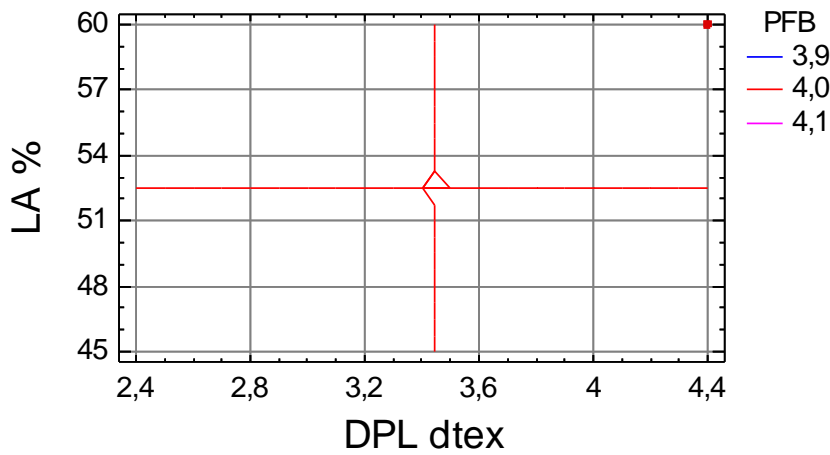


Gráfico 4.99 - Superfície de resposta de PFB SARJA 3/TIRR (grau) em função do DPL e da LA (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da propensão à formação de borboto (PFB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.248 do ponto 4.3.3.2.4.

#### 4.3.2.2.8 - Resistência à abrasão

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.2.8.

A equação de regressão 4.39 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,34\%$ .

$$RA/1000_{SARJA\ 3/TIRR} \text{ (rev./1000)} = -21,3901 + 34,2932 \cdot DPL + 0,250349 \cdot LA - 0,287958 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.39)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA_{SARJA\ 3/TIRR}$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 83,75 revoluções/1000, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.100 mostra-se a superfície de resposta de  $RA/1000_{SARJA\ 3/TIRR}$  (rev./1000), obtidos pela equação 4.39, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

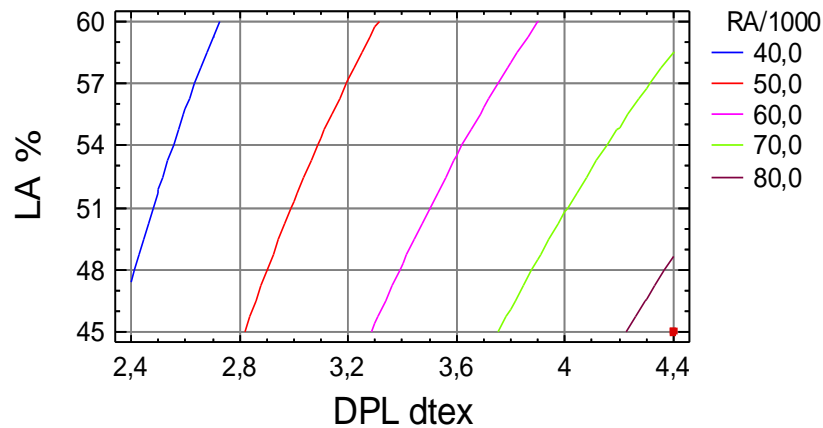


Gráfico 4.100 - Superfície de resposta de  $RA/1000_{SARJA\ 3/TIRR}$  (rev./1000) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência à abrasão (RA) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.249 do ponto 4.3.3.2.5

#### 4.3.2.2.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento para Incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor óptimo de 0,9177, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 3.2.9. No mesmo, anexo, encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $E$  com o valor de conveniência ótima, que resultou da combinação dos factores ótimos que se apresentam na tabela 4.17.

Tabela 4.17 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.

Factor	Baixo	Alto	Óptimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=1200 N
- FRTT=882,5 N
- ARTB=48,6%
- ARTT=35,7%
- RRB=82,6 N
- RRT=68,1 N
- RA/1000= 83,75 Revoluções/1000

No gráfico 4.101, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) mostram que o diâmetro da fibra de lã (DLA) tem mais relevância do que a a torção do fio a um cabo.

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.101 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

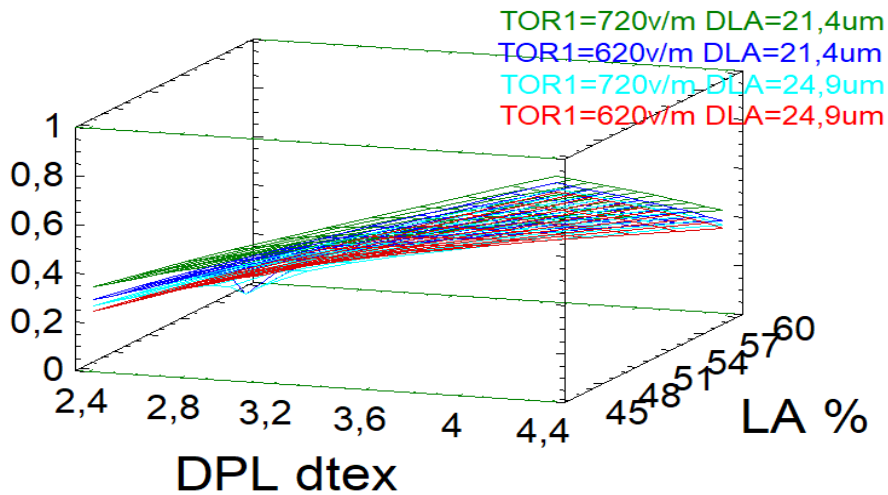


Gráfico 4.101 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3/TIRR a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.3.2.3 - Modelização das Propriedades e Otimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após Tratamento para Incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).

##### 4.3.2.3.1 - Resistência à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.3.1.

A equação de regressão 4.40 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=95,92\%$ .

$$FRTB_{TAFETÁ/TIRR} (N) = 467,736 + 180,628 \cdot DPL - 0,78534 \cdot LA - 2,09424 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.40)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTB_{TAFETÁ/TIRR}$ , apresenta um valor óptimo de 812,5 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.102 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTB_{TAFETÁ/TIRR} (N)$ , obtida pela equação 4.40, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

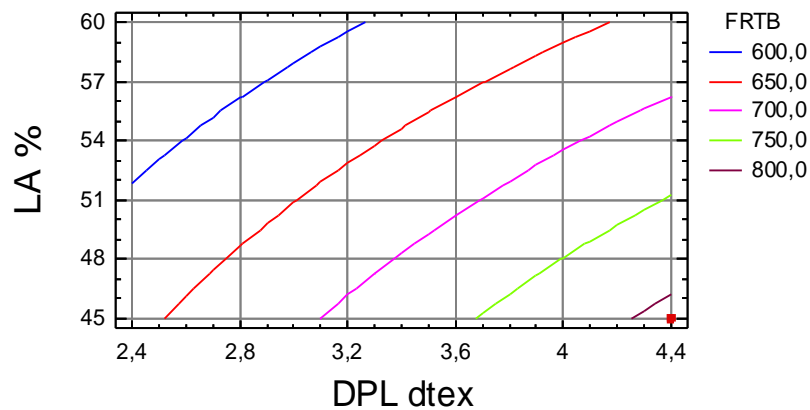


Gráfico 4.102 - Superfície de resposta de  $FRTB_{TAFETÁ/TIRR}$  (N) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à teia ( $FRTB$ ) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.3.2 - Resistência à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.3.2.

A equação de regressão 4.41 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,46\%$ .

$$FRTT_{TAFETÁ/TIRR} (N) = 357,291 + 172,775 \cdot DPL - 0,371728 \cdot LA - 1,65794 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.41)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTT_{TAFETÁ/TIRR}$ , apresenta um valor óptimo de 772,5 N, DPL=4,4 dtex e LA=45%.

No gráfico 4.103 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTT_{TAFETÁ/TIRR}$  (N), obtidas pela equação 4.41, que relaciona o diâmetro do poliéster e a composição em lã (LA).

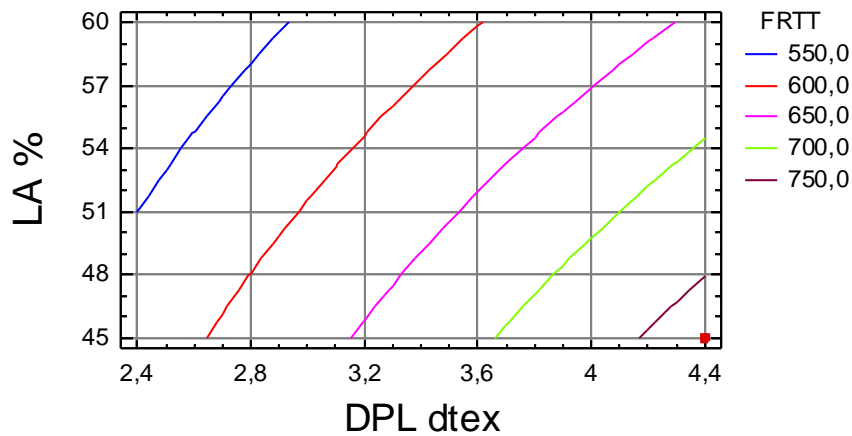


Gráfico 4.103 - Superfície de resposta de  $FRTT_{TAFETÁ / TIRR}$  (N) em função do DPL e LA

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à trama (FRTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.3.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.3.3.

A equação de regressão 4.42 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=95,19\%$ .

$$ARTB_{TAFETÁ/TIRR} (\%) = 24,4321 + 0,01375 \cdot TOR1 + 2,55236 \cdot DPL - 0,0916667 \cdot LA \quad (4.42)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $ARTB_{TAFETÁ/TIRR}$ , apresenta um valor óptimo de 41,4%, para  $TOR1=720$  v/m,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.104 e 4.105 mostram-se as superfícies de resposta de  $ARTB_{TAFETÁ/TIRR}$  (%), obtidas pela equação 4.42, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

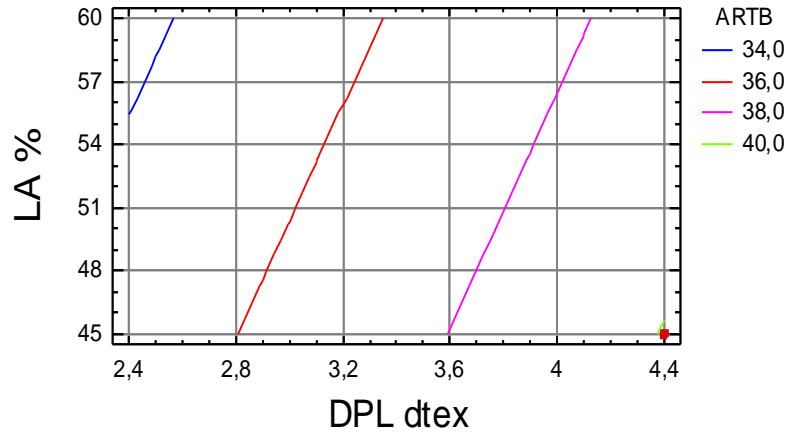


Gráfico 4.104 - Superfície de resposta de ARTB<sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

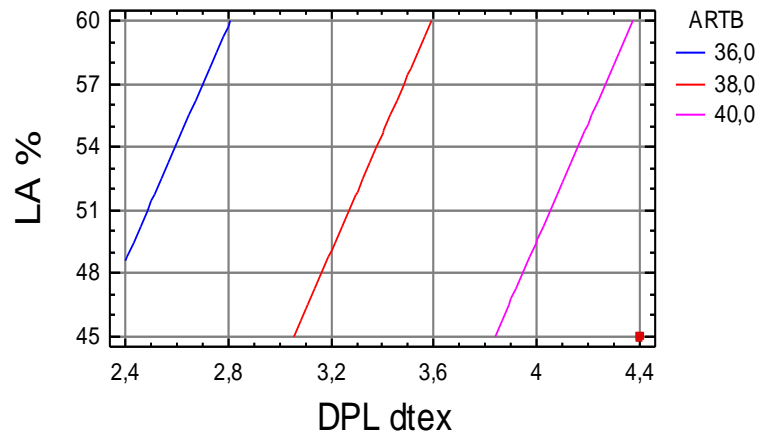


Gráfico 4.105 - Superfície de resposta de ARTB<sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.3.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.3.4.

A equação de regressão 4.43 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=72,84\%$ .

$$ARTT_{TAFETÁ/TIRR} (\%) = 32,6459 + 0,01625 \cdot TOR1 + 0,589005 \cdot DPL - 0,141667 \cdot LA \quad (4.43)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $ARTT_{TAFETÁ/TIRR} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 40,56%, para  $TOR1=720 \text{ v/m}$ ,  $DPL=4,4 \text{ dtex}$  e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.106 e 4.107 mostram-se as superfícies de resposta de  $ARTT_{TAFETÁ/TIRR} (\%)$ , obtidas pela equação 4.43 que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

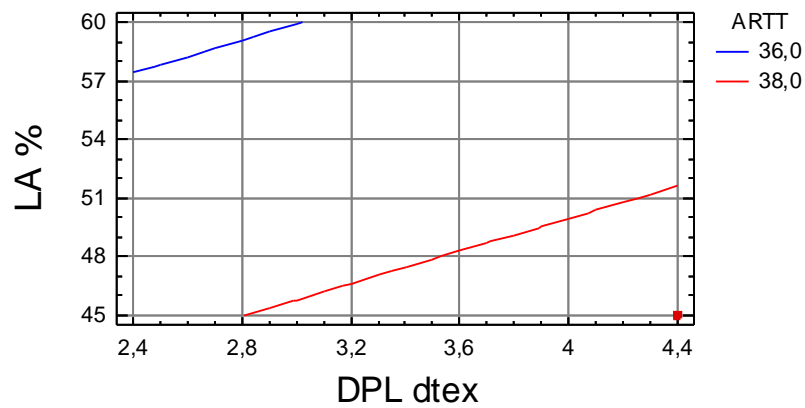


Gráfico 4.106 - Superfície de resposta de  $ARTT_{TAFETÁ/TIRR} (\%)$ , em função do DPL e LA. ( $TOR1=620 \text{ v/m}$ )

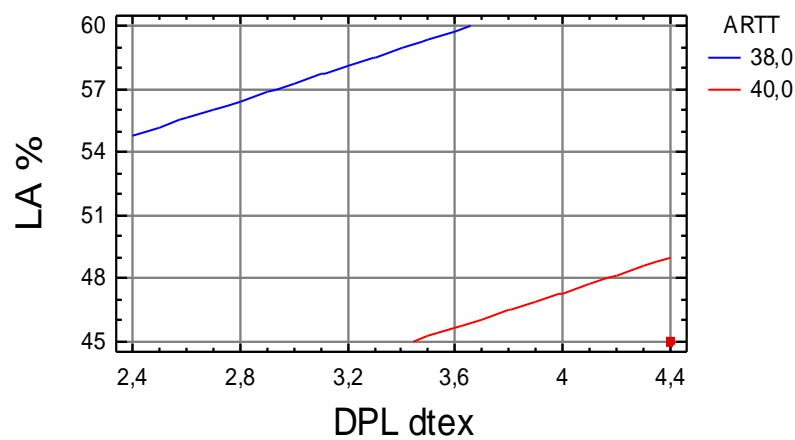


Gráfico 4.107 - Superfície de resposta de  $ARTT_{TAFETÁ/TIRR} (\%)$ , em função do DPL e LA. ( $TOR1=720 \text{ v/m}$ )

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2

#### 4.3.2.3.5 - Resistência ao rasgo à teia

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.3.5.

A equação de regressão 4.44 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=94,61\%$ .

$$\begin{aligned} RRB_{\text{TAFETÁ/TIRR}} \text{ (N)} = & 187,451 - 0,155497 \cdot \text{TOR1} - 1,75 \cdot \text{DLA} - 2,99738 \cdot \text{DPL} \\ & - 0,0460733 \cdot \text{LA} + 0,0353403 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DPL} - 0,322862 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.44)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRB_{\text{TAFETÁ/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo de 70,8 N, para  $\text{TOR1}=620$  v/m,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.108, 4.109, 4.110 e 4.111 mostra-se as superfícies de resposta de  $RRB_{\text{TAFETÁ/TIRR}}$  (N), obtidas pela equação 4.44, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA), para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

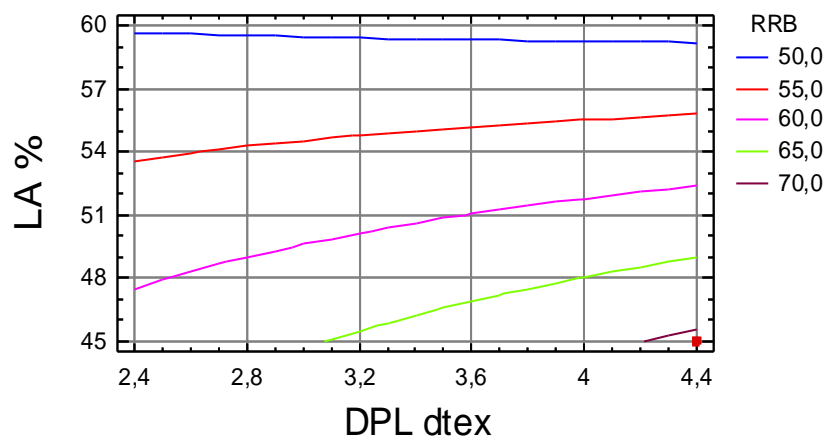


Gráfico 4.108 - Superfície de resposta de  $RRB_{\text{TAFETÁ/TIRR}}$  (N) em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620$  v/m;  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

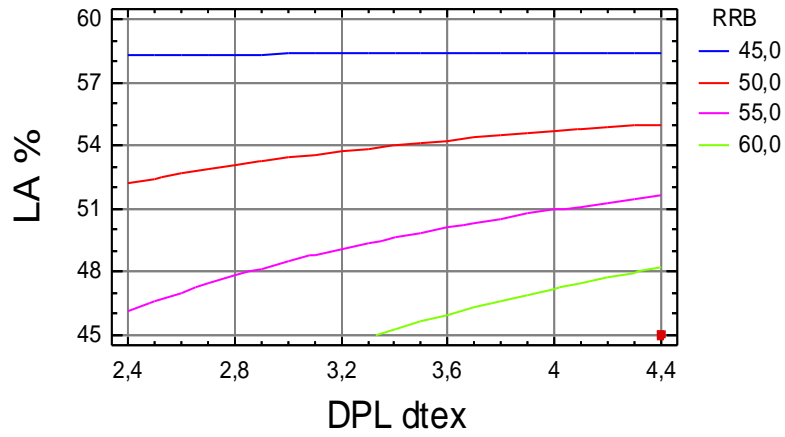


Gráfico 4.109 - Superfície de resposta de RRB<sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

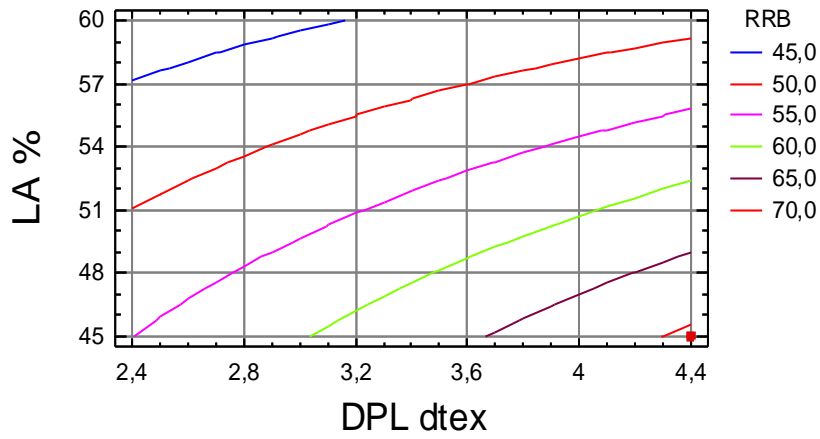


Gráfico 4.110 - Superfície de resposta de RRB<sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

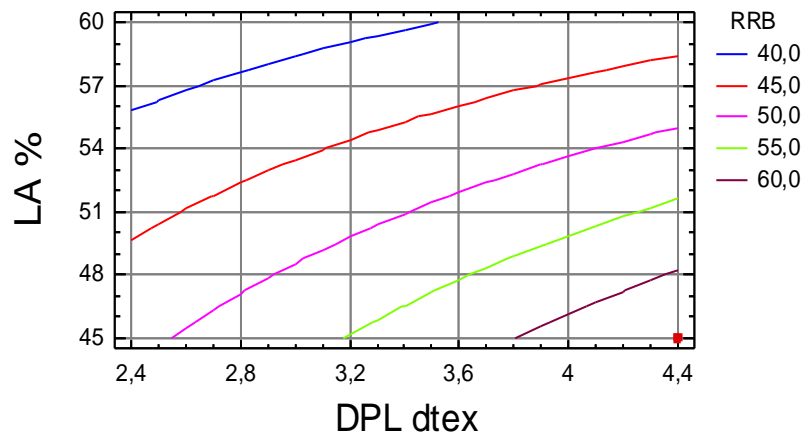


Gráfico 4.111 - Superfície de resposta de RRB<sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência ao rasgo à teia (RRB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.3.6 - Resistência ao rasgo à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.3.6.

A equação de regressão 4.45 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=93,22\%$ .

$$RRT_{\text{TAFETÁ/TIRR}} (N) = 61,6033 - 1,60714*DLA + 21,7277*DPL + 0,197382*LA - 0,340314*DPL*LA \quad (4.45)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{\text{TAFETÁ/TIRR}}$ , apresenta um valor óptimo de 64,3 N, para  $DLA=21,4\mu\text{m}$ ,  $DPL=4,4 \text{ dtex}$  e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.112 e 4.113 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRT_{\text{TAFETÁ/TIRR}} (N)$ , obtidas pela equação 4.45, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

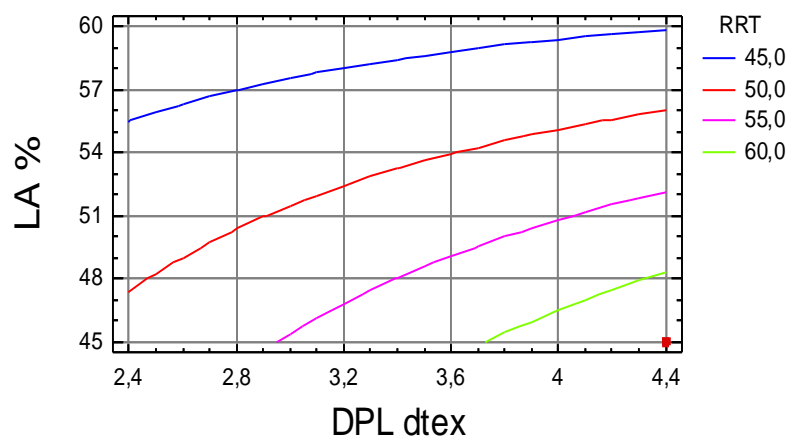


Gráfico 4.112 - Superfície de resposta de  $RRT_{\text{TAFETÁ/TIRR}} (N)$  em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu\text{m}$ )

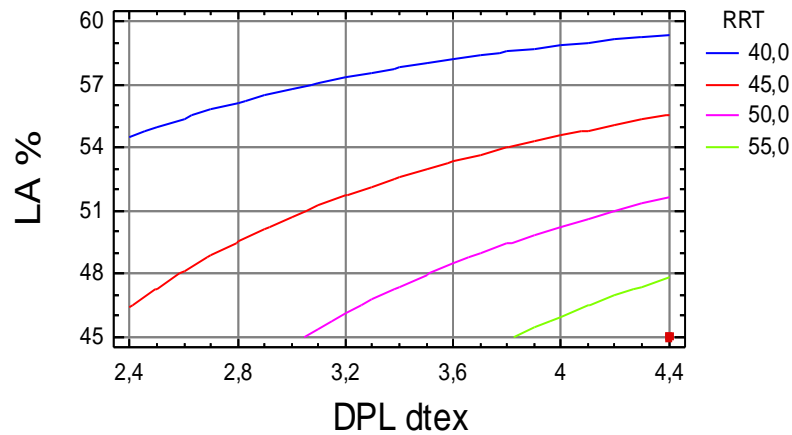


Gráfico 4.113 - Superfície de resposta de RRT<sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência ao rasgo à trama (RRT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.3.7 - Propensão à formação de borboto

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.3.7.

A equação de regressão 4.46 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=37,50\%$ .

$$PFB_{TAFETÁ/TIRR} \text{ (Grau)} = 3,53837 + 0,00125 \cdot TOR1 - 0,0357143 \cdot DLA + 0,13089 \cdot DPL \quad (4.46)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $PFB_{TAFETÁ/TIRR}$ , apresenta um valor óptimo entre o grau 4 e 4-5, para  $TOR1=720$  v/m,  $DLA=21,4\mu\text{m}$ ,  $DPL=4,4$  dtex.

Nos gráficos 4.114 e 4.115 mostram-se as superfícies de resposta de  $PFB_{TAFETÁ/TIRR}$  (grau), obtidas pela equação 4.46, que relaciona a torção do fio a um cabo e o diâmetro de (DPL) os diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

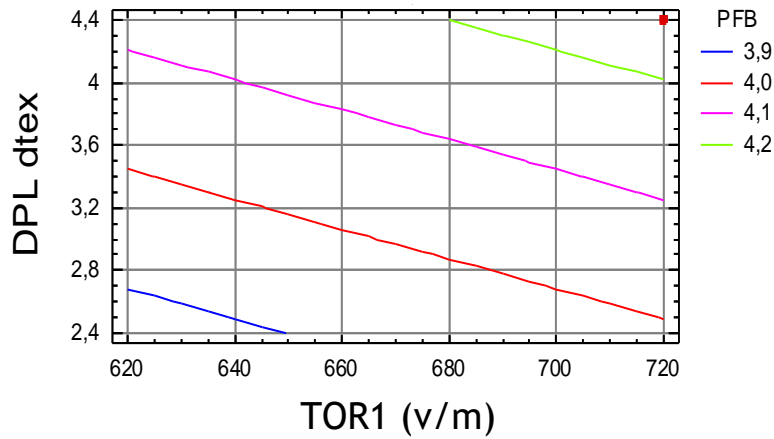


Gráfico 4.114 - Superfície de resposta de PFB<sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (grau) em função da TOR1 e do DPL (DLA=21,4µm)

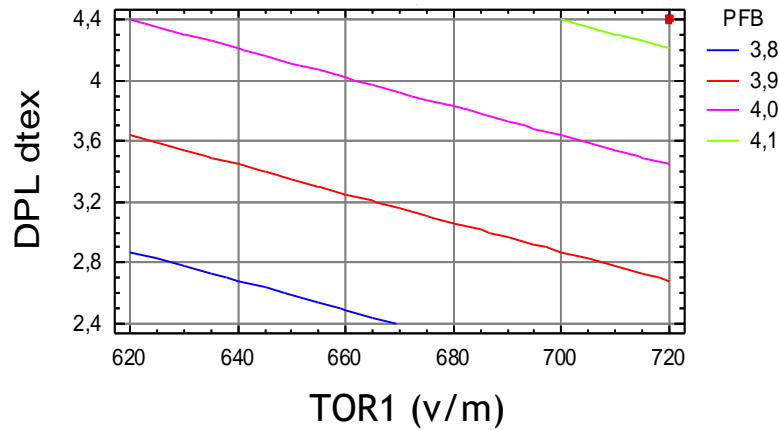


Gráfico 4.115 - Superfície de resposta de PFB<sub>TAFETÁ/TIRR</sub> (grau) em função da TOR1 e do DPL (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da propensão à formação de borboto (PFB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.248 do ponto 4.3.3.2.4.

#### 4.3.2.3.8 - Resistência à abrasão

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 3.3.8.

A equação de regressão 4.47 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRR, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,50\%$ .

$$RA/1000_{TAFETÁ/TIRR} \text{ (revoluções/1000)} = 36,1964 + 21,2238 \cdot DPL - 0,789167 \cdot LA \quad (4.47)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA_{TAFETÁ/TIRR}$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 94,07 revoluções/1000, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu\text{m}$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.116 mostra-se a superfície de resposta de  $RA_{TAFETÁ/TIRR}$  (rev./1000), obtida pela equação 4.47, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

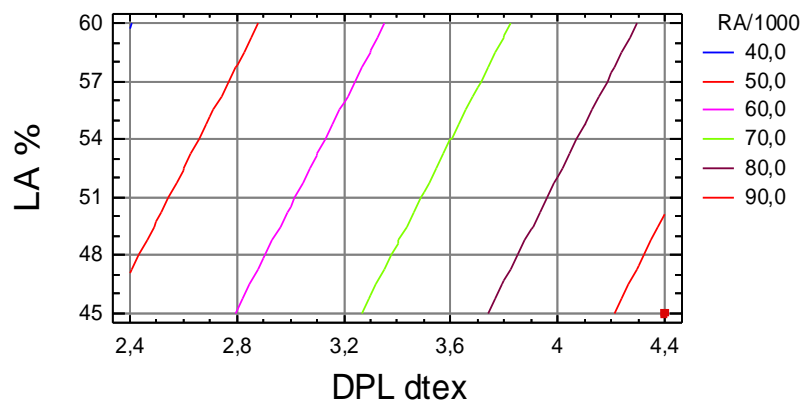


Gráfico 4.116 - Superfície de resposta de  $RA/1000_{TAFETÁ/TIRR}$  (rev./1000) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRR) originou ao nível da resistência (RA) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.249 do ponto 4.3.3.2.5.

#### 4.3.2.3.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após Tratamento para Incrementar a Resistência ao Rasgo (TIRR).

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor óptimo de 0,9502, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 3.3.9. No mesmo, anexo, encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $E$  com o valor de conveniência ótima, que resultou da combinação dos factores óptimos que se apresentam na tabela 4.18.

Tabela 4.18 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

Factor	Baixo	Alto	Óptimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=812,5 N
- FRTT=772,5 N
- ARTB=41,4%
- ARTT=40,6%
- RRB=70,8 N
- RRT=64,3 N
- PFB= entre grau 4 e 4-5
- RA/1000= 94,069 Revoluções/1000

No gráfico 4.117, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá com acabamento TIRR para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) mostram que o diâmetro da fibra de lã (DLA) tem mais relevância do que a a torção do fio a um cabo.

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.117 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

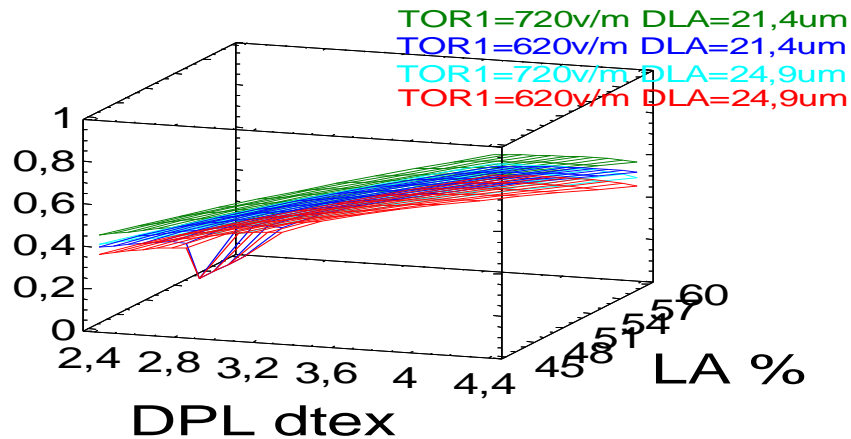


Gráfico 4.117 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá/TIRR a distintos níveis de torção e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.3.2.4 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após Tratamento para Incrementar a Resistência à abrasão (TIRA).

##### 4.3.2.4.1 - Resistência à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão cujos dados globais se encontram no anexo 4.1.1.

A equação de regressão 4.48 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,17\%$ .

$$\begin{aligned}
 \text{FRTB}_{\text{SARJA 4/TIRA}} (\text{N}) = & 4730,94 - 167,848 \cdot \text{DLA} - 157,498 \cdot \text{DPL} - 47,8905 \cdot \text{LA} \\
 & + 19,0726 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} + 1,95238 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 3,40314 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.48)
 \end{aligned}$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTB}_{\text{SARJA 4/TIRA}}$ , apresenta um valor óptimo de 1306,9 N, para  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.118 e 4.119 mostram-se as superfícies de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 4/TIRA}$  (N), obtidas pela equação 4.48, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

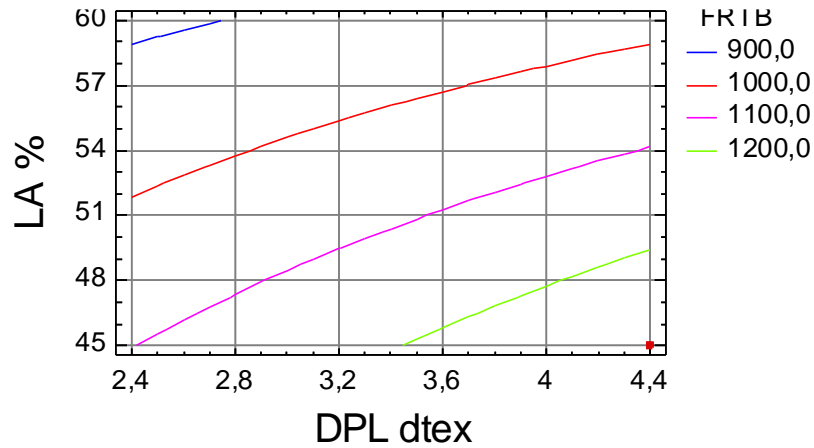


Gráfico 4.118 - Superfície de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 4/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4µm)

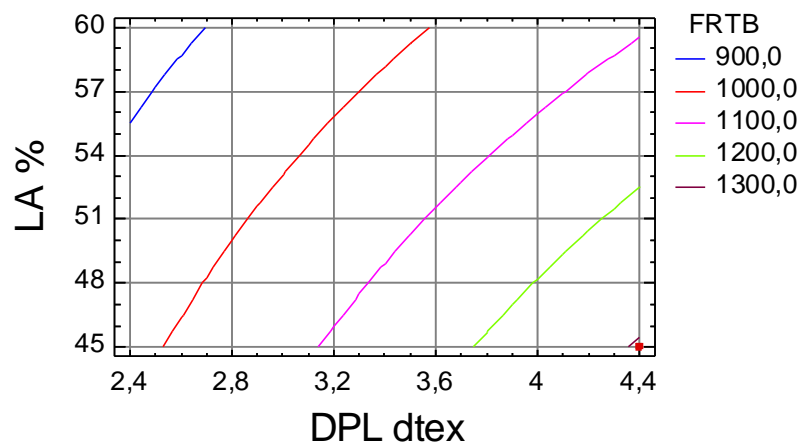


Gráfico 4.119 - Superfície de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 4/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à teia ( $FRTB$ ) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.4.2 - Resistência à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.1.2.

A equação de regressão 4.49 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,90\%$ .

$$\text{FRTT}_{\text{SARJA 4/TIRA}} (\text{N}) = 1928,74 - 56,4286 \cdot \text{DLA} + 189,791 \cdot \text{DPL} - 26,8056 \cdot \text{LA} + 1,04762 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 1,91972 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.49)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 4/TIRA}}$ , apresenta um valor óptimo de 978,8 N, para  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.120 e 4.121 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 4/TIRA}} (\text{N})$ , obtidas pela equação 4.49, que relaciona o diâmetro do poliéster e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

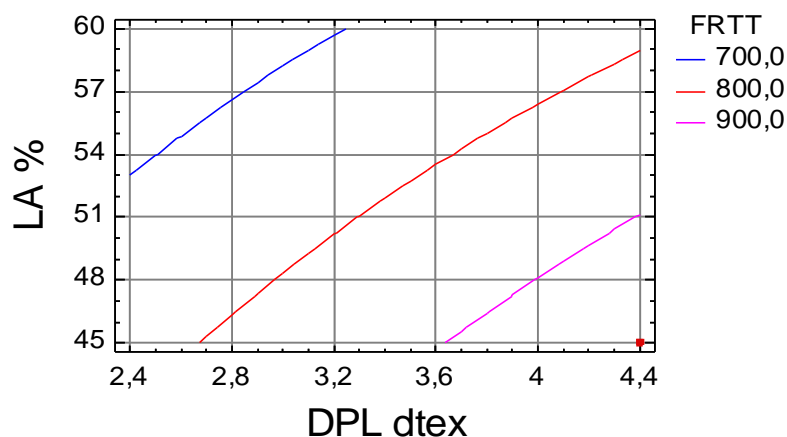


Gráfico 4.120 - Superfície de resposta de  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 4/TIRA}} (\text{N})$  em função do DPL e LA ( $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

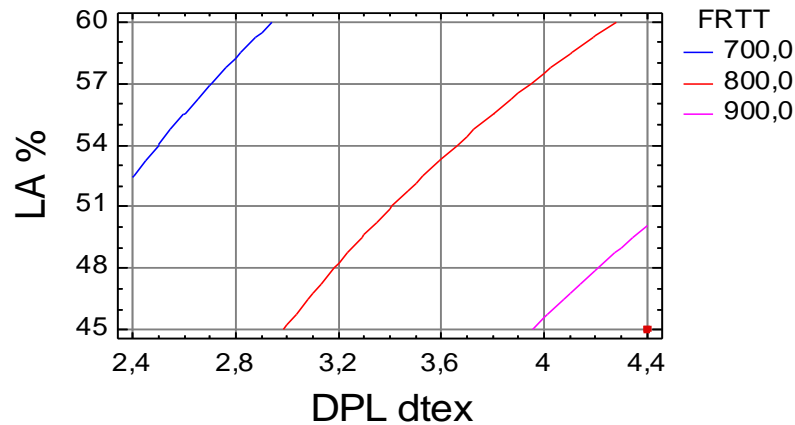


Gráfico 4.121 - Superfície de resposta de  $FRTT_{SARJA\ 4/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA (DLA=24,9 $\mu$ m)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à trama (FRTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.4.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.1.3.

A equação de regressão 4.50 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=96,60\%$ .

$$ARTB_{SARJA\ 4/TIRA} (\%) = 72,7242 + 0,135 * TOR1 + 10,6021 * DPL + 1,79931 * LA - 0,00216667 * TOR1 * LA - 0,139616 * DPL * LA \quad (4.50)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $ARTB_{SARJA\ 4/TIRA}$ , apresenta um valor óptimo de 54,3%, para  $TOR1=720$  v/m,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.122 e 4.123 mostram-se as superfícies de resposta de  $ARTB_{SARJA\ 4/TIRA}$  (%), obtidas pela equação 4.50, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

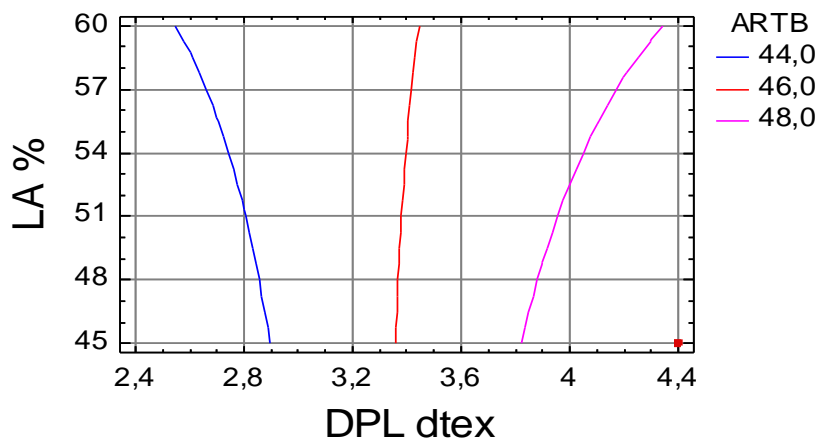


Gráfico 4.122 - Superfície de resposta de  $ARTB_{SARJA\ 4/TIRA}$  (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

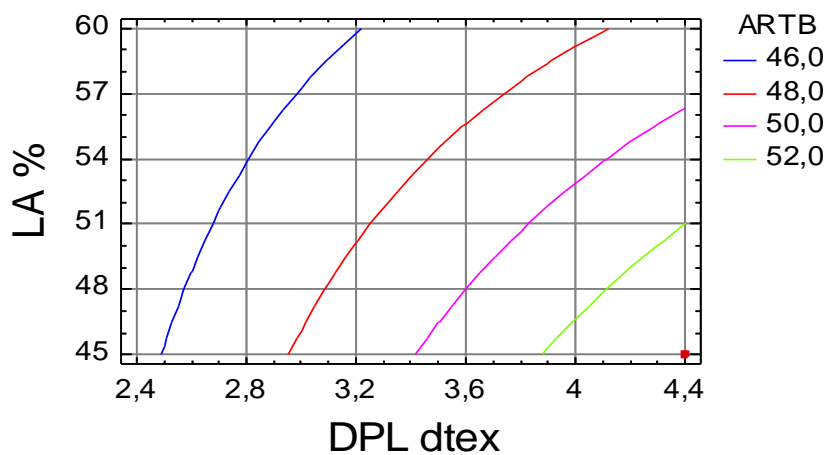


Gráfico 4.123 - Superfície de resposta de  $ARTB_{SARJA\ 4/TIRA}$  (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à teia ( $ARTB$ ) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2

#### 4.3.2.4.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.1.4.

A equação de regressão 4.51 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=89,90\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TIRA}} (\%) = -7,39856 + 0,010625 \cdot \text{TOR1} + 1,2558 \cdot \text{DLA} + 10,3039 \cdot \text{DPL} + 0,0445026 \cdot \text{LA} - 0,317876 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} - 0,047993 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.51)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TIRA}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 35,0%, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$ ,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.124, 4.125, 4.126 e 4.127 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TIRA}} (\%)$ , obtidas pela equação 4.51 que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis da torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

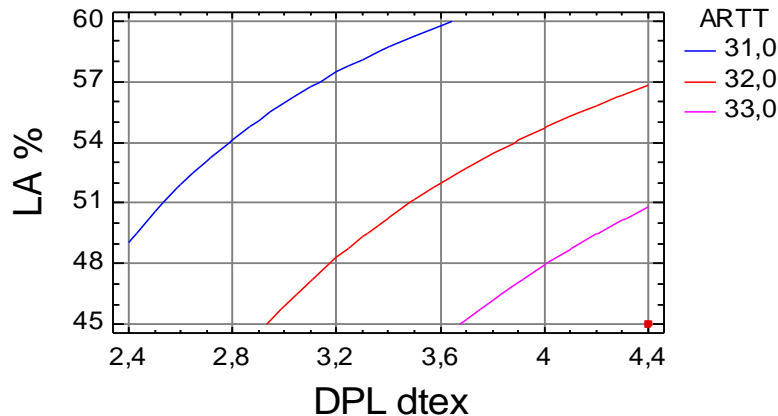


Gráfico 4.124 - Superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TIRA}} (\%)$ , em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ;  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

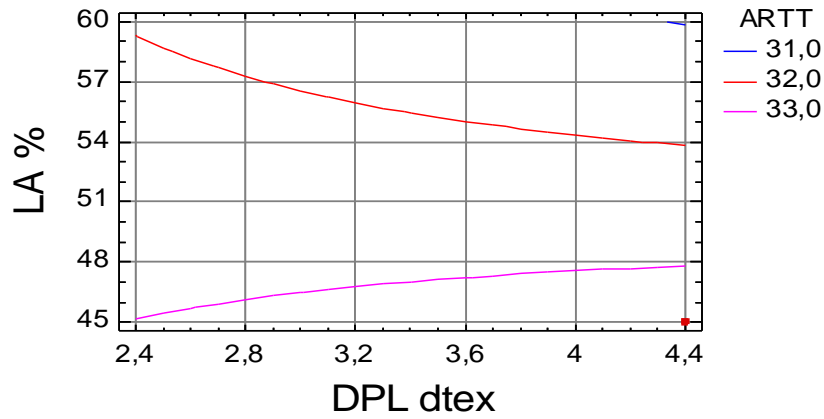


Gráfico 4.125 - Superfície de resposta de ARTT SARJA 4/TIRA (%), em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

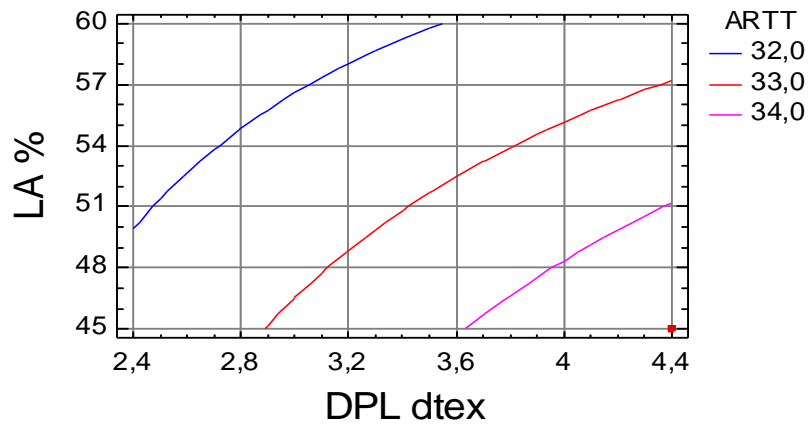


Gráfico 4.126 - Superfície de resposta de ARTT SARJA 4/TIRA (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

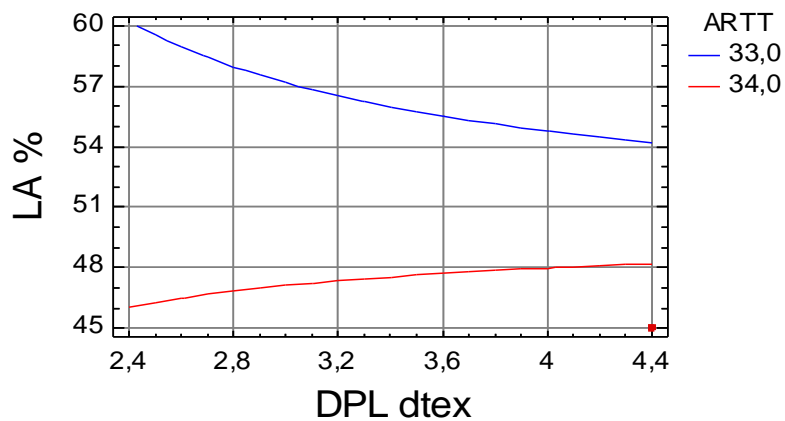


Gráfico 4.127 - Superfície de resposta de ARTT SARJA 4/TIRA (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.4.5 - Resistência ao rasgo à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.1.5.

A equação de regressão 4.52 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=96,76\%$ .

$$RRB_{SARJA\ 4/TIRA} (N) = 75,0308 - 1,64286*DLA + 7,32984*DPL - 0,366667*LA \quad (4.52)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRB_{SARJA\ 4/TIRA}$ , apresenta um valor óptimo de 55,6 N, para  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4\ dtex$  e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.128 e 4.129 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRB_{SARJA\ 4/TIRA} (N)$ , obtidas pela equação 4.52, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

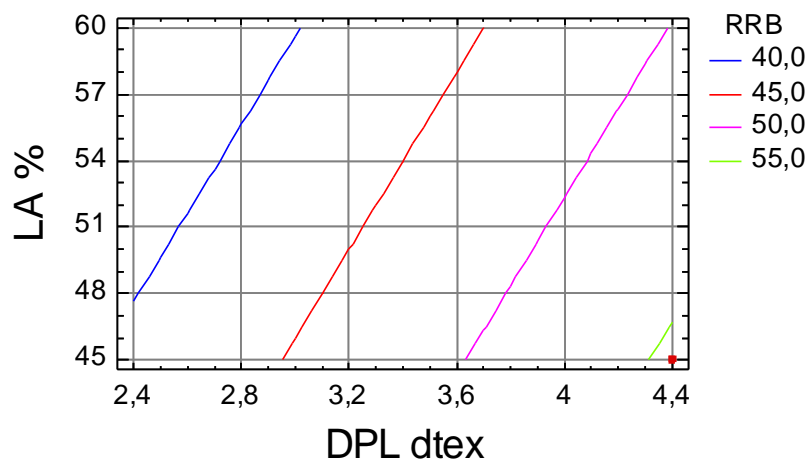


Gráfico 4.128 - Superfície de resposta de  $RRB_{SARJA\ 4/TIRA} (N)$  em função do DPL e LA. ( $DLA=21,4\mu m$ )

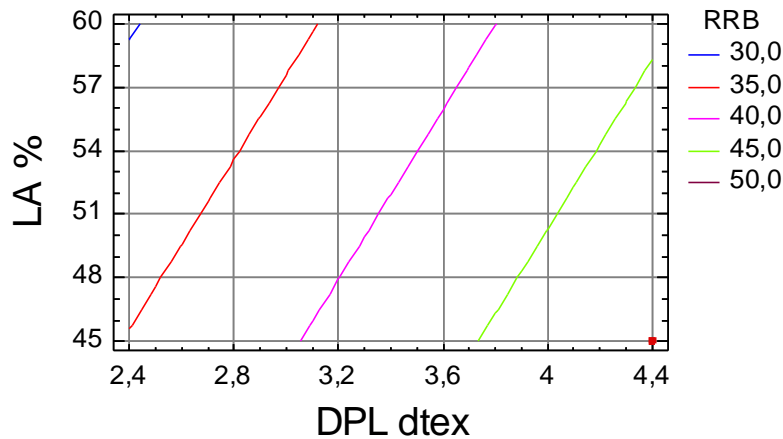


Gráfico 4.129 - Superfície de resposta de RRB SARJA 4/TIRA (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência ao rasgo à teia (RRB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.4.6 - Resistência ao rasgo à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.1.6.

A equação de regressão 4.53 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,16\%$ .

$$RRT_{SARJA\ 4/TIRA} (N) = 61,6587 - 0,0225 * TOR1 - 1,28571 * DLA + 11,5183 * DPL + 0,0375218 * LA - 0,122164 * DPL * LA \quad (4.53)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{SARJA\ 4/TIRA}$ , apresenta um valor óptimo de 48,4 N, para  $TOR1=620\ v/m$ ,  $DLA=21,4\ \mu m$ ,  $DPL=4,4\ dtex$  e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.130, 4.131, 4.132 e 4.133 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRT_{SARJA\ 4/TIRA}$  (N), obtidas pela equação 4.53, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis da torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

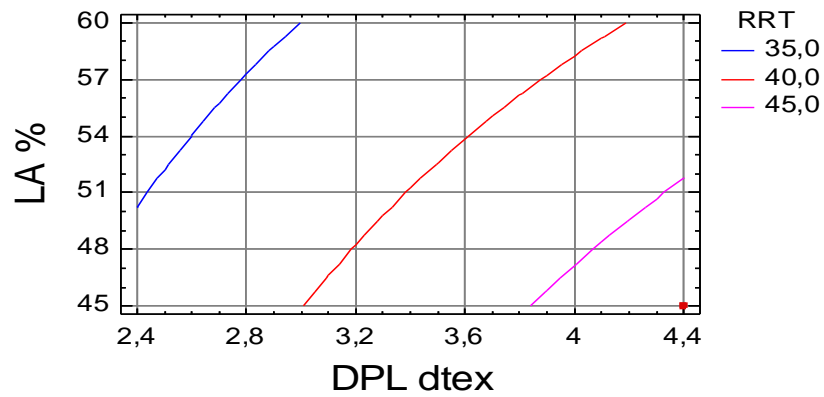


Gráfico 4.130 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 4/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)

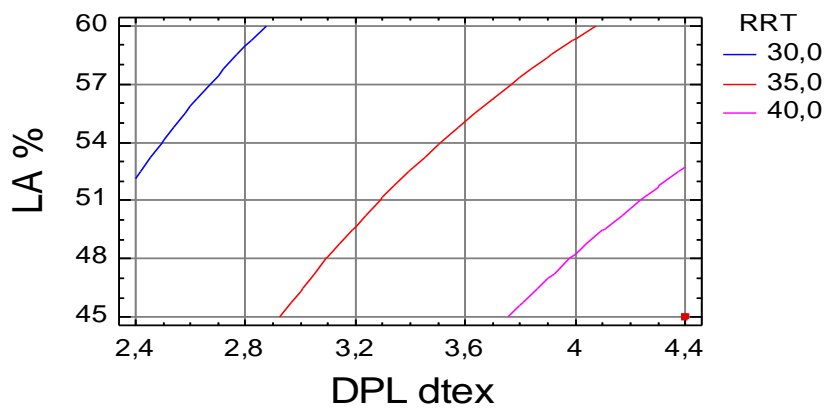


Gráfico 4.131 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 4/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

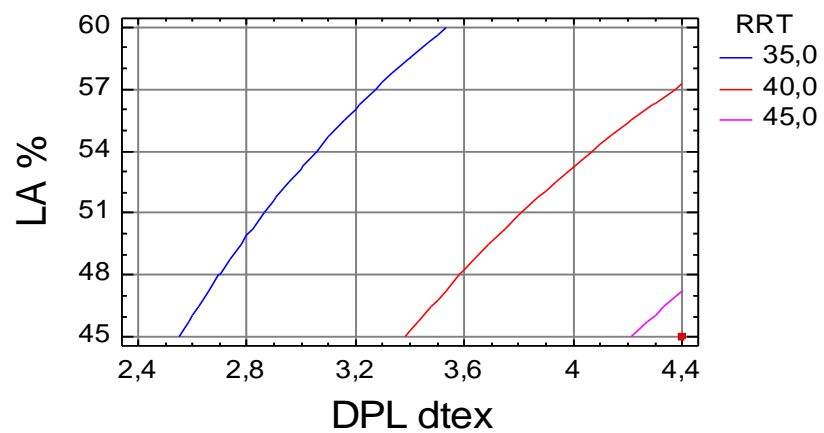


Gráfico 4.132 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 4/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

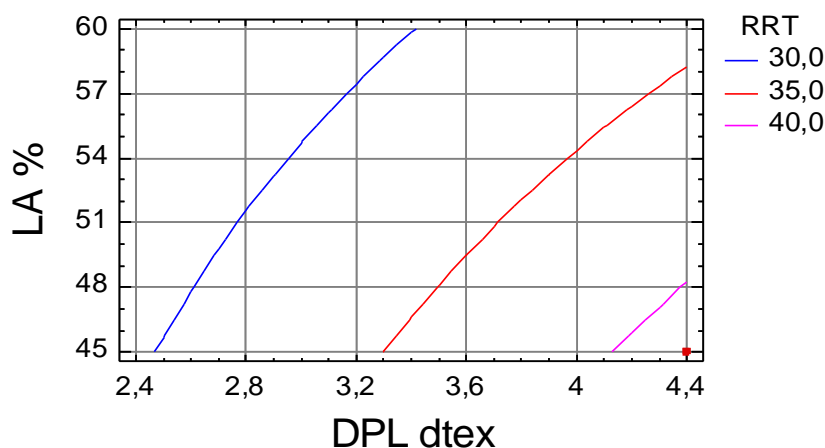


Gráfico 4.133 - Superfície de resposta de RRT<sub>SARJA 4/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência ao rasgo à trama (RRT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3

#### 4.3.2.4.7- Propensão à formação de borboto.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.1.7.

A equação de regressão 4.54 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=45,83\%$ .

$$\text{PFB}_{\text{SARJA 4/TIRA}} (\text{Grau}) = -2,74804 + 1,50524 \cdot \text{DPL} + 0,115183 \cdot \text{LA} - 0,026178 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.54)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{PFB}_{\text{SARJA 4/TIRA}}$ , apresenta um valor óptimo de grau 4, para  $\text{DPL}=2,49$  dtex e  $\text{LA}=60\%$ .

No gráfico 4.134 mostra-se a superfície de resposta de  $\text{PFB}_{\text{SARJA 4/TIRA}}$  (grau), obtida pela equação 4.54, que relaciona o diâmetro de (DPL) e a composição em lã (LA).

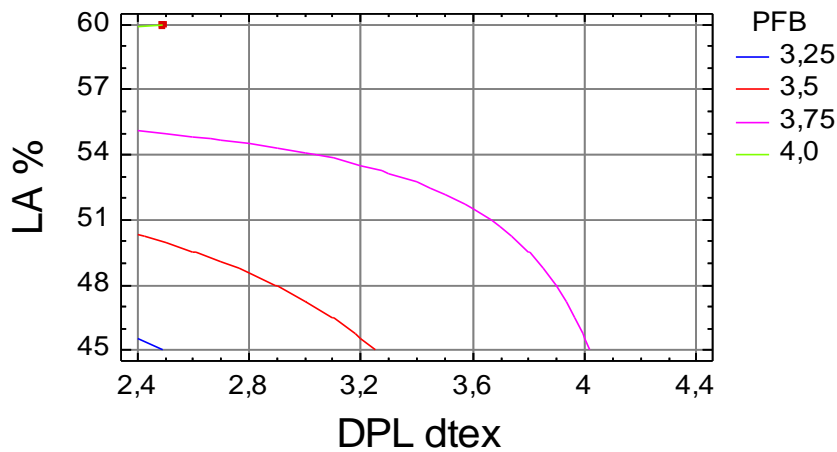


Gráfico 4.134 - Superfície de resposta de PFB SARJA 4/TIRA (grau) em função do DPL e LA

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da propensão à formação de borboto (PFB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.248 do ponto 4.3.3.2.4

#### 4.3.2.4.8 - Resistência à abrasão.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.1.8.

A equação de regressão 4.55 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,31\%$ .

$$RA/1000_{SARJA4/TIRA} \text{ (revoluções/1000)} = 42,7327 + 21,7539 \cdot DPL - 0,896,667 \cdot LA \quad (4.55)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA_{SARJA 4/TIRA}/1000$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 98,10 revoluções/1000, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.135 mostra-se a superfície de resposta de  $RA/1000_{SARJA 4/TIRA}$  (rev./1000), obtidos pela equação 4.55, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

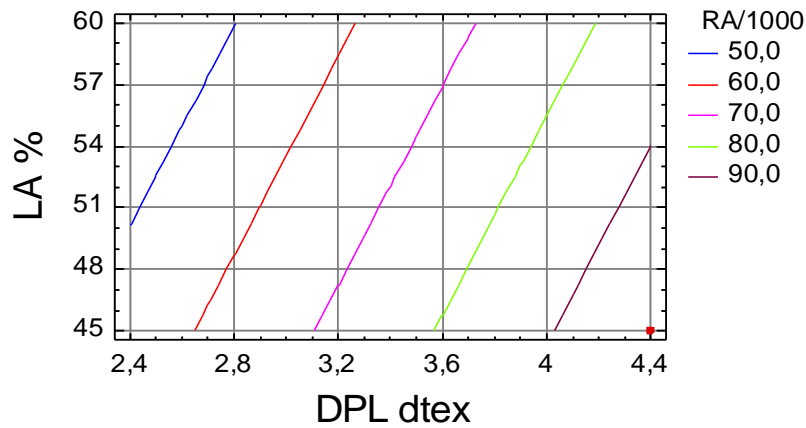


Gráfico 4.135 - Superfície de resposta de RA/1000<sub>SARJA 4/TIRA</sub> (rev./1000) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência (RA) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.249 do ponto 4.3.3.2.5

#### 4.3.2.4.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após Tratamento para Incrementar a Resistência à abrasão (TIRA).

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor óptimo de 0,9293, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 4.1.9. No mesmo, anexo, encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $\underline{E}$  com o valor de conveniência óptima, que resultou da combinação dos factores óptimos que se apresentam na tabela 4.19.

Tabela 4.19 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima  
Para o ligamento sarja de 4 com ligamento TIRA.

Factor	Baixo	Alto	Óptimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=1293,1 N
- FRTT=978,8 N
- ARTB=54,3%
- ARTT=35,0%
- RRB=55,6 N
- RRT=46,1 N
- PFB= entre grau 3/4 e 4
- RA/1000=98,10 Revoluções/1000

No gráfico 4.136, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m) mostram que a a torção do fio a um cabo tem mais relevância do que o diâmetro da fibra de lã (DLA).

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.136 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

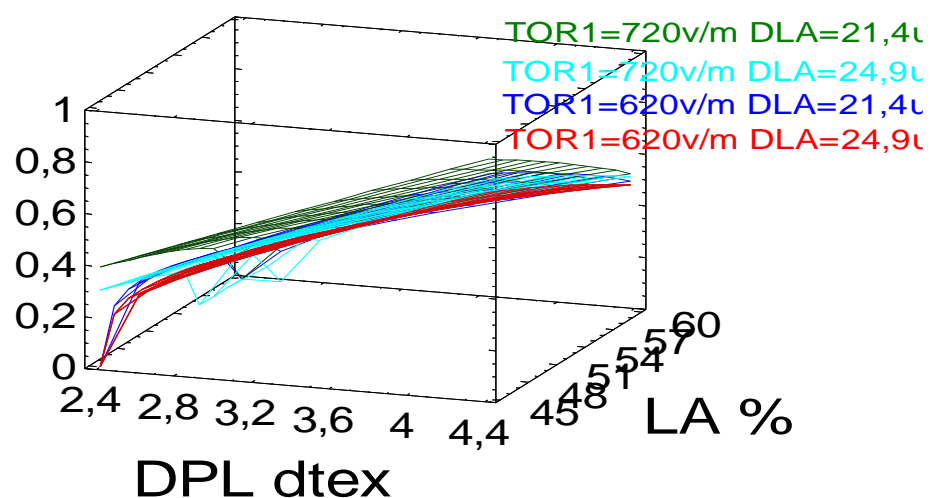


Gráfico 4.136 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4/TIRA a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.3.2.5 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento para Incrementar a Resistência à abrasão (TIRA)

##### 4.3.2.5.1 - Resistência à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.2.1.

A equação de regressão 4.56 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,01\%$ .

$$FRTB_{SARJA\ 3/TIRA} (N) = 213,22 + 468,586*DPL + 7,51309*LA - 6,63176*DPL*LA \quad (4.56)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTB_{SARJA\ 3/TIRA}$ , apresenta um valor óptimo de 1300 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.137 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 3/TIRA} (N)$ , obtida pela equação 4.56, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

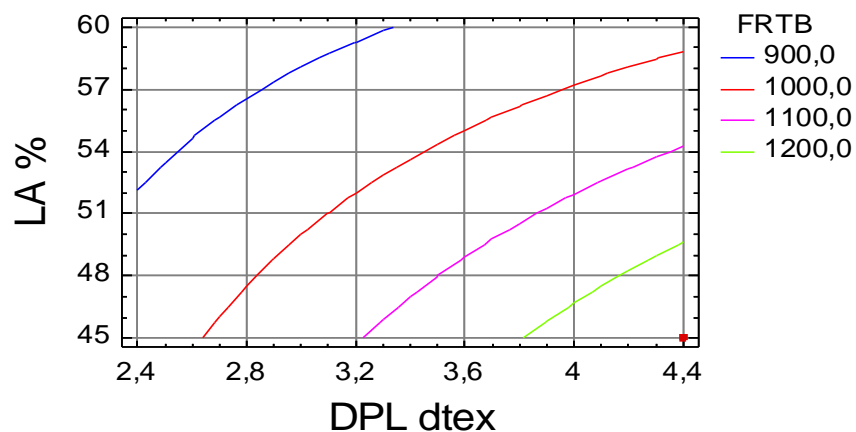


Gráfico 4.137 - Superfície de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 3/TIRA} (N)$  em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à teia (FRTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.5.2 - Resistência à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.2.2.

A equação de regressão 4.57 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=96,25\%$ .

$$FRTT_{SARJA\ 3/TIRA} (N) = 442,199 + 185,864 * DPL + 0,229494 * LA - 1,83246 * DPL * LA \quad (4.57)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTT_{SARJA\ 3/TIRA}$ , apresenta um valor óptimo de 907,5 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.138 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTT_{SARJA\ 3/TIRA} (N)$ , obtida pela equação 4.57, que relaciona o diâmetro do poliéster e a composição em lã (LA).

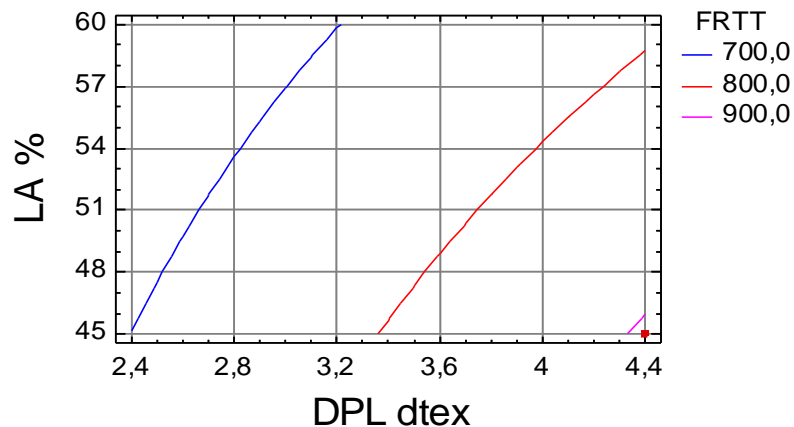


Gráfico 4.138 - Superfície de resposta de  $FRTT_{SARJA\ 3/TIRA} (N)$  em função do DPL e LA

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à trama ( $FRTT$ ) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.5.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.2.3.

A equação de regressão 4.58 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=96,58\%$ .

$$\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\%) = 43,8017 + 0,02 \cdot \text{TOR1} - 1,78197 \cdot \text{DLA} - 0,3908 \cdot \text{DPL} + 0,314311 \cdot \text{LA} + 0,486163 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} - 0,139616 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.58)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TIRA}}$ , apresenta um valor óptimo de 51,9%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.139, 4.140, 4.141 e 4.142 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TIRA}}$  (%), obtidas pela equação 4.58, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

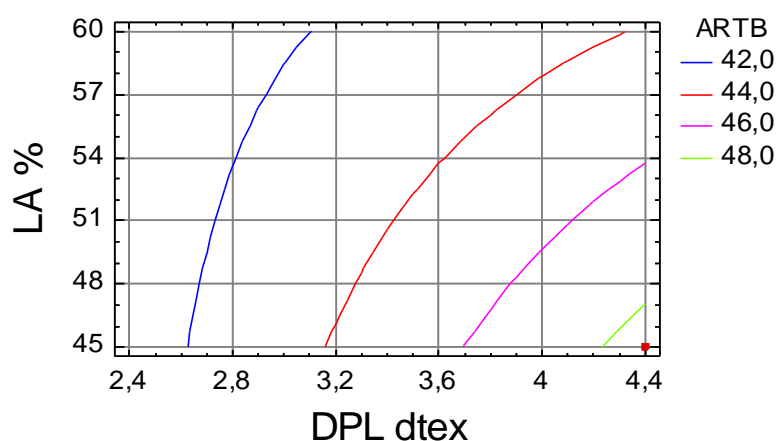


Gráfico 4.139 - Superfície de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TIRA}}$  (%) em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620$  v/m;  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

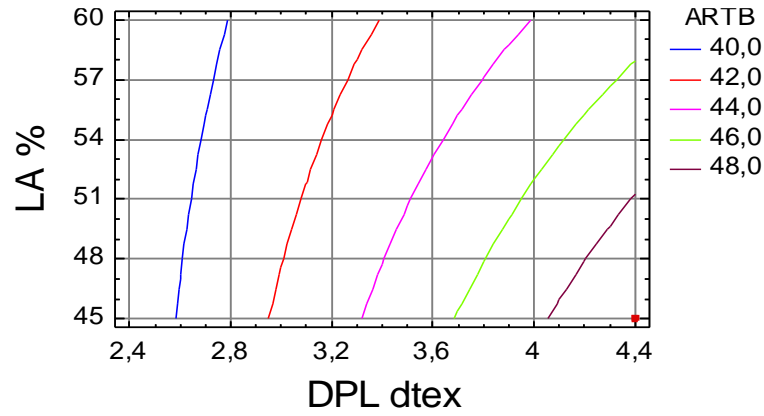


Gráfico 4.140 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 3/TIRA (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

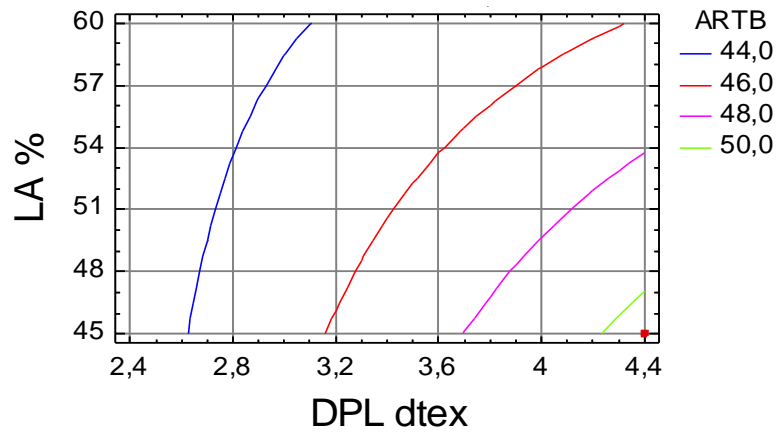


Gráfico 4.141 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 3/TIRA (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

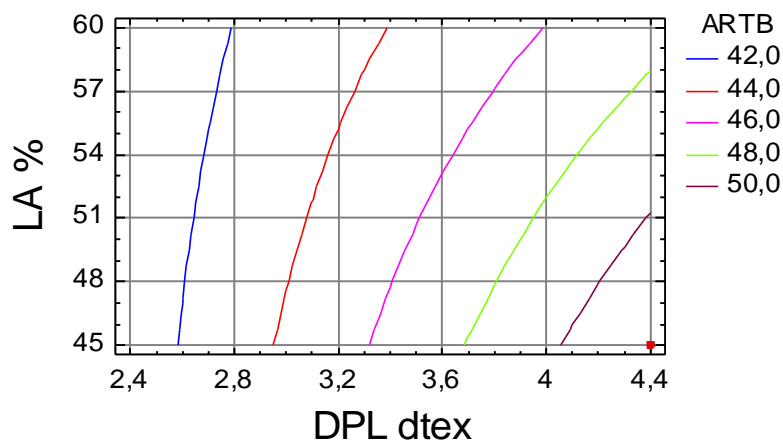


Gráfico 4.142 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 3/TIRA (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2

#### 4.3.2.5.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.2.4.

A equação de regressão 4.59 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=73,84\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\%) = 8,32752 + 0,014375 \cdot \text{TOR1} + 5,89005 \cdot \text{DPL} + 0,258202 \cdot \text{LA} - 0,100349 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.59)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 36,3%, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.143 e 4.144 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\%)$ , obtidas pela equação 4.59 que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para distintos níveis de torção do fio a um cabo.

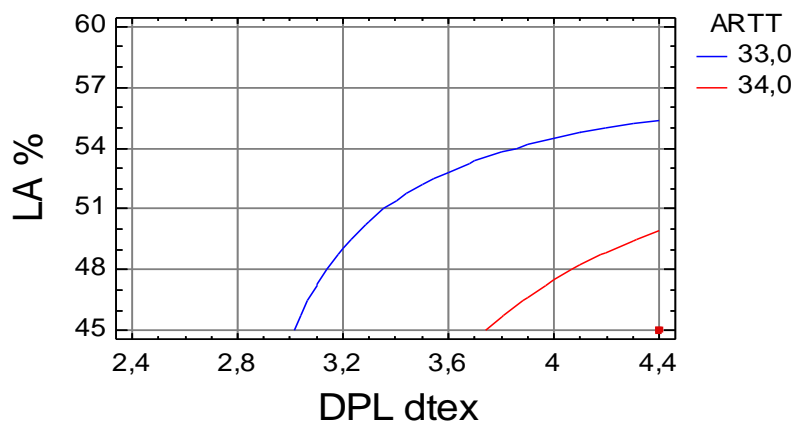


Gráfico 4.143 - Superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\%)$ , em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ )

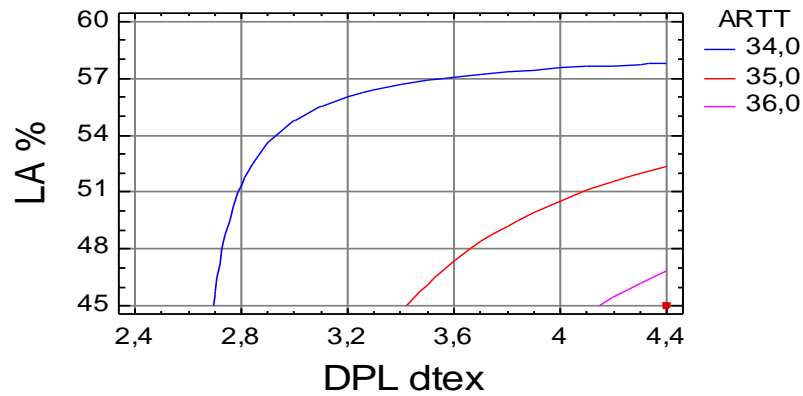


Gráfico 4.144 - Superfície de resposta de ARTT<sub>SARJA 3/TIRA</sub> (%), em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2

#### 4.3.2.5.5 - Resistência ao rasgo à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.2.5.

A equação de regressão 4.60 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=79,67\%$ .

$$RRB_{SARJA\ 3/TIRA} (N) = 56,5707 + 4,18848 * DPL - 0,6 * LA \quad (4.60)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRB_{SARJA\ 3/TIRA}$ , apresenta um valor óptimo de 48,0 N, para DPL=4,4 dtex e LA=45%.

No gráfico 4.145 mostra-se a superfície de resposta de  $RRB_{SARJA\ 3/TIRA}$  (N), obtida pela equação 4.60, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

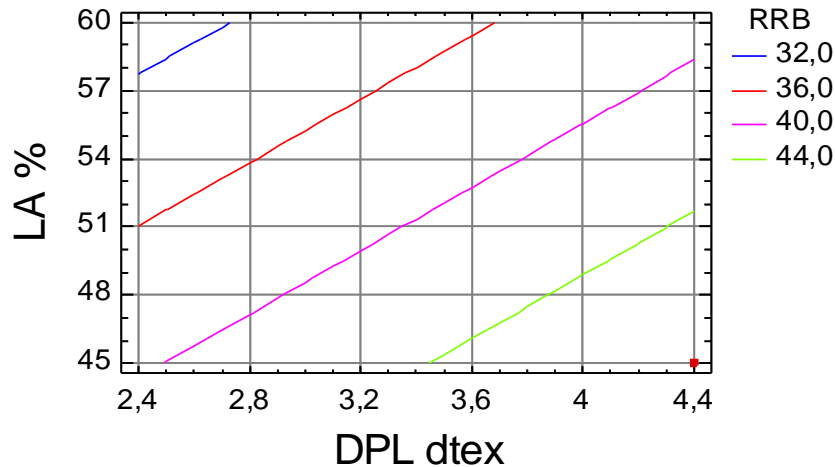


Gráfico 4.145 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/TIRA (N) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência ao rasgo à teia (RRB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3

#### 4.3.2.5.6 - Resistência ao rasgo à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.2.6.

A equação de regressão 4.61 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,53\%$ .

$$RRT_{\text{SARJA 3/TIRA}} \text{ (N)} = 63,8369 - 0,02125 \cdot \text{TOR1} - 1,39286 \cdot \text{DLA} + 13,6126 \cdot \text{DPL} + 0,0664049 \cdot \text{LA} - 0,200698 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.61)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{\text{SARJA 3/TIRA}}$ , apresenta um valor óptimo de 44,0 N, para TOR1=620 v/m, DLA=21,4 $\mu$ m, DPL=4,4 dtex e LA=45%.

Nos gráficos 4.146, 4.147, 4.148 e 4.149 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TIRA}$  (N), obtidas pela equação 4.61, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

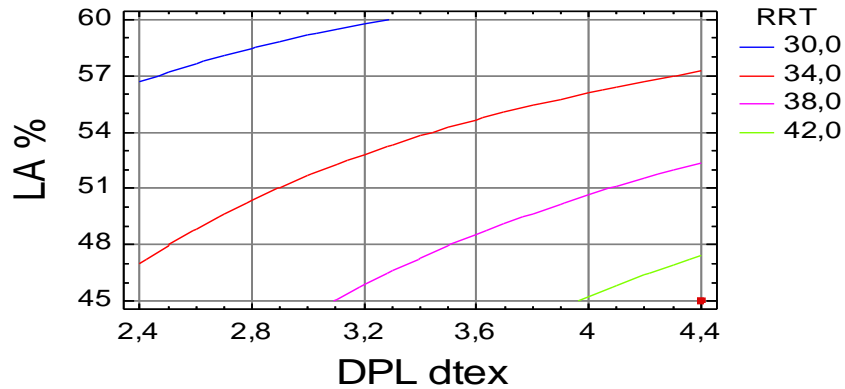


Gráfico 4.146 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)

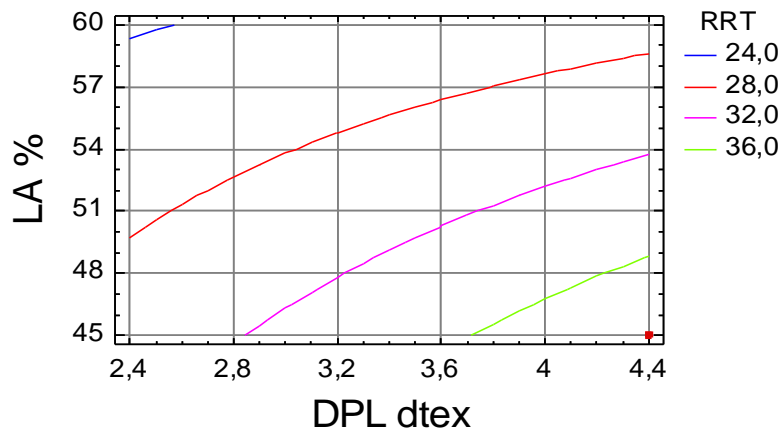


Gráfico 4.147 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)

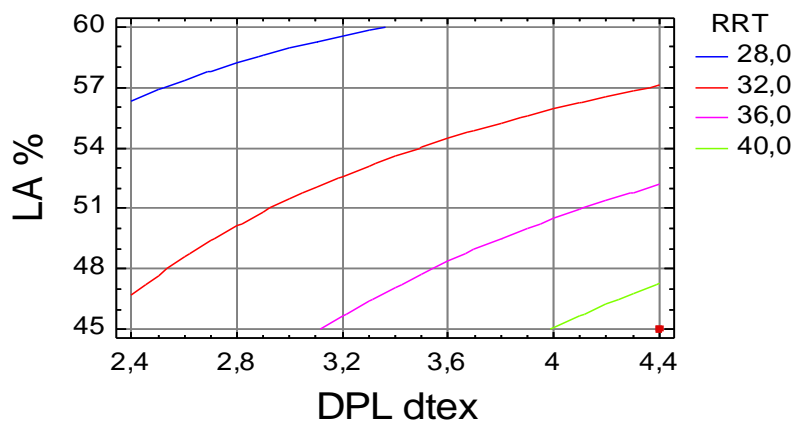


Gráfico 4.148 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)

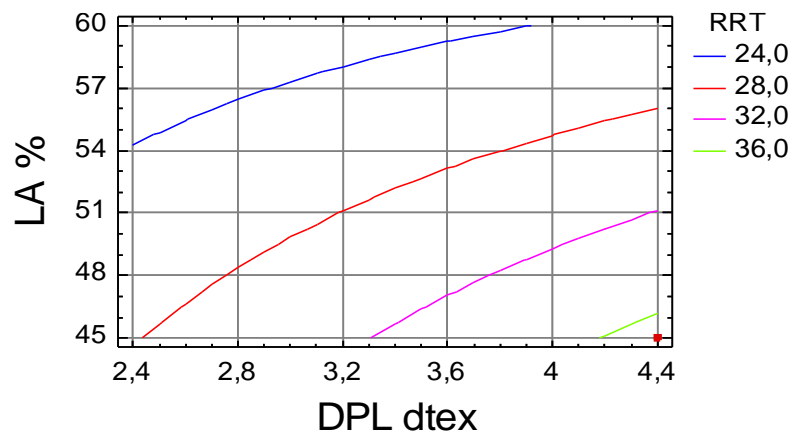


Gráfico 4.149 - Superfície de resposta de RRT<sub>SARJA 3/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência ao rasgo à trama (RRT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3

#### 4.3.2.5.7 - Propensão à formação de borboto.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.2.7.

A equação de regressão 4.62 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=85,71\%$ .

$$\begin{aligned} \text{PFB}_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\text{Grau}) = & -7,38964 + 0,00903571 \cdot \text{TOR1} + 0,692857 \cdot \text{DLA} + 0,00690476 \cdot \text{LA} \\ & - 0,000714286 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DLA} + 0,000166667 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{LA} \\ & - 0,0047619 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.62)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{PFB}_{\text{SARJA 3/TIRA}}$ , apresenta um valor óptimo entre o grau 4 e 4-5, para TOR1=720 v/m, DLA=21,4µm, DPL=2,49 dtex e LA=60%.

Nos gráficos 4.150 e 4.151 mostram-se as superfícies de resposta de PFB<sub>SARJA 3/TIRA</sub> (grau), obtidas pela equação 4.62, que relaciona o diâmetro da fibra de lã (DLA) e a composição em lã (LA) para diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

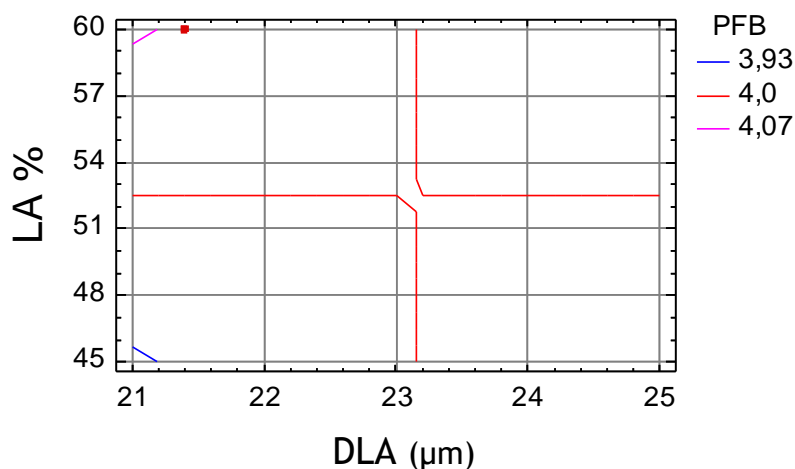


Gráfico 4.150 - Superfície de resposta de PFB<sub>SARJA 3/TIRA</sub> (grau) em função do DLA e de LA (TOR1=620 v/m)

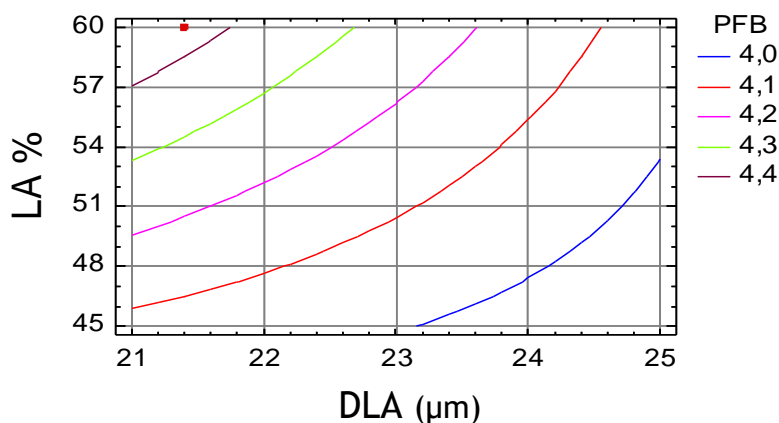


Gráfico 4.151 - Superfície de resposta de PFB<sub>SARJA 3/TIRA</sub> (grau) em função do DLA e de LA (TOR1=720 v/m)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da propensão à formação de borboto (PFB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.248 do ponto 4.3.3.2.4.

#### 4.3.2.5.8 - Resistência à abrasão.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de

superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.2.8.

A equação de regressão 4.63 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,87\%$ .

$$RA_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\text{rev./1000}) = -14,4602 + 32,1728 \cdot \text{DPL} + 0,136859 \cdot \text{LA} - 0,24171 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.63)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\text{rev./1000})$ , apresenta um valor óptimo de 85,40 revoluções/1000, para  $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

No gráfico 4.152 mostra-se a superfície de resposta de  $RA_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\text{rev./1000})$ , obtidos pela equação 4.63, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

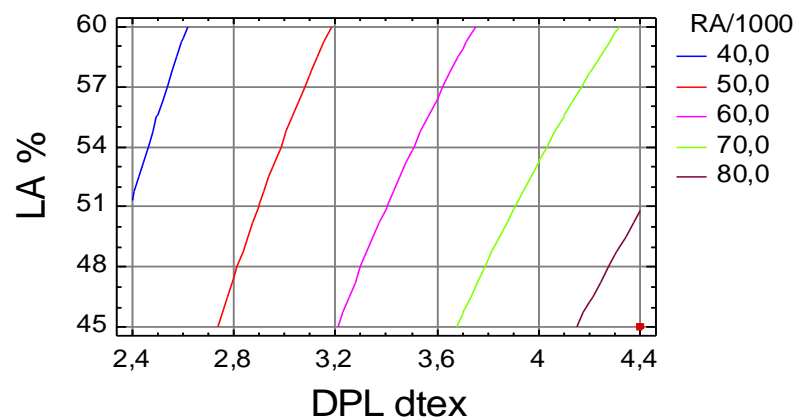


Gráfico 4.152 - Superfície de resposta de  $RA_{\text{SARJA 3/TIRA}} (\text{rev./1000})$  em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência (RA) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.249 do ponto 4.3.3.2.5.

#### 4.3.2.5.9 - Optimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento para Incrementar a Resistência à abrasão (TIRA).

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor óptimo de 0,8963, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 4.2.9. No mesmo, anexo,

encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $E$  com o valor de conveniência optima, que resultou da combinação dos factores optimos que se apresentam na tabela 4.20.

Tabela 4.20 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

Factor	Baixo	Alto	Óptimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=1300,0 N
- FRRT=907,5 N
- ARTB=50,6%
- ARTT=36,3%
- RRB=48,0 N
- RRT=41,9 N
- PFB= entre grau 4 e 4-5
- RA/1000=85,4 Revoluções/1000

No gráfico 4.153, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m) mostram que a a torção do fio a um cabo tem mais relevância do que o diâmetro da fibra de lã (DLA).

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.153 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

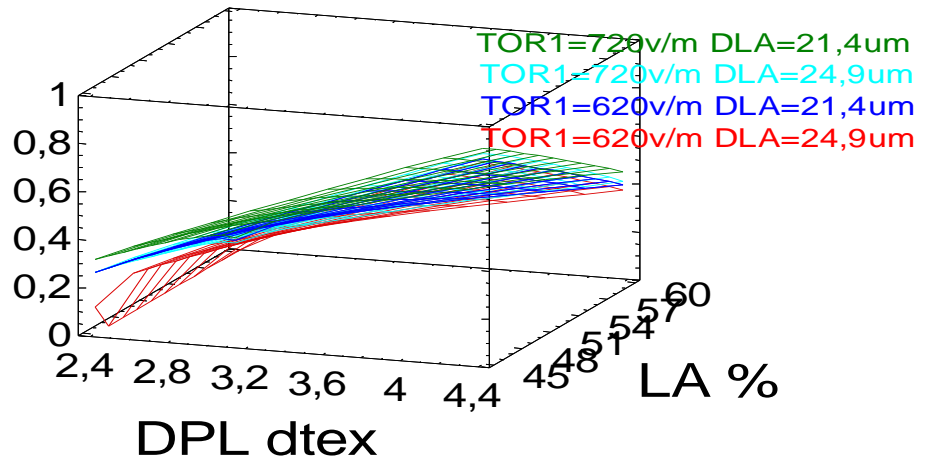


Gráfico 4.153 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3/TIRA para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.3.2.6 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após Tratamento para Incrementar a Resistência à Abrasão (TIRA)

##### 4.3.2.6.1 - Resistência à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.3.1.

A equação de regressão 4.64 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,01\%$ .

$$FRTB_{\text{TAFETÁ/TIRA}} \text{ (N)} = 584,751 + 142,67 \cdot \text{DPL} - 2,85689 \cdot \text{LA} - 1,39616 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.64)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTB_{\text{TAFETÁ/TIRA}}$ , apresenta um valor óptimo de 807,5 N, para  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

No gráfico 4.154 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTB_{TAFETÁ/TIRA}$  (N), obtida pela equação 4.64, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

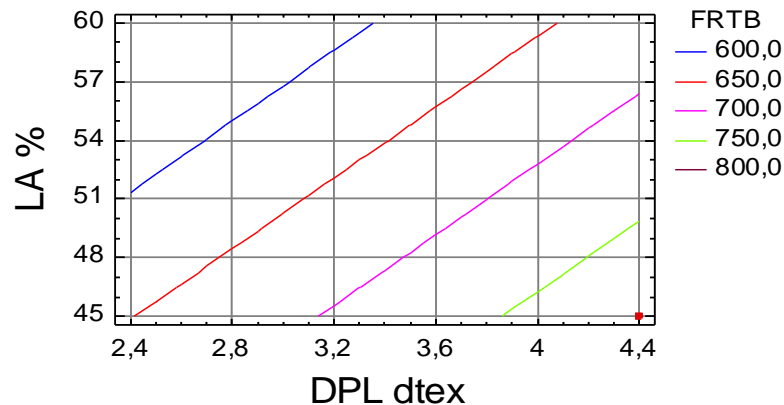


Gráfico 4.154 - Superfície de resposta de  $FRTB_{TAFETÁ/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à teia ( $FRTB$ ) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.6.2 - Resistência à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.3.2.

A equação de regressão 4.65 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,05\%$ .

$$FRTT_{TAFETÁ/TIRA} (N) = 427,736 + 180,628 \cdot DPL - 1,53839 \cdot LA - 1,65794 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.65)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTT_{TAFETÁ/TIRA}$ , apresenta um valor óptimo de 825,0 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.155, mostra-se a superfície de resposta de  $FRTT_{TAFETÁ/TIRA}$  (N), obtida pela equação 4.65, que relaciona o diâmetro do poliéster e a composição em lã (LA).

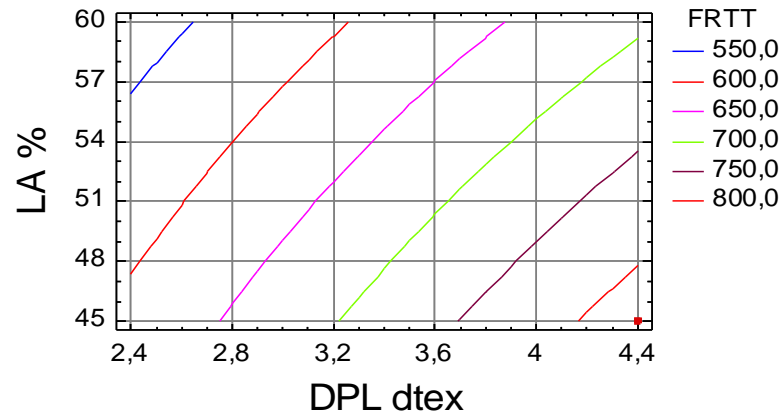


Gráfico 4.155 - Superfície de resposta de FRTT TAFETÁ / TIRA (N) em função do DPL e LA

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à trama (FRTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.6.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.3.3.

A equação de regressão 4.66 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=95,66\%$ .

$$\text{ARTB}_{\text{TAFETÁ/TIRA}} (\%) = - 4,33351 + 0,0474346 \cdot \text{TOR1} + 11,394 \cdot \text{DPL} + 0,0662304 \cdot \text{LA} - 0,00850785 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DPL} - 0,056719 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.66)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTB}_{\text{TAFETÁ/TIRA}}$ , apresenta um valor óptimo de 44,8%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.156 e 4.157 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{TAFETÁ/TIRA}} (\%)$ , obtidas pela equação 4.66, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

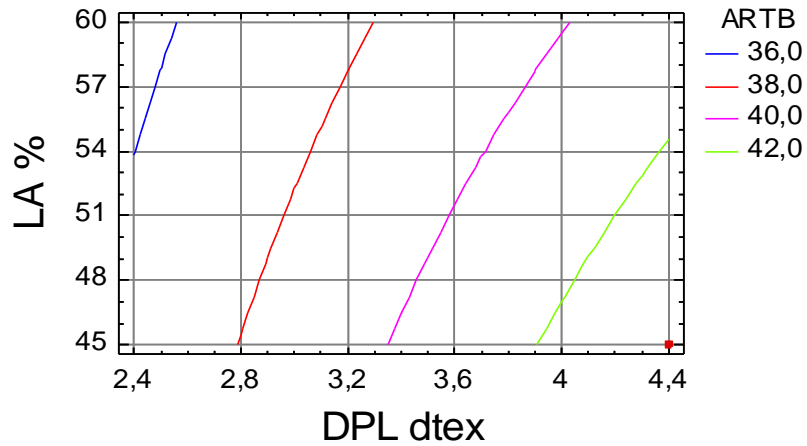


Gráfico 4.156 - Superfície de resposta de ARTB<sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m)

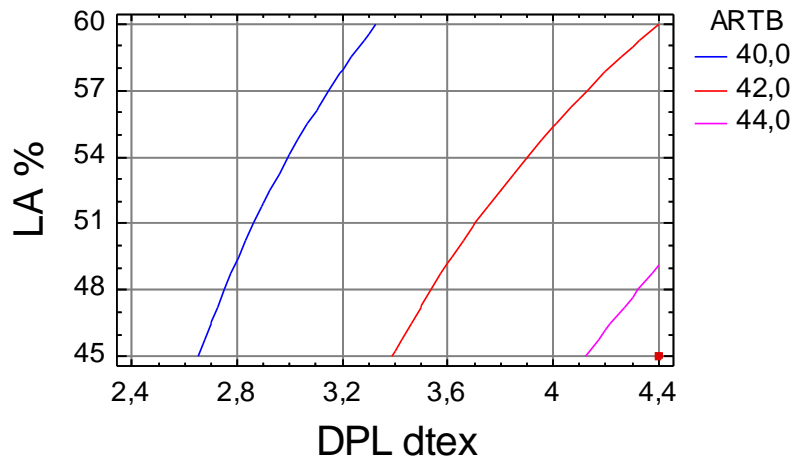


Gráfico 4.157 - Superfície de resposta de ARTB<sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.6.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.3.4.

A equação de regressão 4.67 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=67,59\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{TAFETÁ/TIRA}} (\%) = 37,1563 + 0,015625 \cdot \text{TOR1} - 0,1625 \cdot \text{LA} \quad (4.67)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{TAFETÁ/TIRA}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 41,1%, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

No gráfico 4.158 mostra-se a superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{TAFETÁ/TIRA}} (\%)$ , obtida pela equação 4.67 que relaciona a torção do fio a um cabo ( $\text{TOR1}$ ) e a composição em lã ( $\text{LA}$ ).

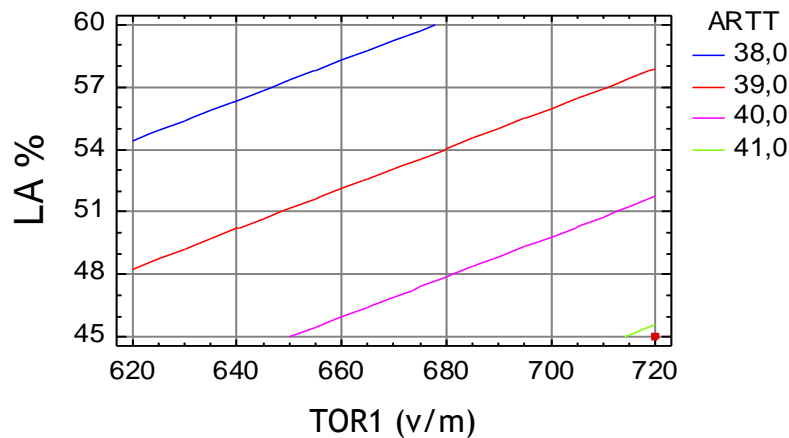


Gráfico 4.158 - Superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{TAFETÁ/TIRA}} (\%)$ , em função de  $\text{TOR1}$  e  $\text{LA}$ .

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à trama ( $\text{ARTT}$ ) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.6.5 - Resistência ao rasgo à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.3.5.

A equação de regressão 4.68 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=95,76\%$ .

$$RRB_{TAFETÁ/TIRA} (N) = 102,691 - 0,02125 \cdot TOR1 - 1,10714 \cdot DLA + 3,86126 \cdot DPL - 0,825 \cdot LA \quad (4.68)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRB_{TAFETÁ/TIRA}$ , apresenta um valor óptimo de 45,7 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu\text{m}$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.159, 4.160, 4.161 e 4.162 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRB_{TAFETÁ/TIRA}$  (N), obtidas pela equação 4.68, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

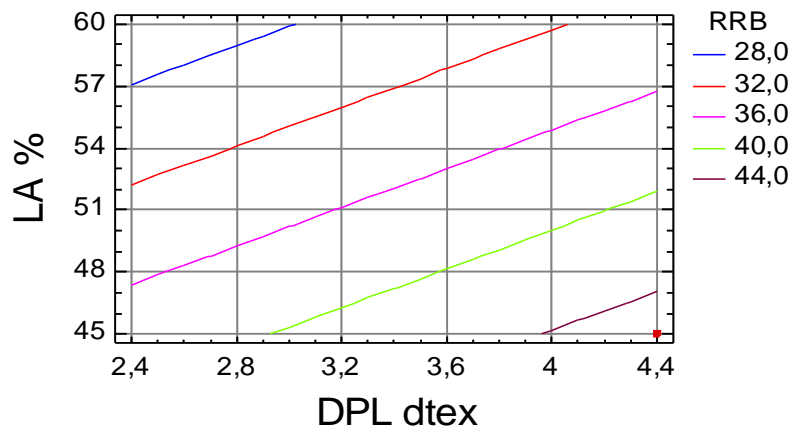


Gráfico 4.159 - Superfície de resposta de  $RRB_{TAFETÁ/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA. ( $TOR1=620$  v/m;  $DLA=21,4\mu\text{m}$ )

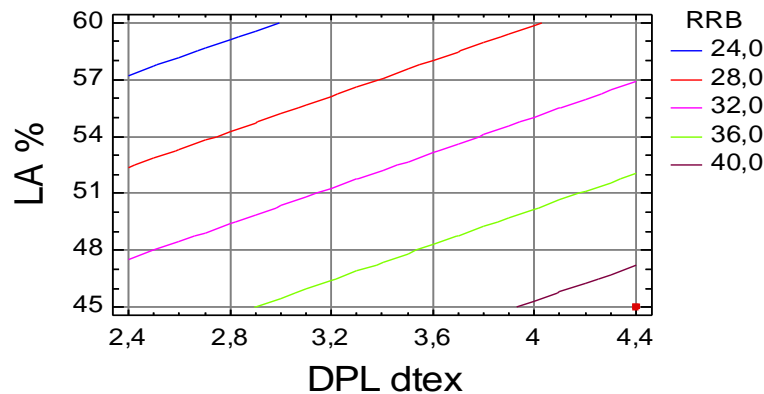


Gráfico 4.160 - Superfície de resposta de  $RRB_{TAFETÁ/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA. ( $TOR1=620$  v/m;  $DLA=24,9\mu\text{m}$ )

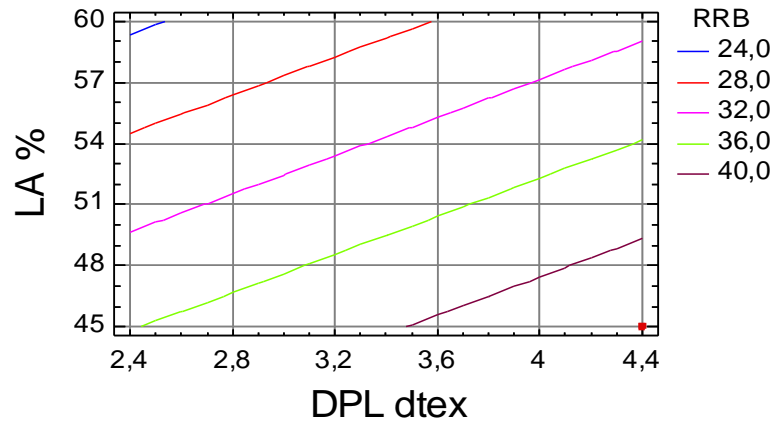


Gráfico 4.161 - Superfície de resposta de RRB TAFETÁ/TIRA (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720v/m; DLA=21,4µm)

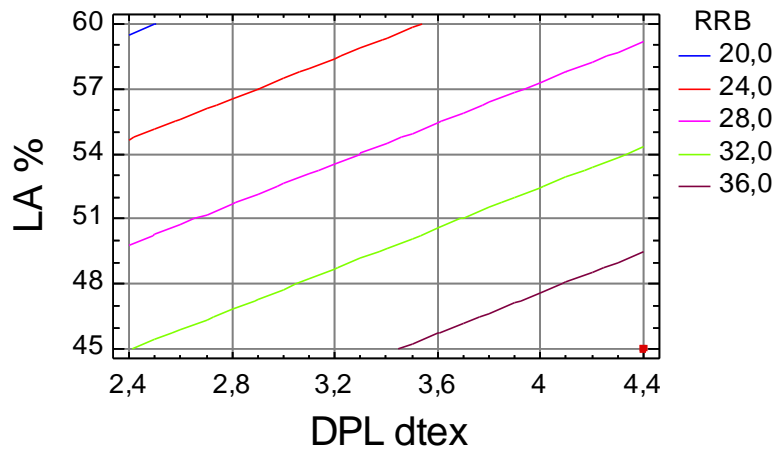


Gráfico 4.162 - Superfície de resposta de RRB TAFETÁ/TIRA (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência ao rasgo à teia (RRB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3

#### 4.3.2.6.6 - Resistência ao rasgo à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.3.6.

A equação de regressão 4.69 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,48\%$ .

$$RRT_{TAFETÁ/TIRA} (N) = 84,2494 - 0,0225 \cdot TOR1 - 1,14286 \cdot DLA + 8,24607 \cdot DPL - 0,499389 \cdot LA - 0,08726 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.69)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{TAFETÁ/TIRA}$ , apresenta um valor óptimo de 42,4 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.163 e 4.164, 4.165 e 4.166 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/TIRA}$  (N), obtidas pela equação 4.69 que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

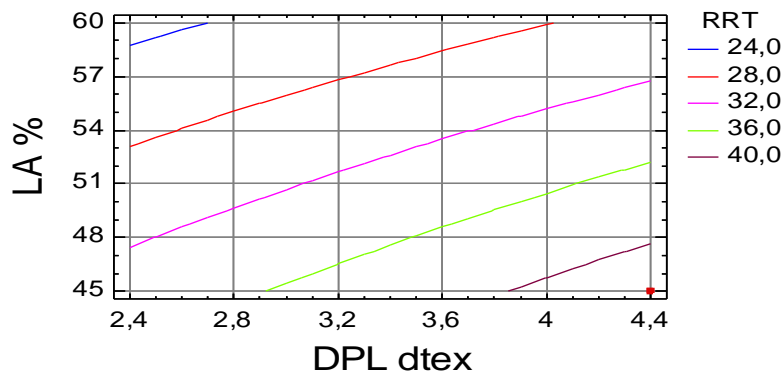


Gráfico 4.163 - Superfície de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu m$ )

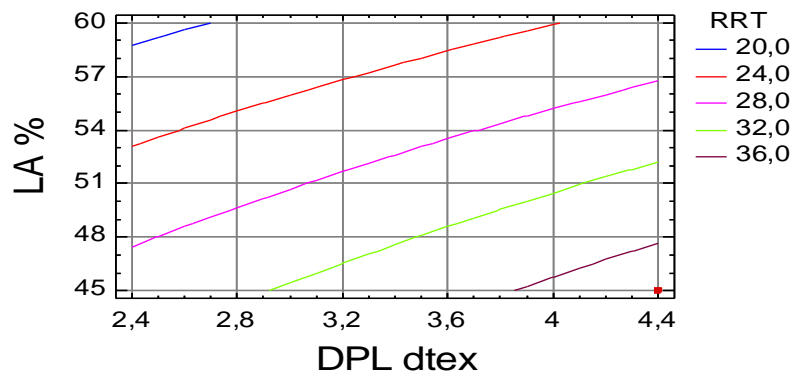


Gráfico 4.164 - Superfície de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/TIRA}$  (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu m$ )

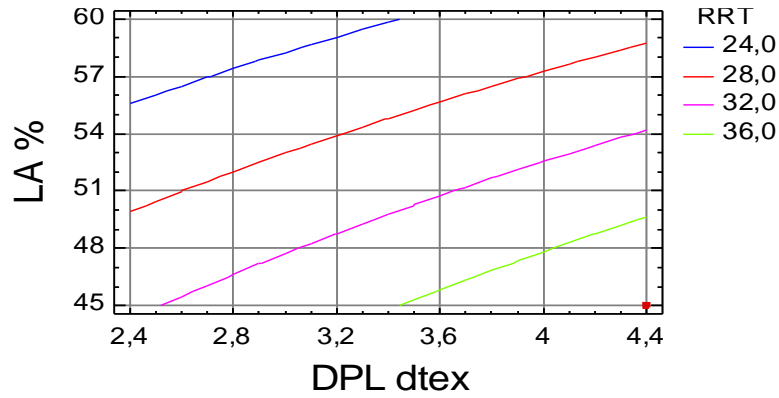


Gráfico 4.165 - Superfície de resposta de RRT<sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

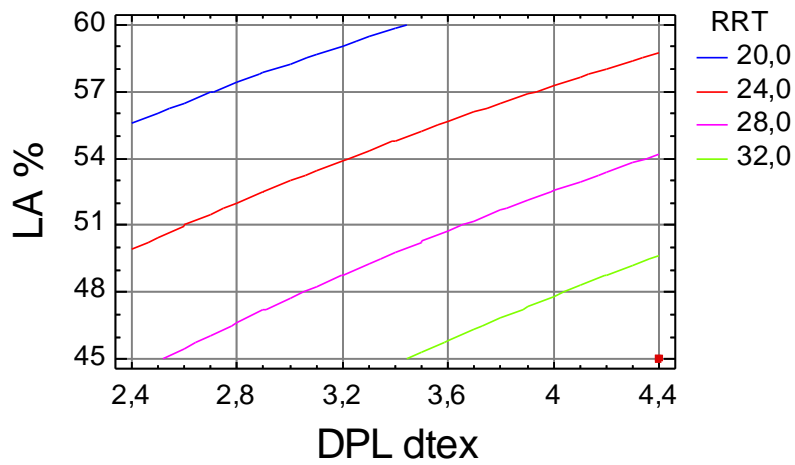


Gráfico 4.166 - Superfície de resposta de RRT<sub>TAFETÁ/TIRA</sub> (N) em função do DPL e LA.  
(TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência ao rasgo à trama (RRT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3

#### 4.3.2.6.7 - Propensão à formação de borboto.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.3.7.

A equação de regressão 4.70 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=58,33\%$ .

$$\text{PFB}_{\text{TAFETÁ/TIRA}} (\text{Grau}) = 4,27811 + 0,00125 \cdot \text{TOR1} - 0,0714286 \cdot \text{DLA} + 0,065445 \cdot \text{DPL} + 0,00833333 \cdot \text{LA} \quad (4.70)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{PFB}_{\text{TAFETÁ/TIRA}}$ , apresenta um valor óptimo entre o grau 4 e 4-5, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$ ,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=60\%$ .

Nos gráficos 4.167, 4.168, 4.169 e 4.170 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{PFB}_{\text{TAFETÁ/TIRA}}$  (grau), obtidas pela equação 4.70, que relaciona o diâmetro da fibra de lã (DLA) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis da torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de poliéster.

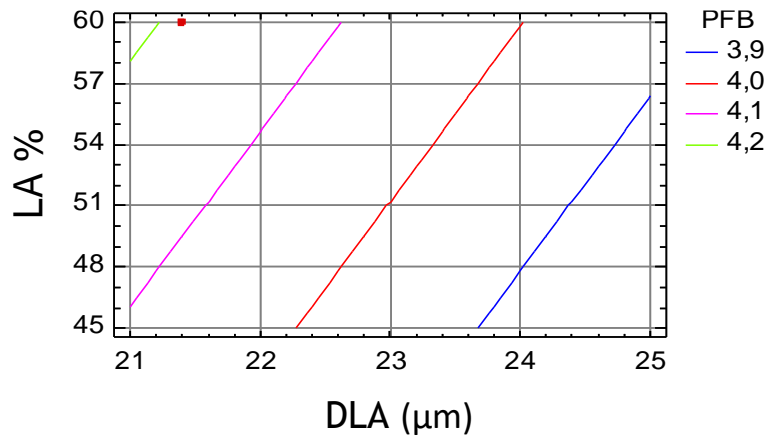


Gráfico 4.167 - Superfície de resposta de  $\text{PFB}_{\text{TAFETÁ/TIRA}}$  (grau) em função do DLA e da LA ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ;  $\text{DPL}=2,49 \text{ dtex}$ )

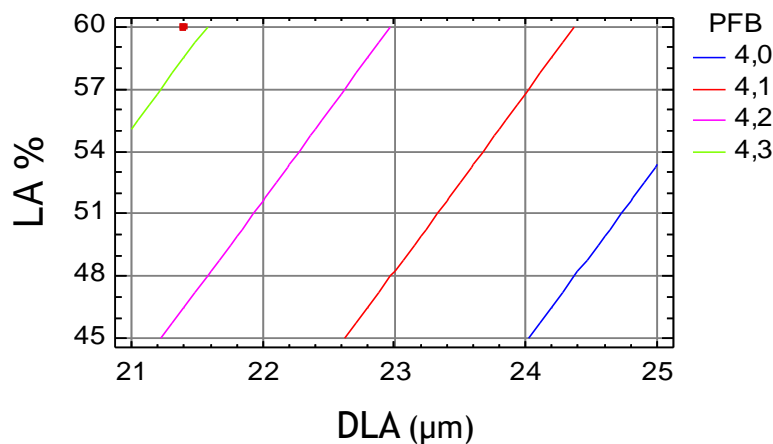


Gráfico 4.168 - Superfície de resposta de  $\text{PFB}_{\text{TAFETÁ/TIRA}}$  (grau) em função do DLA e da LA ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ;  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$ )

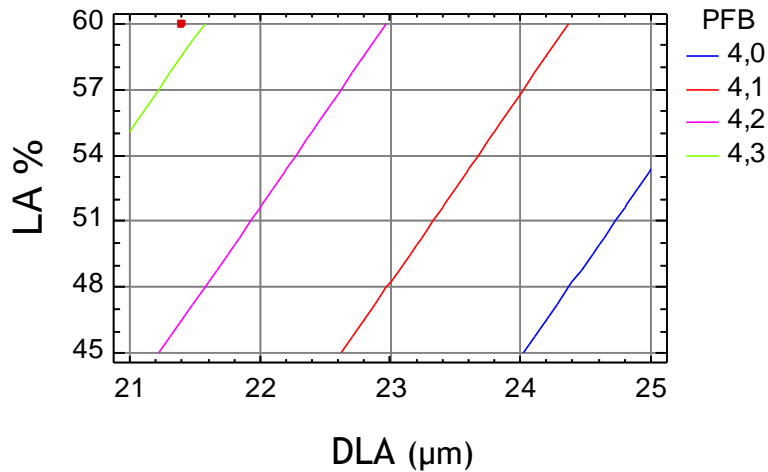


Gráfico 4.169 - Superfície de resposta de PFB TAFETÁ/TIRA (grau) em função do DLA e da LA (TOR1=620 v/m; DPL=2,49 dtex)

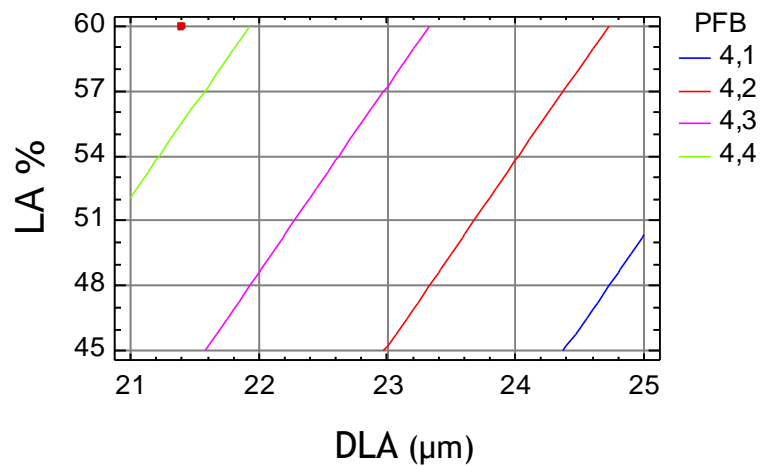


Gráfico 4.170 - Superfície de resposta de PFB TAFETÁ/TIRA (grau) em função do DLA e da LA (TOR1=720 v/m; DPL=4,4 dtex)

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da propensão à formação de borboto (PFB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.248 do ponto 4.3.3.2.4.

#### 4.3.2.6.8 - Resistência à abrasão.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de

superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 4.3.8.

A equação de regressão 4.71 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TIRA, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,30\%$ .

$$RA/1000_{TAFETÁ/TIRA} \text{ (revoluções/1000)} = 30,9054 + 22,4476 \cdot DPL - 0,731667 \cdot LA \quad (4.71)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA_{TAFETÁ/TIRA}$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 96,75 revoluções/1000, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.171 mostra-se a superfície de resposta de  $RA_{TAFETÁ/TIRA}$  (rev./1000), obtida pela equação 4.71, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

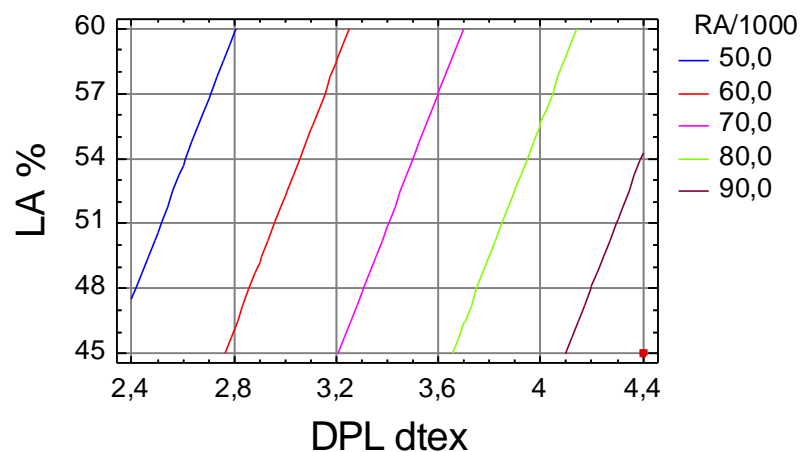


Gráfico 4.171 - Superfície de resposta de  $RA_{TAFETÁ/TIRA}$  (rev./1000) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TIRA) originou ao nível da resistência (RA) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.249 do ponto 4.3.3.2.5

#### 4.3.2.6.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após Tratamento para Incrementar a Resistência à Abrasão (TIRA).

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor óptimo de 0,9485, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 4.3.9. No mesmo, anexo,

encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $E$  com o valor de conveniência optima, que resultou da combinação dos factores optimos que se apresentam na tabela 4.21.

Tabela 4.21 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

Factor	Baixo	Alto	Óptimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=807,5 N
- FRTT=825,0 N
- ARTB=44,8%
- ARTT=41,1%
- RRB=43,6 N
- RRT=40,2 N
- PFB= entre grau 4 e 4-5
- RA/1000=96,75 Revoluções/1000

No gráfico 4.172, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá com acabamento TIRA para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) mostram que o diâmetro da fibra de lã (DLA) tem mais relevância do que a a torção do fio a um cabo.

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.172 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

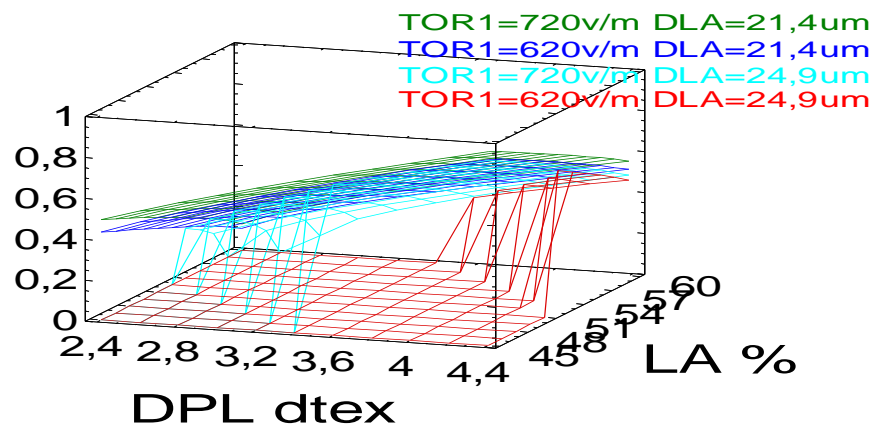


Gráfico 4.172 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá/TIRA a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.3.2.7 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após Tratamento de Limpeza a Seco (TLS).

##### 4.3.2.7.1 - Resistência à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.1.1.

A equação de regressão 4.72 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,82\%$ .

$$FRTB_{SARJA\ 4/TLS} (N) = 641,361 + 376,963 \cdot DPL + 1,50087 \cdot LA - 4,88656 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.72)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTB_{SARJA\ 4/TLS}$ , apresenta um valor óptimo de 1400 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.173 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 4/TLS}$  (N), obtidos pela equação 4.72, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

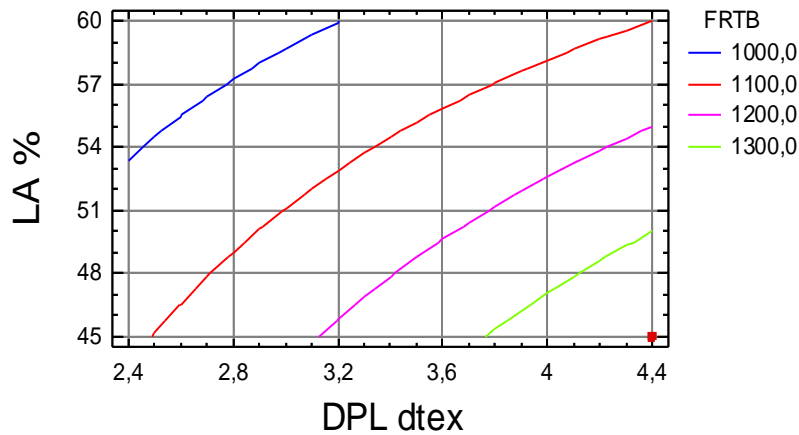


Gráfico 4.173 - Superfície de resposta de  $FRTB_{SARJA\ 4/TLS}$  (N) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à teia ( $FRTB$ ) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.7.2 - Resistência à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.1.2.

A equação de regressão 4.73 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,92\%$ .

$$FRTT_{SARJA\ 4/TLS} (N) = 2090,89 - 65,7143*DLA + 198,953*DPL - 31,2151*LA + 1,2381*DLA*LA - 1,91972*DPL*LA \quad (4.73)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTT_{SARJA\ 4/TLS}$ , apresenta um valor óptimo de 967,5 N, para  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.174 e 4.175 mostram-se as superfícies de resposta de  $FRTT_{SARJA\ 4/TLS\ (N)}$ , obtidas pela equação 4.73, que relaciona o diâmetro do poliéster e a composição em lã (LA) para os diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

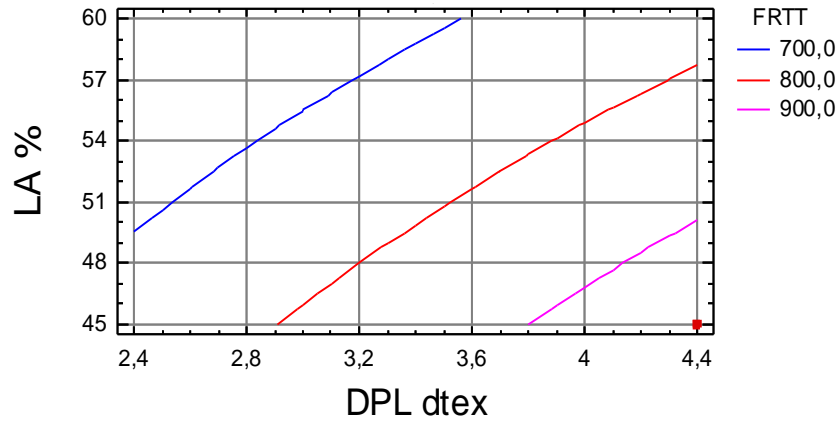


Gráfico 4.174 - Superfície de resposta de  $FRTT_{SARJA\ 4/TLS\ (N)}$  em função do DPL e LA (DLA=21,4µm)

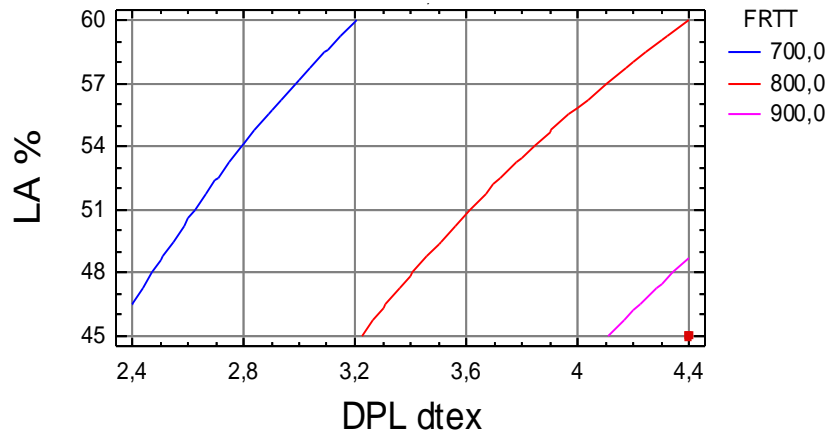


Gráfico 4.175 - Superfície de resposta de  $FRTT_{SARJA\ 4/TLS\ (N)}$  em função do DPL e LA (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à trama (FRTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.7.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.1.3.

A equação de regressão 4.74 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,28\%$ .

$$\begin{aligned} \text{ARTB}_{\text{SARJA 4/TLS}} (\%) = & -9,50354 + 0,095 \cdot \text{TOR1} - 1,38463 \cdot \text{DLA} + 0,0215034 \cdot \text{DPL} \\ & + 1,19904 \cdot \text{LA} - 0,00141667 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{LA} + 0,355273 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} \\ & - 0,100349 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.74)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 4/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo de 51,6%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.176, 4.177, 4.178 e 4.179 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 4/TLS}}$  (%), obtidas pela equação 4.74, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

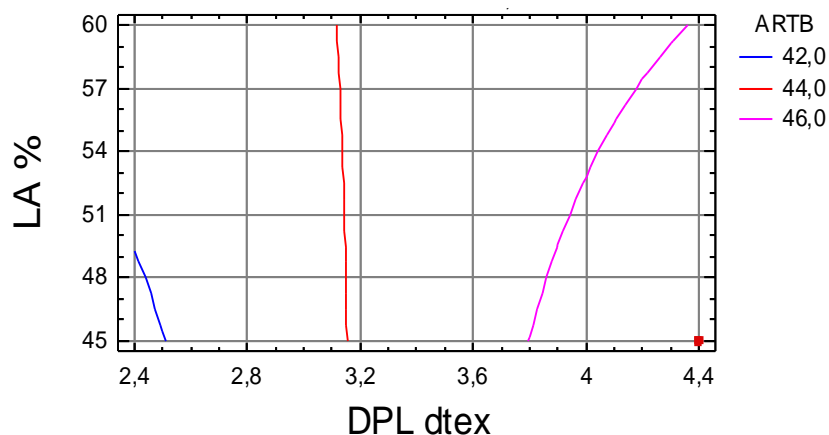


Gráfico 4.176 - Superfície de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 4/TLS}}$  (%) em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620$  v/m;  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

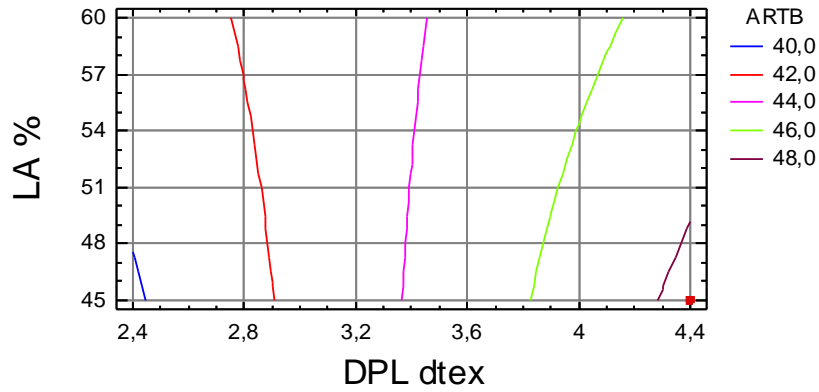


Gráfico 4.177 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 4/TLS (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

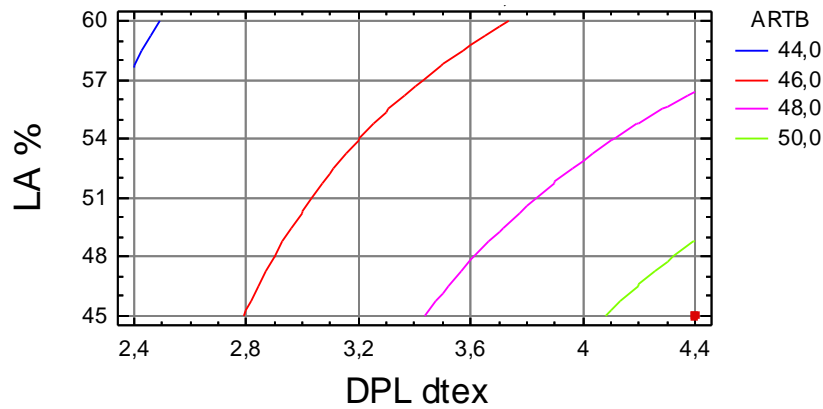


Gráfico 4.178 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 4/TLS (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

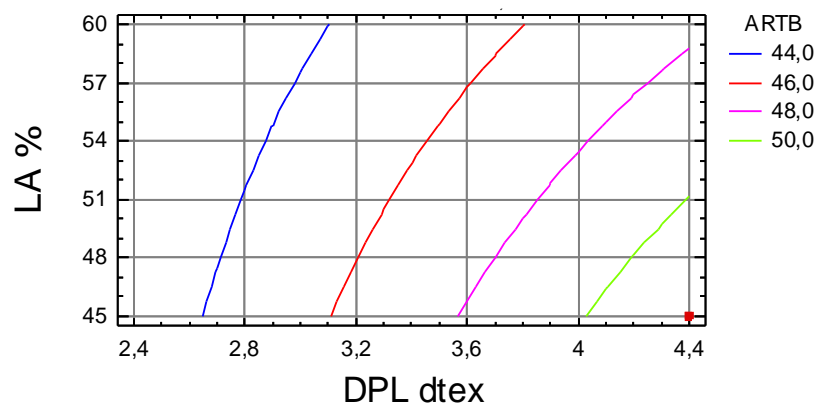


Gráfico 4.179 - Superfície de resposta de ARTB SARJA 4/TLS (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.7.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.1.4.

A equação de regressão 4.75 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=73,33\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TLS}} (\%) = 21,782 + 0,011875 \cdot \text{TOR1} + 3,46859 \cdot \text{DPL} + 0,0162304 \cdot \text{LA} - 0,056719 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.75)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TLS}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 35,1%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.180 e 4.181 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TLS}} (\%)$ , obtidas pela equação 4.75 que relaciona a torção do fio a um cabo (TOR1) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de poliéster.

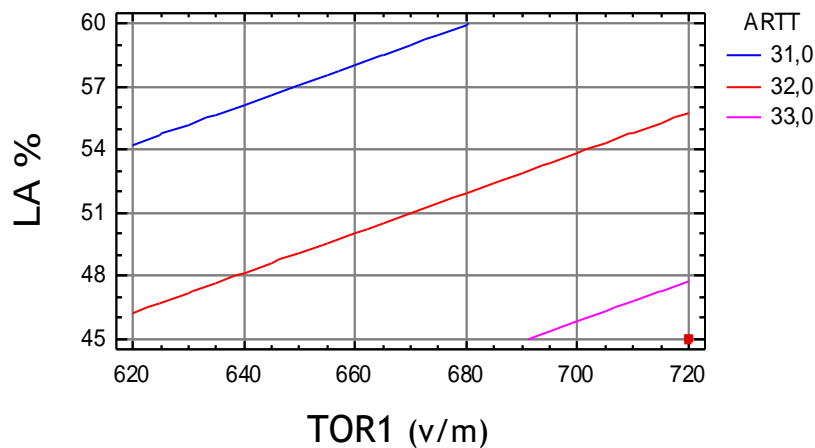


Gráfico 4.180 - Superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 4/TLS}} (\%)$ , em função do TOR1 e LA. (DPL=2,49 dtex)

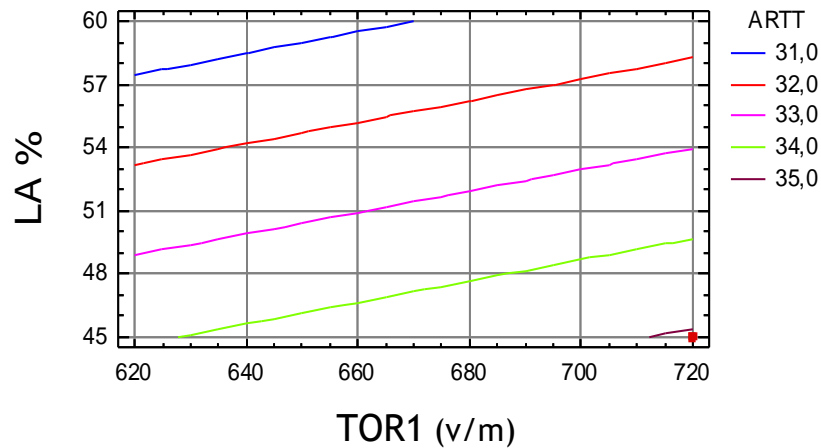


Gráfico 4.181 - Superfície de resposta de ARTT SARJA 4/TLS (%), em função do TOR1 e LA. (DPL=4,4 dtex)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2

#### 4.3.2.7.5 - Resistência ao rasgo à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.1.5.

A equação de regressão 4.76 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=92,42\%$ .

$$\begin{aligned} \text{RRB}_{\text{SARJA 4/TLS}} (\text{N}) = & 62,8158 - 1,46429 \cdot \text{DLA} + 11,7801 \cdot \text{DPL} - 0,117539 \cdot \text{LA} \\ & - 0,113438 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.76)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{RRB}_{\text{SARJA 4/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo de 55,6 N, para  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.182 e 4.183 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{RRB}_{\text{SARJA 4/TLS}} (\text{N})$ , obtidas pela equação 4.76, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

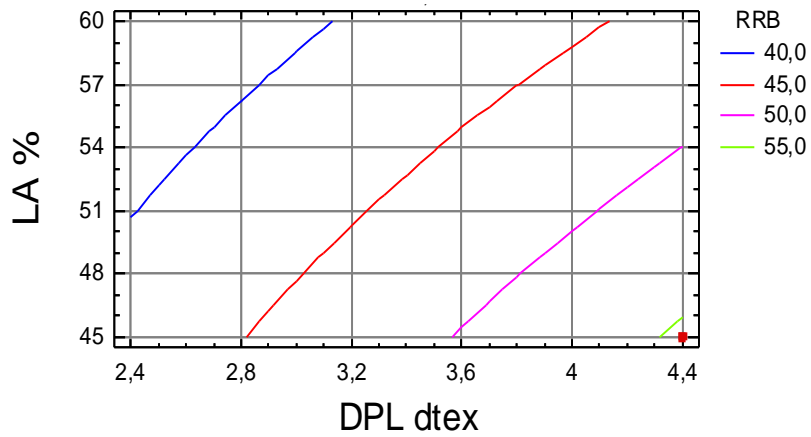


Gráfico 4.182 - Superfície de resposta de RRB SARJA 4/TLS (N) em função do DPL e LA. (DLA=21,4µm)

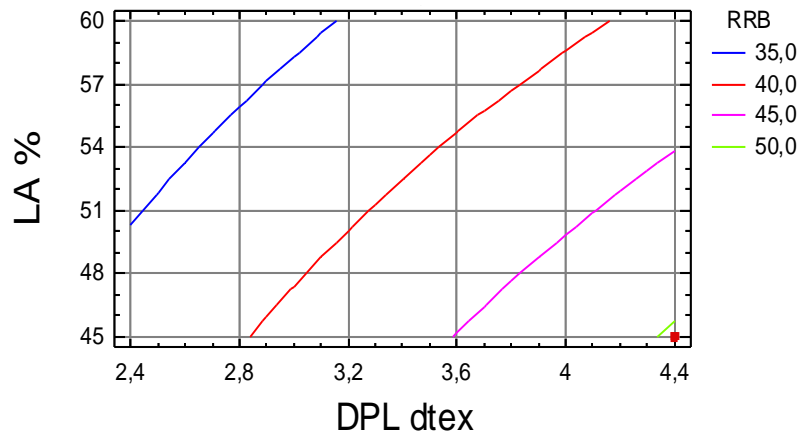


Gráfico 4.183 - Superfície de resposta de RRB SARJA 4/TLS (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência ao rasgo à teia (RRB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3

#### 4.3.2.7.6 - Resistência ao rasgo à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.1.6.

A equação de regressão 4.77 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,12\%$ .

$$\begin{aligned} RRT_{SARJA\ 4/TLS} (N) = & 246,028 - 0,201168 * TOR1 - 10,5786 * DLA + 18,3901 * DPL \\ & - 1,22681 * LA + 0,00928571 * TOR1 * DLA - 0,0065445 * TOR1 * DPL \\ & + 0,0619048 * DLA * LA - 0,183246 * DPL * LA \end{aligned} \quad (4.77)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{SARJA\ 4/TLS}$ , apresenta um valor óptimo de 49,3 N, para  $TOR1=620\ v/m$ ,  $DLA=21,4\ \mu m$ ,  $DPL=4,4\ dtex$  e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.184, 4.185, 4.186 e 4.187 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRT_{SARJA\ 4/TLS}$  (N), obtidas pela equação 4.77, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

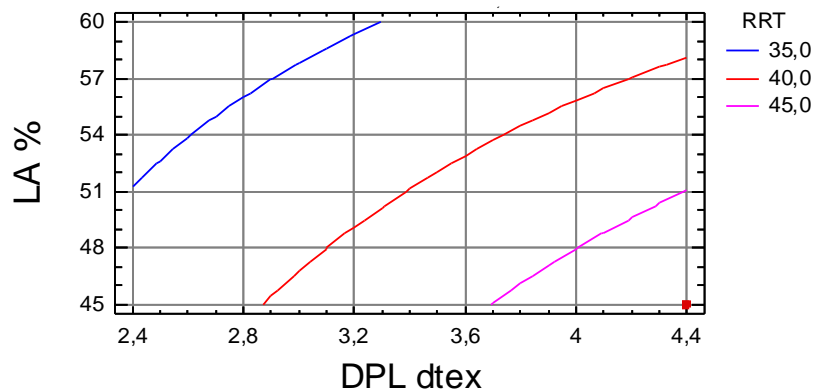


Gráfico 4.184 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 4/TLS}$  (N) em função do DPL e LA. ( $TOR1=620\ v/m$ ;  $DLA=21,4\ \mu m$ )

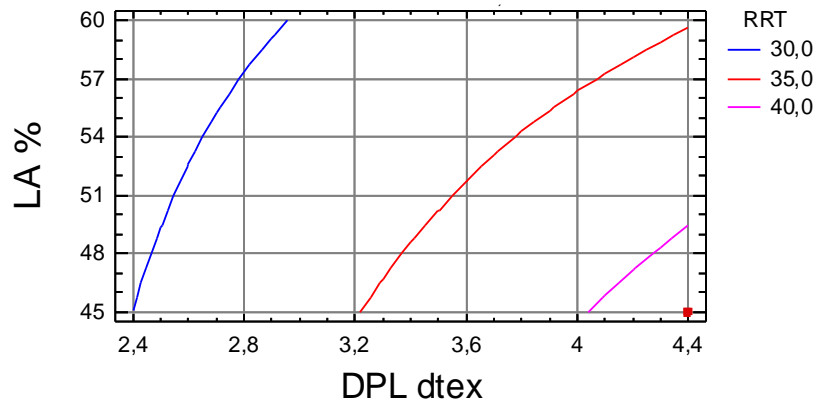


Gráfico 4.185 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 4/TLS}$  (N) em função do DPL e LA. ( $TOR1=620\ v/m$ ;  $DLA=24,9\ \mu m$ )

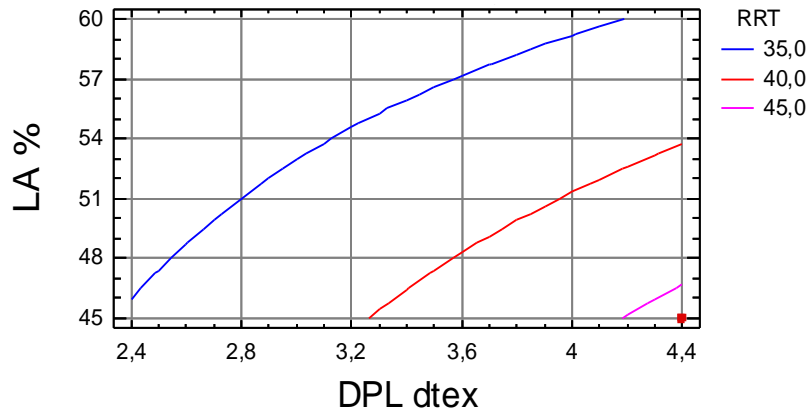


Gráfico 4.186 - Superfície de resposta de RRT SARJA 4/TLS (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

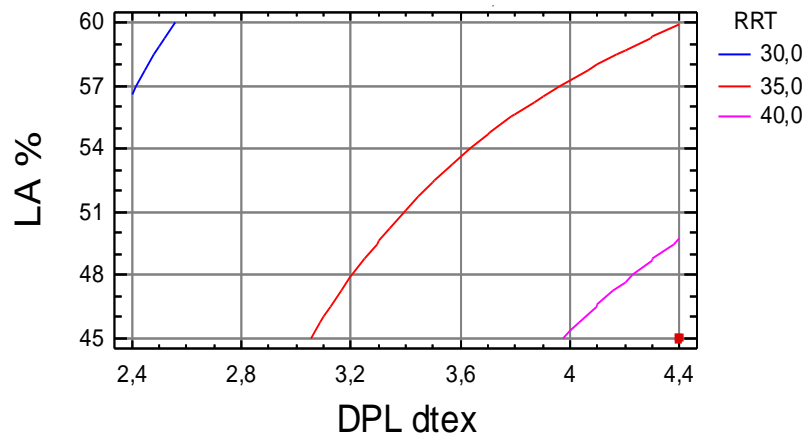


Gráfico 4.187 - Superfície de resposta de RRT SARJA 4/TLS (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência ao rasgo à trama (RRT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3

#### 4.3.2.7.7 - Propensão à formação de borboto.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de

superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.1.7.

A equação de regressão 4.78 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=94,25\%$ .

$$\begin{aligned} \text{PFB}_{\text{SARJA 4/TLS}} (\text{Grau}) = & -17,1392 + 0,03375*\text{TOR1} - 0,329095*\text{DLA} - 0,618923*\text{DPL} \\ & + 0,428455*\text{LA} - 0,0005*\text{TOR1}*\text{LA} + 0,0747943*\text{DLA}*\text{DPL} \\ & - 0,017452*\text{DPL}*\text{LA} \end{aligned} \quad (4.78)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{PFB}_{\text{SARJA 4/LS}}$ , apresenta um valor óptimo entre o grau 4 e 4-5, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.188, 4.189, 4.190 e 4.191 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{PFB}_{\text{SARJA 4/TLS}}$  (grau), obtidas pela equação 4.78, que relaciona a torção do fio a um cabo e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã (DLA) e do diâmetro da fibra de poliéster (DPL).

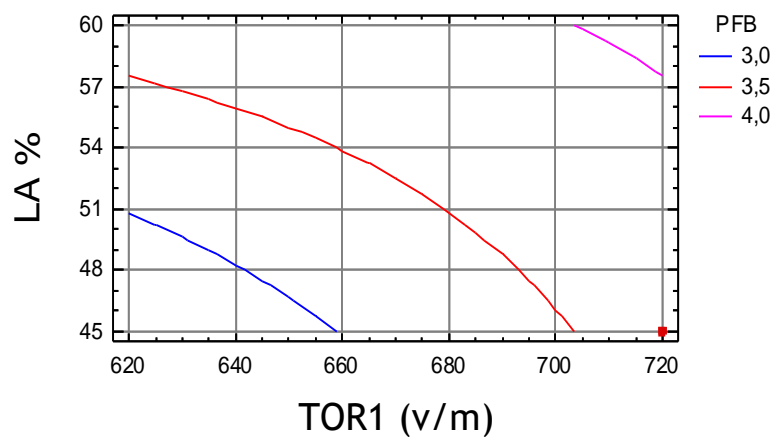


Gráfico 4.188 - Superfície de resposta de  $\text{PFB}_{\text{SARJA 4/TLS}}$  (grau) em função da TOR1 e LA (DLA=21,4 $\mu\text{m}$ ; DPL=2,49 dtex)

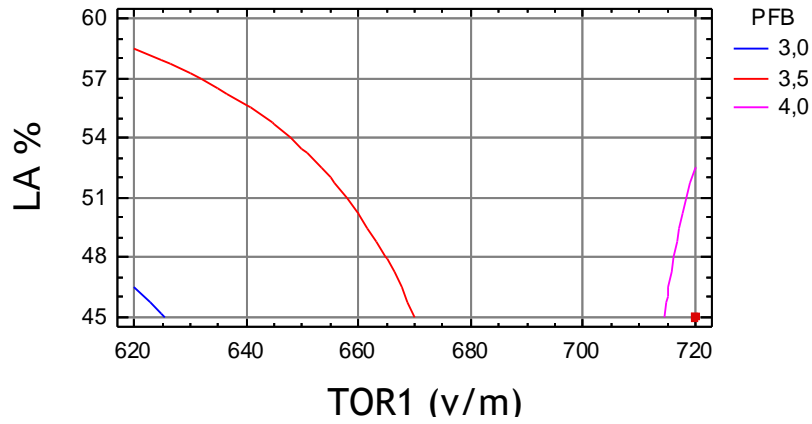


Gráfico 4.189 - Superfície de resposta de PFB SARJA 4/TLS (grau) em função da TOR1 e LA (DLA=21,4µm; DPL=4,4 dtex)

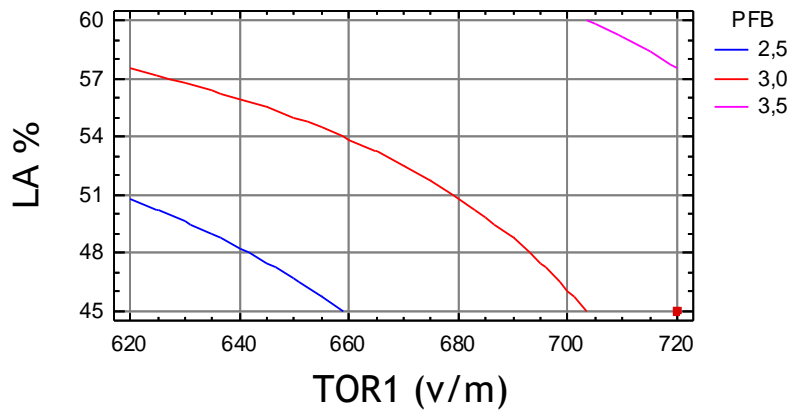


Gráfico 4.190 - Superfície de resposta de PFB SARJA 4/TLS (grau) em função da TOR1 e LA (DLA=24,9µm; DPL=2,49 dtex)

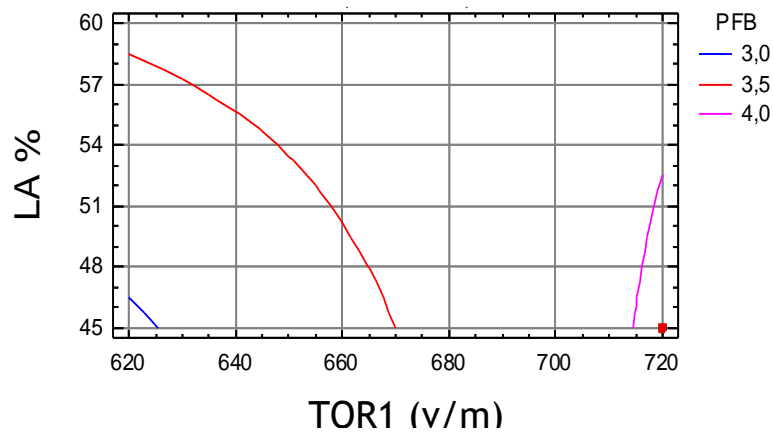


Gráfico 4.191 - Superfície de resposta de PFB SARJA 4/TLS (grau) em função da TOR1 e LA (DLA=24,9µm; DPL=4,4 dtex)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da propensão à formação de borboto (PFB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.248 do ponto 4.3.3.2.4.

#### 4.3.2.7.8 - Resistência à abrasão.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.1.8.

A equação de regressão 4.79 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em sarja de 4 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,10\%$ .

$$RA/1000_{SARJA4/TLS} \text{ (revoluções/1000)} = 63,0533 + 1,25*DLA + 1,3089*DPL - 1,84738*LA + 0,340314*DPL*LA \quad (4.79)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA_{SARJA4/TLS}$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 84,19 revoluções/1000, para  $DLA=24,9\mu\text{m}$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.192 e 4.193 mostram-se as superfícies de resposta de  $RA_{SARJA4/TLS}$  (rev./1000), obtidas pela equação 4.79, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) a diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã (DLA).

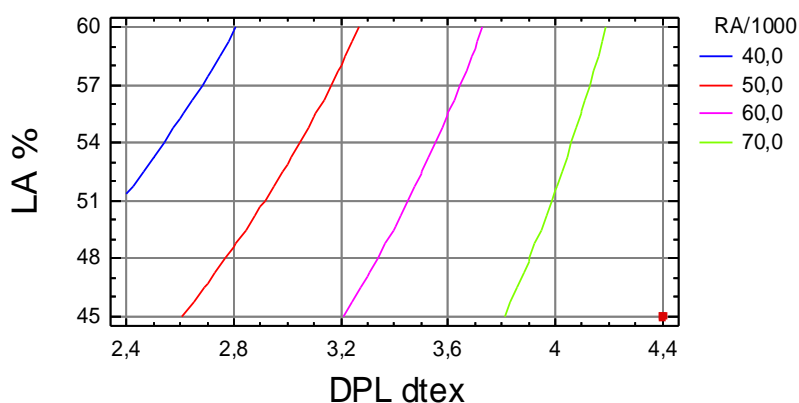


Gráfico 4.192 - Superfície de resposta de  $RA/1000_{SARJA4/TLS}$  (rev./1000) em função do DPL e LA. (DLA=21,4 $\mu\text{m}$ )

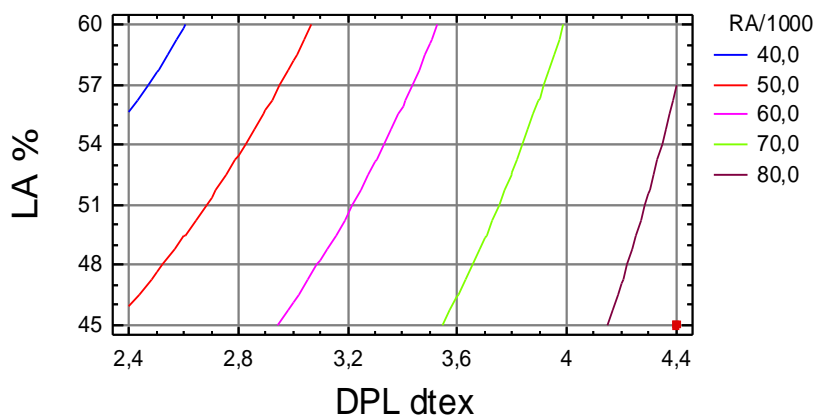


Gráfico 4.193 - Superfície de resposta de RA/1000 SARJA 4/TLS (rev./1000) em função do DPL e LA. (DLA=24,9 $\mu$ m)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência (RA) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.249 do ponto 4.3.3.2.5

#### 4.3.2.7.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 4, após Tratamento de Limpeza a Seco (TLS).

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor ótimo de 0,9409, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 5.1.9. No mesmo, anexo, encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $\underline{E}$  com o valor de conveniência ótima, que resultou da combinação dos factores óptimos que se apresentam na tabela 4.22.

Tabela 4.22 - Combinação de factores que originam a conveniência ótima para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.

Factor	Baixo	Alto	Ótimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=1397,5 N
- FRTT=967,5 N
- ARTB=51,0%
- ARTT=35,1%
- RRB=55,6 N
- RRT=46,2 N
- PFB= entre grau 4 e 4-5
- RA/1000=79,81 Revoluções/1000

No gráfico 4.194, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m) mostram que a torção do fio a um cabo tem mais relevância do que o diâmetro da fibra de lã (DLA).

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.194 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

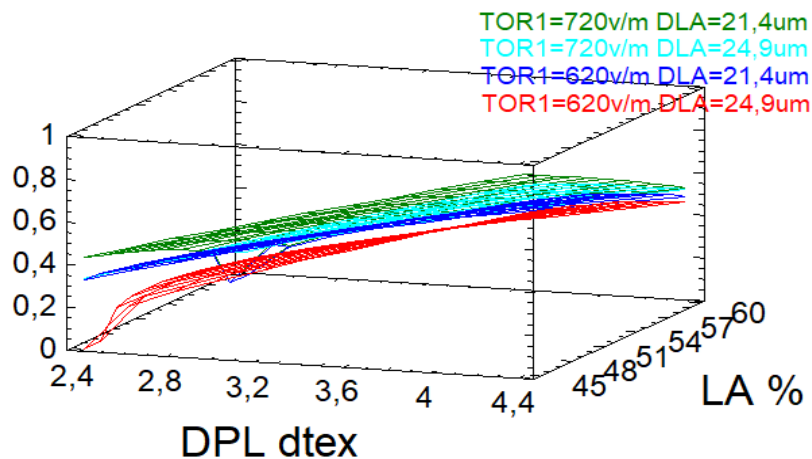


Gráfico 4.194 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 4/TLS a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.3.2.8 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento de Limpeza a Seco (TLS).

##### 4.3.2.8.1 - Resistência à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.2.1.

A equação de regressão 4.80 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=95,50\%$ .

$$\text{FRTB}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\text{N}) = 3249,47 - 91,4286 \cdot \text{DLA} + 121,073 \cdot \text{DPL} - 48,1667 \cdot \text{LA} + 1,66667 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} \quad (4.80)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTB}_{\text{SARJA 3/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo de 1263,1 N, para  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.195 e 4.196 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{FRTB}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\text{N})$ , obtidas pela equação 4.80, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para diferentes níveis do diâmetro da fibra de lã.

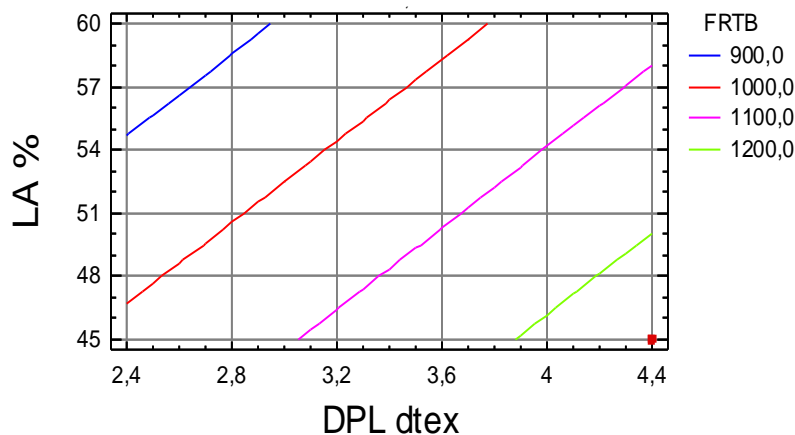


Gráfico 4.195 - Superfície de resposta de  $\text{FRTB}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\text{N})$  em função do DPL e LA. ( $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

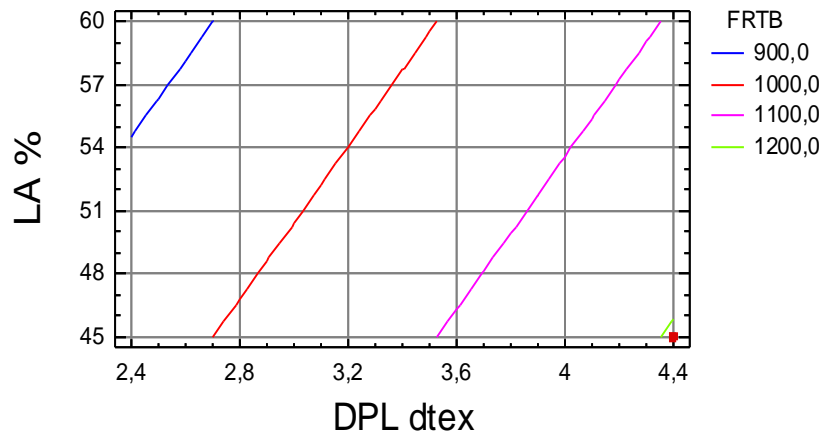


Gráfico 4.196 - Superfície de resposta de FRTB SARJA 3/TLS (N) em função do DPL e LA. (DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à teia (FRTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.8.2 - Resistência à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.2.2.

A equação de regressão 4.81 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,10\%$ .

$$\begin{aligned} \text{FRTT}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\text{N}) = & 611,001 + 2,01214 \cdot \text{TOR1} - 4,25355 \cdot \text{DLA} + 97,8871 \cdot \text{DPL} \\ & - 20,8109 \cdot \text{LA} - 0,0928571 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DLA} + 5,60957 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} \\ & + 0,904762 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 2,53054 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.81)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{FRTT}_{\text{SARJA 3/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo de 940,6 N, para  $\text{TOR1}=620$  v/m,  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.197, 4.198, 4.199 e 4.200 mostram-se as superfícies de resposta de  $FRTT_{SARJA\ 3/TLS}$  (N), obtidas pela equação 4.81, que relaciona o diâmetro do poliéster e a composição em lã (LA) para distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

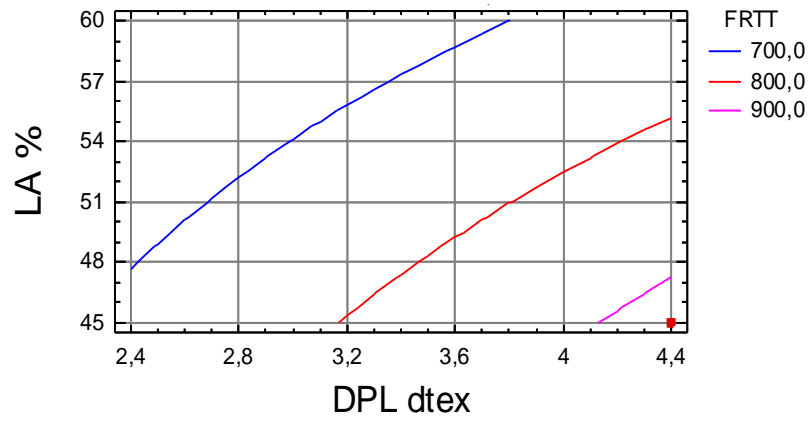


Gráfico 4.197 - Superfície de resposta de  $FRTT_{SARJA\ 3/TLS}$  (N) em função do DPL e LA (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)

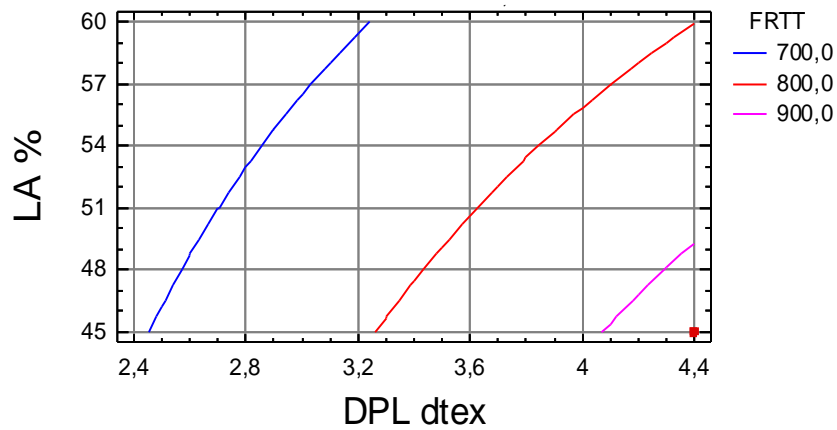


Gráfico 4.198 - Superfície de resposta de  $FRTT_{SARJA\ 3/TLS}$  (N) em função do DPL e LA (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

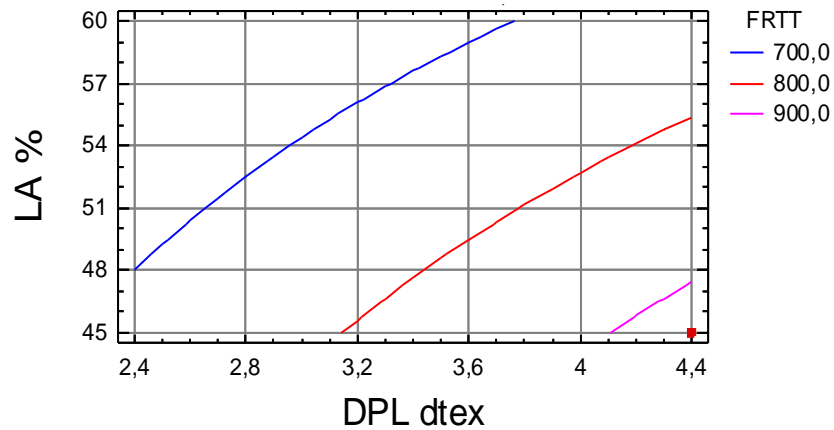


Gráfico 4.199 - Superfície de resposta de FRTT  $SARJA\ 3 / TLS$  (N) em função do DPL e LA (TOR1=720v/m; DLA=21,4 $\mu$ m)

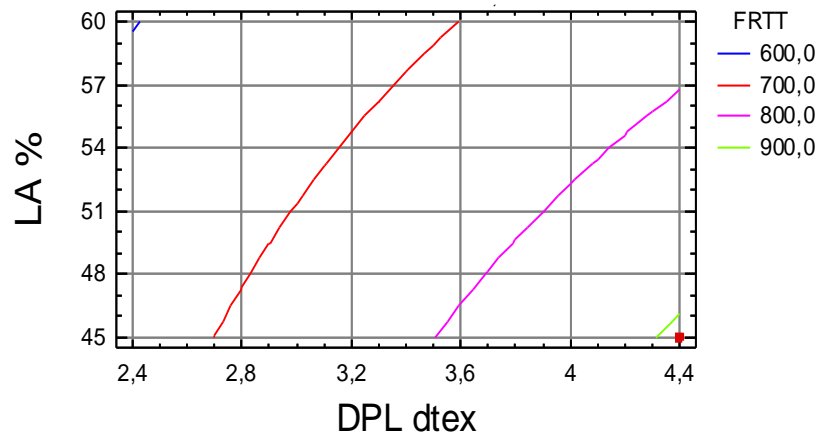


Gráfico 4.200 - Superfície de resposta de FRTT  $SARJA\ 3 / TLS$  (N) em função do DPL e LA (TOR1=720v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à trama (FRTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.8.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.2.3.

A equação de regressão 4.82 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=95,61\%$ .

$$\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\%) = 25,8504 + 0,015 \cdot \text{TOR1} - 1,33807 \cdot \text{DLA} + 4,83919 \cdot \text{DPL} + 0,484555 \cdot \text{LA} + 0,336574 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} - 0,17452 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.82)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo de 48,8%, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$ ,  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.201, 4.202, 4.203 e 4.204 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TLS}}$  (%), obtidas pela equação 4.82, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) a composição em lã (LA) para diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

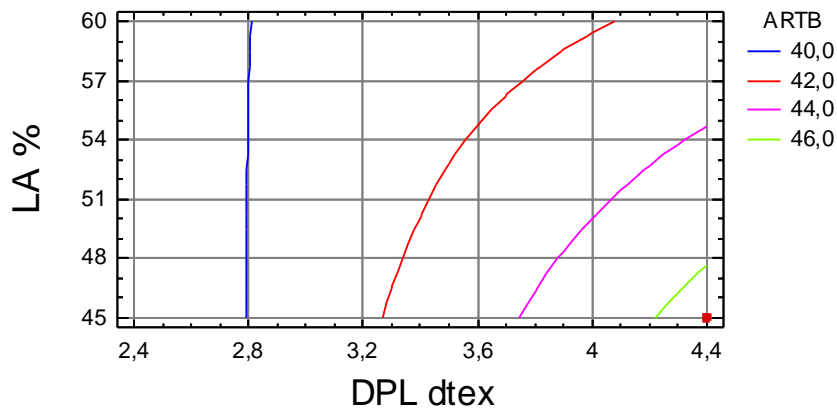


Gráfico 4.201 - Superfície de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TLS}}$  (%) em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ;  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

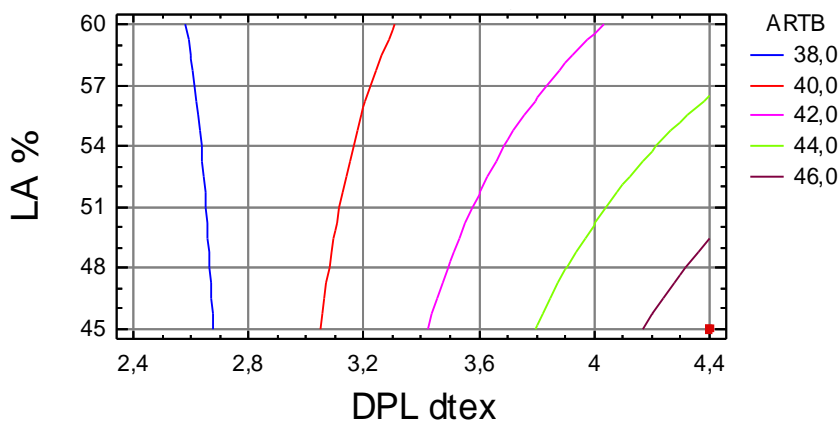


Gráfico 4.202 - Superfície de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{SARJA 3/TLS}}$  (%) em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ ;  $\text{DLA}=24,9\mu\text{m}$ )

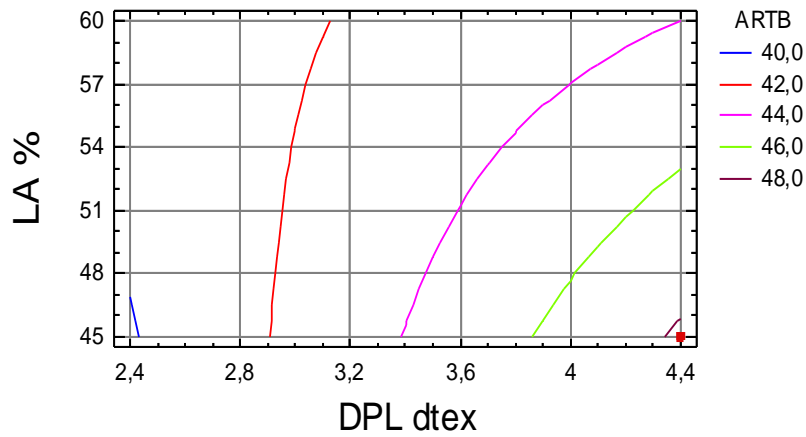


Gráfico 4.203 - Superfície de resposta de ARTB<sub>SARJA 3/TLS</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

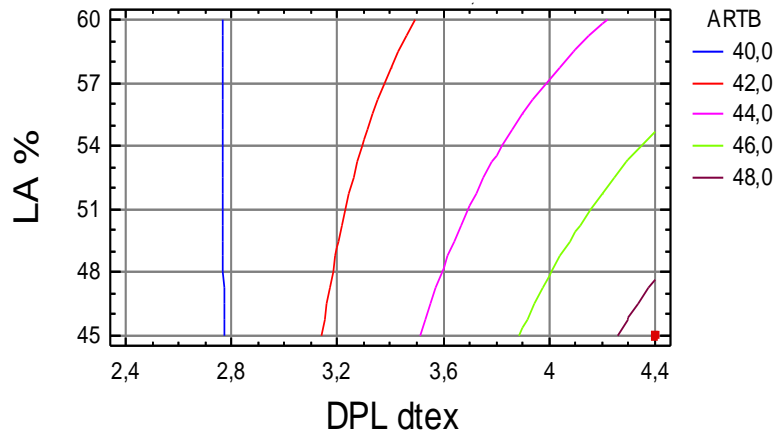


Gráfico 4.204 - Superfície de resposta de ARTB<sub>SARJA 3/TLS</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.8.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.2.4.

A equação de regressão 4.83 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=84,85\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\%) = 12,2153 + 0,0125 \cdot \text{TOR1} + 6,74084 \cdot \text{DPL} + 0,204188 \cdot \text{LA} - 0,122164 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \quad (4.83)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 35,9%, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.205 e 4.206 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\%)$ , obtidas pela equação 4.83 que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para diferentes níveis de torção do fio a um cabo.

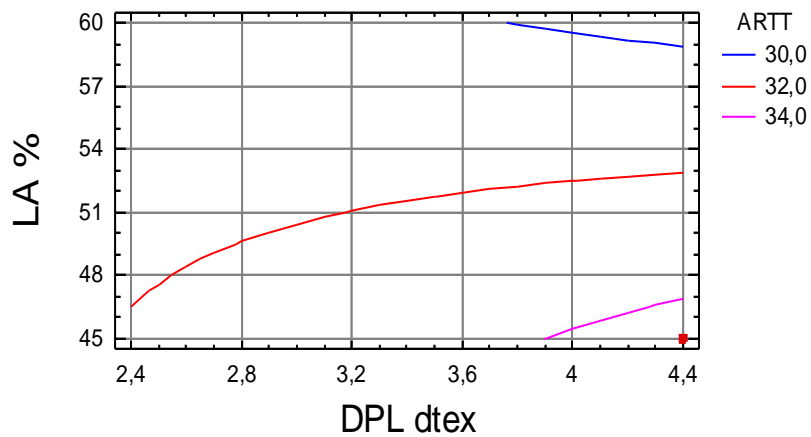


Gráfico 4.205 - Superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\%)$ , em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620 \text{ v/m}$ )

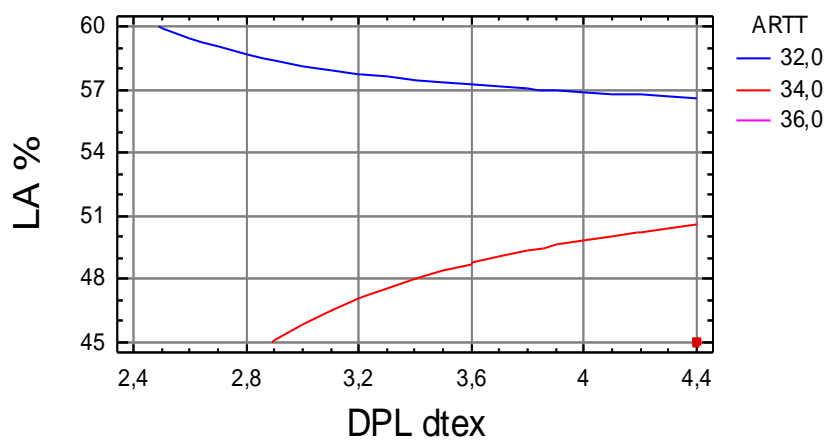


Gráfico 4.206 - Superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{SARJA 3/TLS}} (\%)$ , em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$ )

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.8.5- Resistência ao rasgo à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.2.5.

A equação de regressão 4.84 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,16\%$ .

$$\begin{aligned} RRB_{SARJA\ 3/TLS} (N) = & -99,6532 + 0,0486649 * TOR1 + 3,78571 * DLA + 27,6963 * DPL \\ & + 2,42943 * LA - 0,0235602 * TOR1 * DPL - 0,104762 * DLA * LA \\ & - 0,122164 * DPL * LA \end{aligned} \quad (4.84)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRB_{SARJA\ 3/TLS}$ , apresenta um valor óptimo de 53,4 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.207, 4.208, 4.209 e 4.210 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRB_{SARJA\ 3/TLS} (N)$ , obtidas pela equação 4.84, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

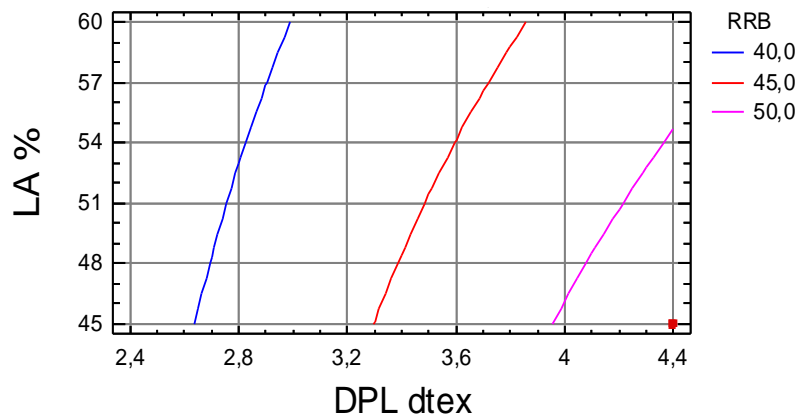


Gráfico 4.207 - Superfície de resposta de  $RRB_{SARJA\ 3/TLS} (N)$  em função do DPL e LA. ( $TOR1=620$  v/m;  $DLA=21,4\mu m$ )

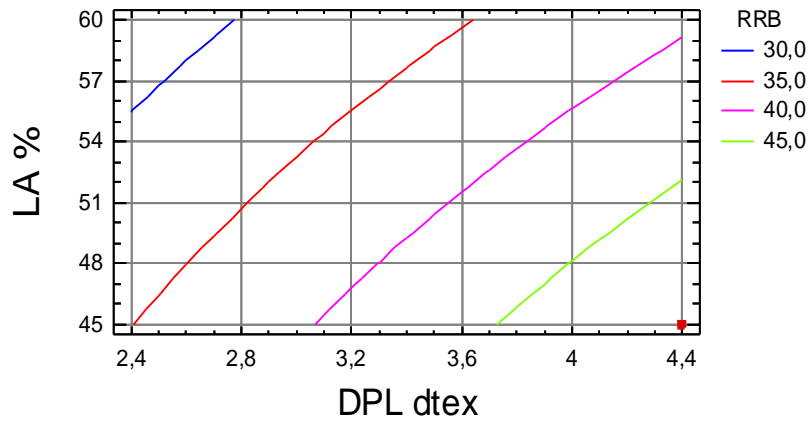


Gráfico 4.208 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/TLS (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

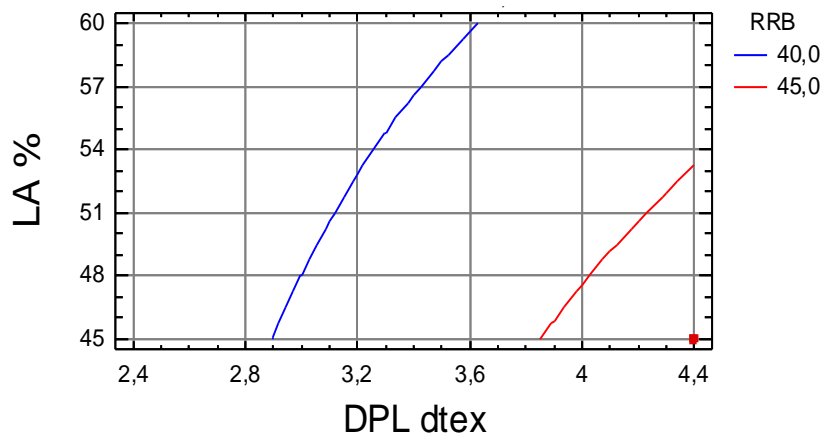


Gráfico 4.209 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/TLS (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

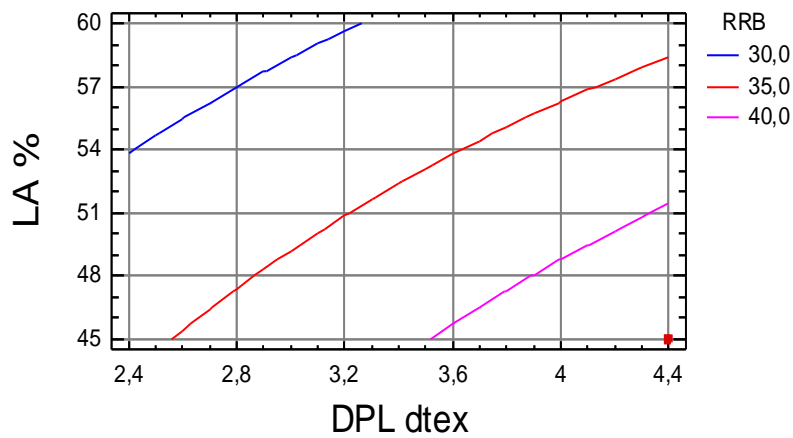


Gráfico 4.210 - Superfície de resposta de RRB SARJA 3/TLS (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência ao rasgo à teia (RRB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.8.6 - Resistência ao rasgo à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.2.6.

A equação de regressão 4.85 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,36\%$ .

$$\begin{aligned} RRT_{SARJA\ 3/TLS} (N) = & 4,07587 + 0,097 * TOR1 + 1,4175 * DLA - 2,77674 * DPL \\ & + 0,697583 * LA - 0,005 * TOR1 * DLA + 0,560957 * DLA * DPL \\ & - 0,0333333 * DLA * LA - 0,13089 * DPL * LA \end{aligned} \quad (4.85)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{SARJA\ 3/TLS}$ , apresenta um valor óptimo de 42,2 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.211, 4.212, 4.213 e 4.214 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TLS}$  (N), obtidas pela equação 4.85, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra da lã.

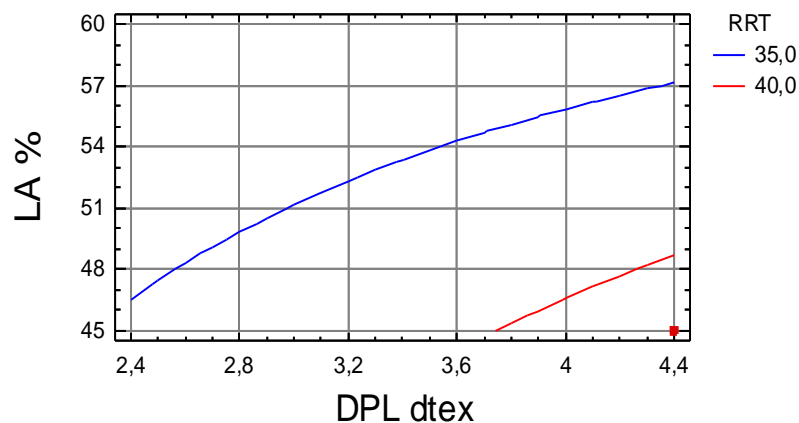


Gráfico 4.211 - Superfície de resposta de  $RRT_{SARJA\ 3/TLS}$  (N) em função do DPL e LA.  
( $TOR1=620$  v/m;  $DLA=21,4\mu m$ )

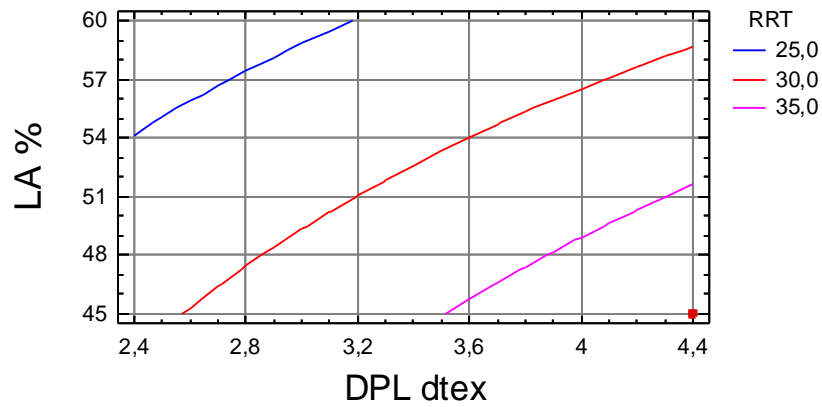


Gráfico 4.212 - Superfície de resposta de RRT SARJA 3/TLS (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

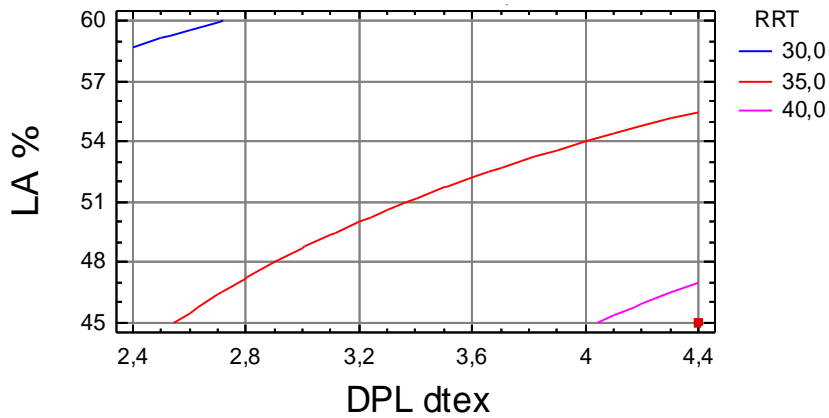


Gráfico 4.213 - Superfície de resposta de RRT SARJA 3/TLS (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

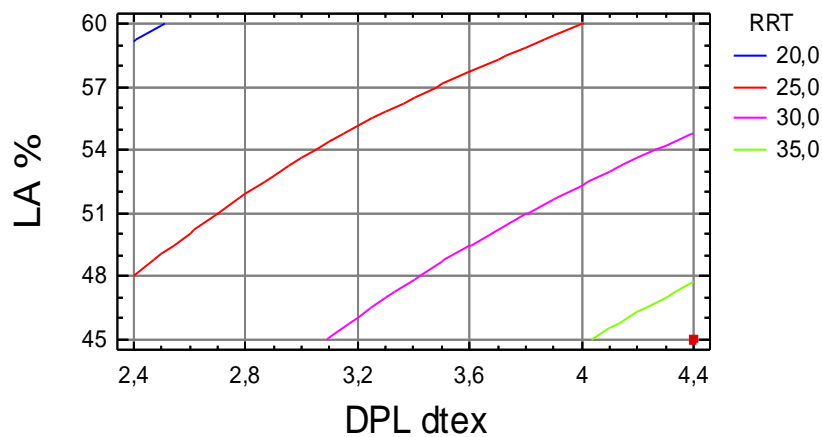


Gráfico 4.214 - Superfície de resposta de RRT SARJA 3/TLS (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência ao rasgo à trama (RRT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.8.7 - Propensão à formação de borboto.

Excluindo todas as interações, nenhum efeito principal é significativo, pelo que os resultados de PFB não dependem das variáveis TOR1, DLA, DPL e LA.

Todos os resultados encontrados foram grau 4, com excepção de um único que deu grau 4-5.

Neste contexto, não se terá em consideração este resultado na função de conveniência.

#### 4.3.2.8.8 - Resistência à abrasão.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.2.8.

A equação de regressão 4.86 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em sarja de 3 com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=99,01\%$ .

$$\begin{aligned} RA/1000_{SARJA\ 3/TLS} \text{ (rev./1000)} = & 31,1714 - 0,105452 \cdot TOR1 + 1,0 \cdot DLA + 10,1571 \cdot DPL \\ & + 0,139921 \cdot LA + 0,0287958 \cdot TOR1 \cdot DPL \\ & - 0,226876 \cdot DPL \cdot LA \end{aligned} \quad (4.86)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA/1000_{SARJA\ 3/TLS}$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 77,44 revoluções/1000, para  $TOR1=720$  v/m,  $DLA=24,9\mu\text{m}$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.215, 4.216, 4.217 e 4.218 mostram-se a superfície de resposta de  $RA/1000_{SARJA\ 3/TLS}$  (rev./1000), obtidas pela equação 4.86, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra da lã.

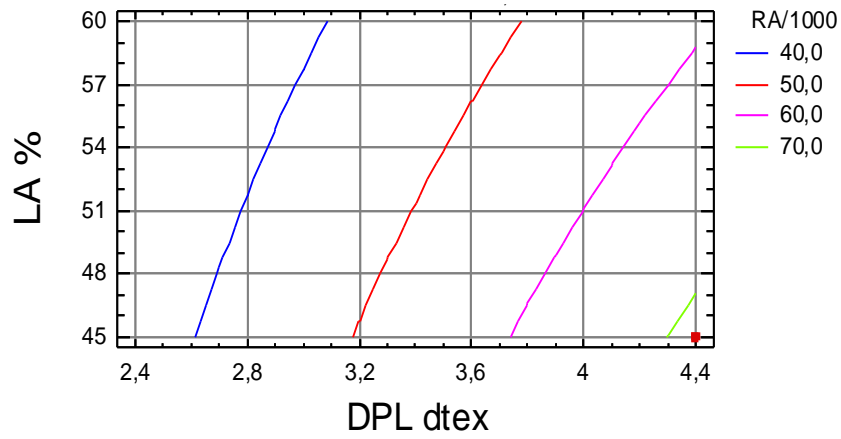


Gráfico 4.215 - Superfície de resposta de RA/1000 SARJA 3/TLS (rev./1000) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4µm)

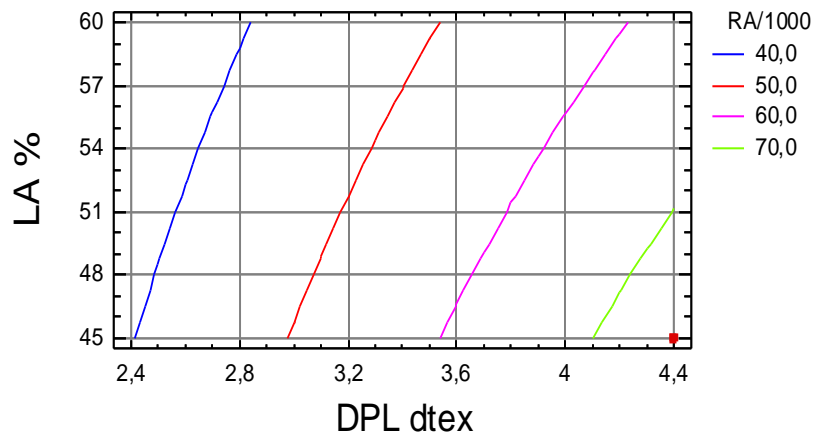


Gráfico 4.216 - Superfície de resposta de RA/1000 SARJA 3/TLS (rev./1000) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

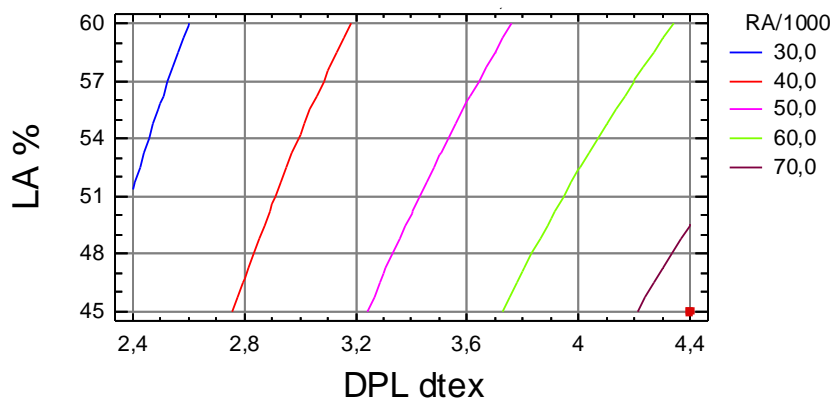


Gráfico 4.217 - Superfície de resposta de RA/1000 SARJA 3/TLS (rev./1000) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

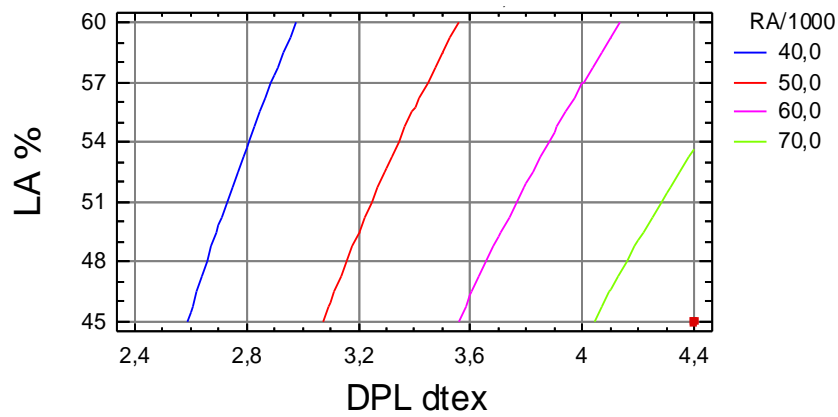


Gráfico 4.218 - Superfície de resposta de RA/1000<sub>SARJA 3/TLS</sub> (rev./1000) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9 $\mu$ m)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência (RA) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.249 do ponto 4.3.3.2.5

#### 4.3.2.8.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3, após Tratamento de Limpeza a Seco (TLS).

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor ótimo de 0,9117, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 5.2.9. No mesmo, anexo, encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $E$  com o valor de conveniência ótima, que resultou da combinação dos factores óptimos que se apresentam na tabela 4.23.

Tabela 4.23 - Combinação de factores que originam a conveniência ótima para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.

Factor	Baixo	Alto	Ótimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=1263,1 N
- FRTT=930,6 N
- ARTB=48,3%
- ARTT=35,9%
- RRB=47,9 N
- RRT=41,2 N
- RA/1000= 73,94 Revoluções/1000

No gráfico 4.219, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) mostram que o diâmetro da fibra de lã (DLA) tem mais relevância do que a a torção do fio a um cabo.

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.219 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

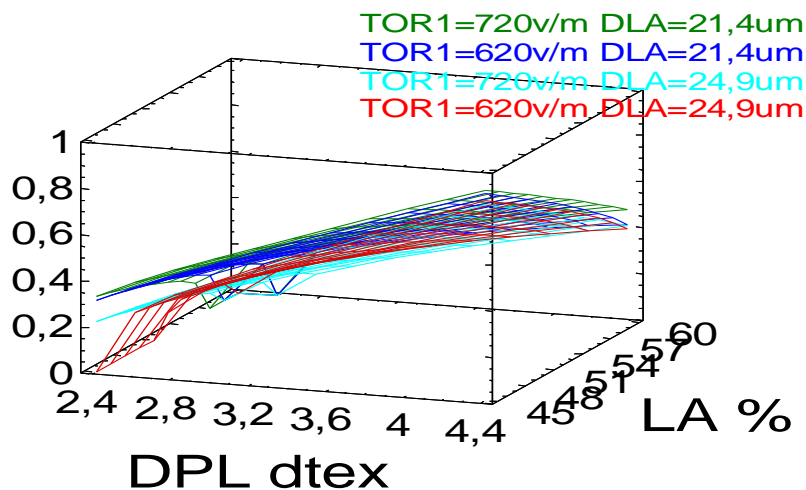


Gráfico 4.219 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento sarja de 3/TLS a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.3.2.9 - Modelização das Propriedades e Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após Tratamento de Limpeza a Seco (TLS).

##### 4.3.2.9.1 - Resistência à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.3.1.

A equação de regressão 4.87 relaciona a resistência à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,54\%$ .

$$FRTB_{\text{TAFETÁ/TLS}} (N) = 639,974 + 146,597 \cdot DPL - 3,9075 \cdot LA - 1,3089 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.87)$$

A resposta optimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTB_{\text{TAFETÁ/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo de 850,0 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.220 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTB_{\text{TAFETÁ/TLS}} (N)$ , obtida pela equação 4.87, que relaciona o diâmetro de poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

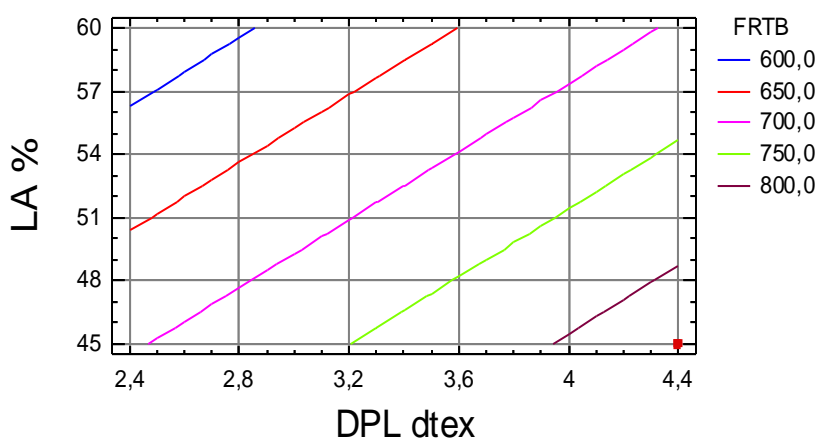


Gráfico 4.220 - Superfície de resposta de  $FRTB_{\text{TAFETÁ/TLS}} (N)$  em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à teia ( $FRTB$ ) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.9.2 - Resistência à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da técnica da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.3.2.

A equação de regressão 4.88 relaciona a resistência à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,64\%$ .

$$FRTT_{\text{TAFETÁ/TLS}} (N) = 716,122 + 89,6597 \cdot DPL - 6,91667 \cdot LA \quad (4.88)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $FRTT_{\text{TAFETÁ/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo de 799,4 N, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.221 mostra-se a superfície de resposta de  $FRTT_{\text{TAFETÁ/TLS}} (N)$ , obtida pela equação 4.88, que relaciona o diâmetro do poliéster e a composição em lã (LA).

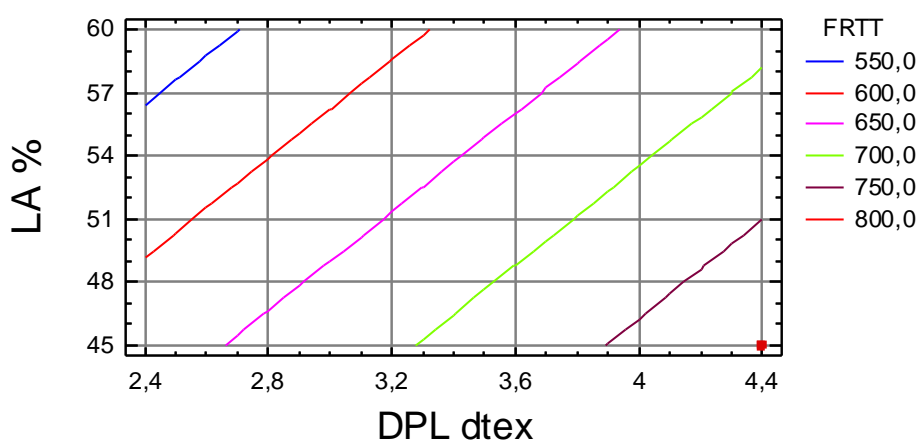


Gráfico 4.221 - Superfície de resposta de  $FRTT_{\text{TAFETÁ/TLS}} (N)$  em função do DPL e LA

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência à rotura por tracção à trama ( $FRTT$ ) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.242 do ponto 4.3.3.2.1.

#### 4.3.2.9.3 - Alongamento à rotura por tracção à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.3.3.

A equação de regressão 4.89 relaciona o alongamento à rotura por tracção à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,53\%$ .

$$\begin{aligned} \text{ARTB}_{\text{TAFETÁ/TLS}} (\%) = & 21,2859 + 0,101571 \cdot \text{TOR1} + 1,99882 \cdot \text{DLA} - 1,11444 \cdot \text{DPL} \\ & - 0,0791667 \cdot \text{LA} - 0,00392857 \cdot \text{TOR1} \cdot \text{DLA} \\ & + 0,168287 \cdot \text{DLA} \cdot \text{DPL} \end{aligned} \quad (4.89)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTB}_{\text{TAFETÁ/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo de 41,5%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.222, 4.223, 4.224 e 4.225 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{TAFETÁ/TLS}}$  (%), obtidas pela equação 4.89, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) a composição em lã (LA) para diferentes níveis da torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

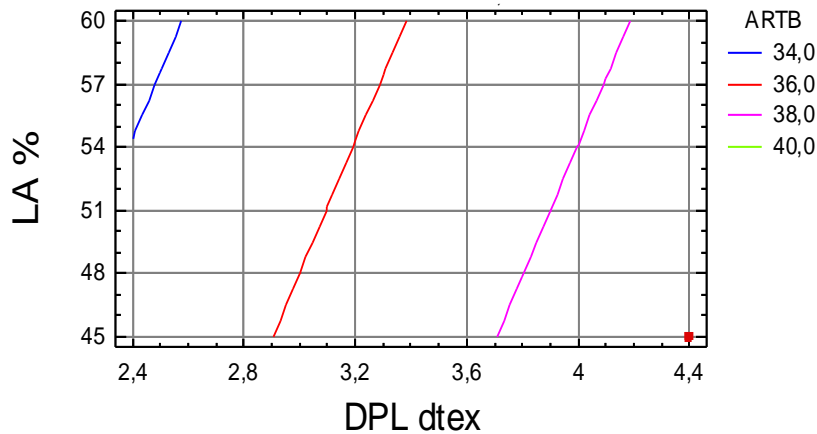


Gráfico 4.222 - Superfície de resposta de  $\text{ARTB}_{\text{TAFETÁ/TLS}}$  (%) em função do DPL e LA. ( $\text{TOR1}=620$  v/m;  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ )

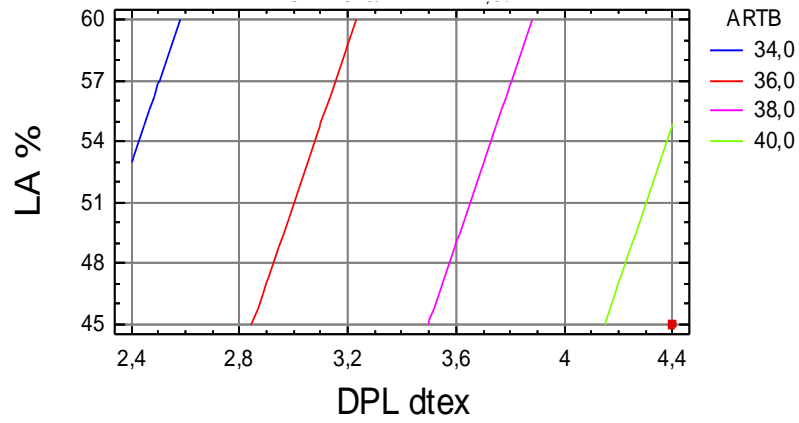


Gráfico 4.223 - Superfície de resposta de ARTB<sub>TAFETÁ/TLS</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9µm)

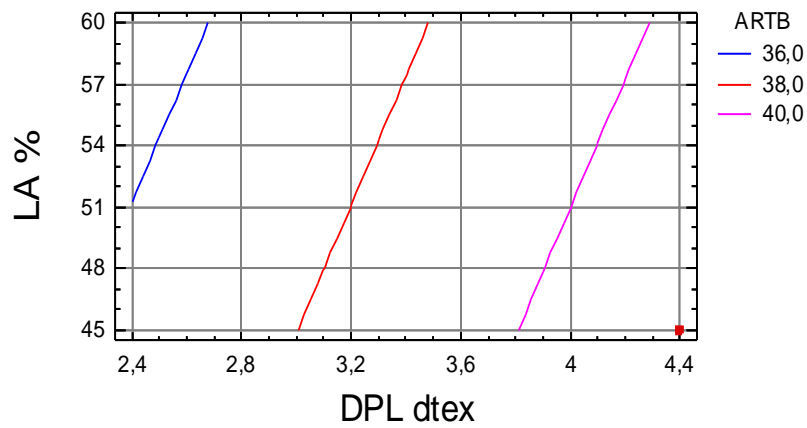


Gráfico 4.224 - Superfície de resposta de ARTB<sub>TAFETÁ/TLS</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA= 21,4µm)

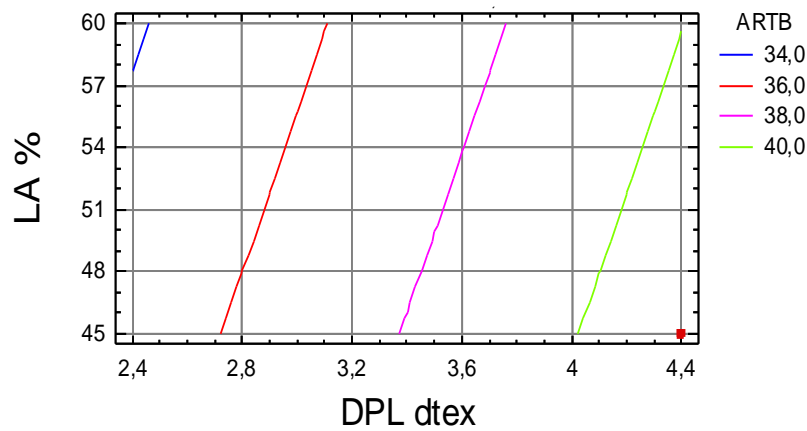


Gráfico 4.225 - Superfície de resposta de ARTB<sub>TAFETÁ/TLS</sub> (%) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.9.4 - Alongamento à rotura por tracção à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.3.4.

A equação de regressão 4.90 relaciona o alongamento à rotura por tracção à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=66,02\%$ .

$$\text{ARTT}_{\text{TAFETÁ/TLS}} (\%) = 29,5459 + 0,015 \cdot \text{TOR1} + 0,589005 \cdot \text{DPL} - 0,0583333 \cdot \text{LA} \quad (4.90)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{ARTT}_{\text{TAFETÁ/TLS}} (\%)$ , apresenta um valor óptimo de 40,3%, para  $\text{TOR1}=720$  v/m,  $\text{DPL}=4,4$  dtex e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.226 e 4.227 mostram-se as superfícies de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{TAFETÁ/TLS}} (\%)$ , obtidas pela equação 4.90 que relaciona a torção do fio a um cabo e o diâmetro de poliéster (DPL) para distintos níveis de composição em lã.

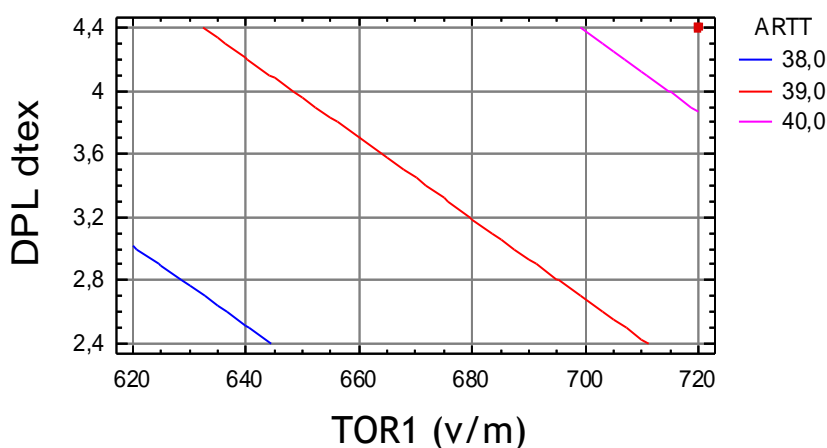


Gráfico 4.226 - Superfície de resposta de  $\text{ARTT}_{\text{TAFETÁ/TLS}} (\%)$ , em função de TOR1 e DPL. (LA=45%)

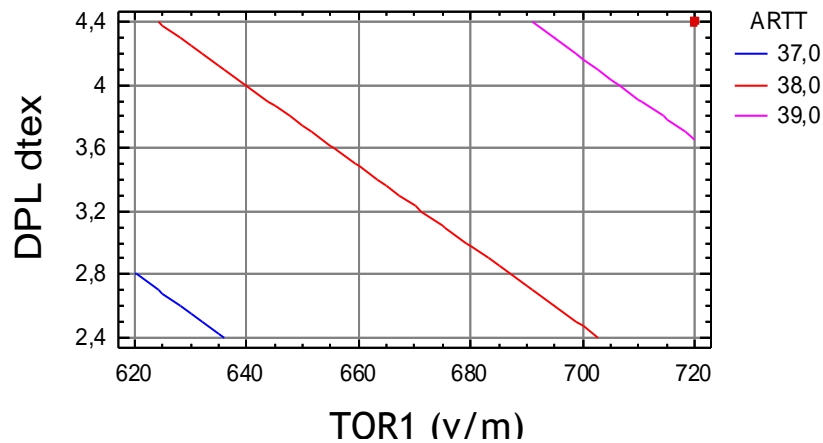


Gráfico 4.227 - Superfície de resposta de ARTT<sub>TAFETÁ/TLS</sub> (%), em função de TOR1 e DPL. (LA=60%)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível do alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.246 do ponto 4.3.3.2.2.

#### 4.3.2.9.5 - Resistência ao rasgo à teia.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interacções nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.3.5.

A equação de regressão 4.91 relaciona a resistência ao rasgo à teia da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=82,69\%$ .

$$\begin{aligned} \text{RRB}_{\text{TAFETÁ/TLS}} (\text{N}) = & -132,937 + 5,35714 \cdot \text{DLA} + 20,5497 \cdot \text{DPL} + 3,99292 \cdot \text{LA} \\ & - 0,142857 \cdot \text{DLA} \cdot \text{LA} - 0,34904 \cdot \text{DPL} \cdot \text{LA} \end{aligned} \quad (4.91)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $\text{RRB}_{\text{TAFETÁ/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo de 45,1 N, para  $\text{DLA}=21,4\mu\text{m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$  e  $\text{LA}=45\%$ .

Nos gráficos 4.228 e 4.229 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRB_{TAFETÁ/TLS}$  (N), obtidas pela equação 4.91, que relaciona o diâmetro da fibra de lã (DLA) e a composição em lã (LA) para distintos diâmetros da fibra de poliéster (DPL).

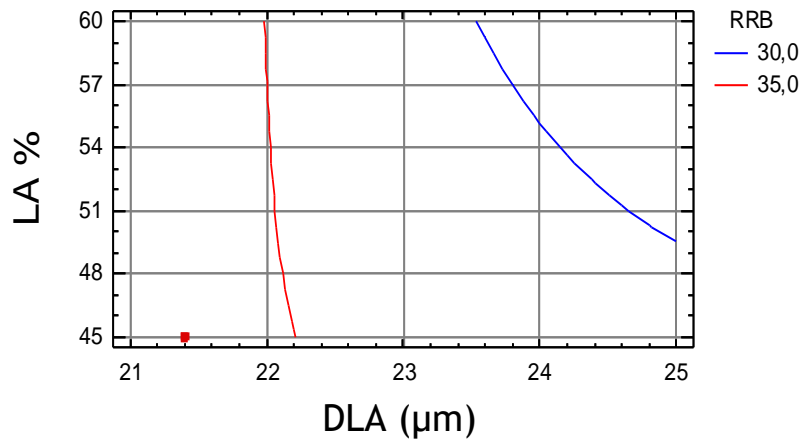


Gráfico 4.228 - Superfície de resposta de  $RRB_{TAFETÁ/TLS}$  (N) em função do DLA e LA. (DPL=2,49 dtex)

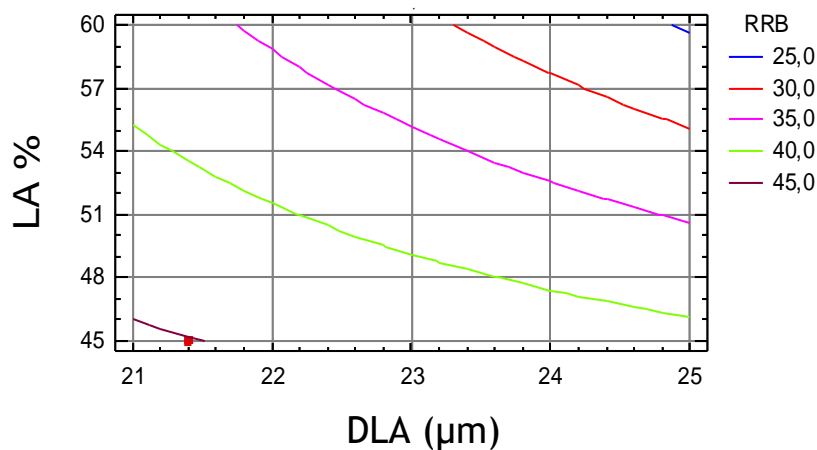


Gráfico 4.229 - Superfície de resposta de  $RRB_{TAFETÁ/TLS}$  (N) em função do DLA e LA. (DPL=4,4 dtex)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência ao rasgo à teia (RRB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.9.6 - Resistência ao rasgo à trama.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.3.6.

A equação de regressão 4.92 relaciona a resistência ao rasgo à trama da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=97,70\%$ .

$$RRT_{TAFETÁ/TLS} (N) = 8,72255 - 0,01875 \cdot TOR1 + 1,32517 \cdot DLA - 2,35415 \cdot DPL + 1,75651 \cdot LA + 0,486163 \cdot DLA \cdot DPL - 0,0809524 \cdot DLA \cdot LA - 0,113438 \cdot DPL \cdot LA \quad (4.92)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RRT_{TAFETÁ/TLS}$ , apresenta um valor óptimo de 39,5 N, para  $TOR1=620$  v/m,  $DLA=21,4\mu m$ ,  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

Nos gráficos 4.230, 4.231, 4.232 e 4.233 mostram-se as superfícies de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/TLS}$  (N), obtidas pela equação 4.92, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA) para distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

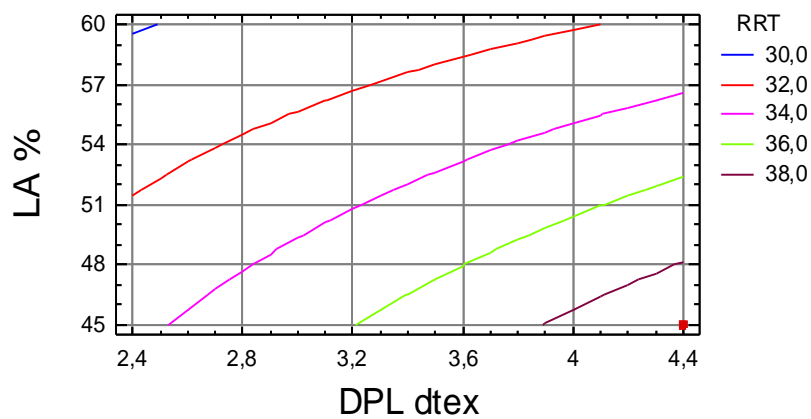


Gráfico 4.230 - Superfície de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/TLS}$  (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu m$ )

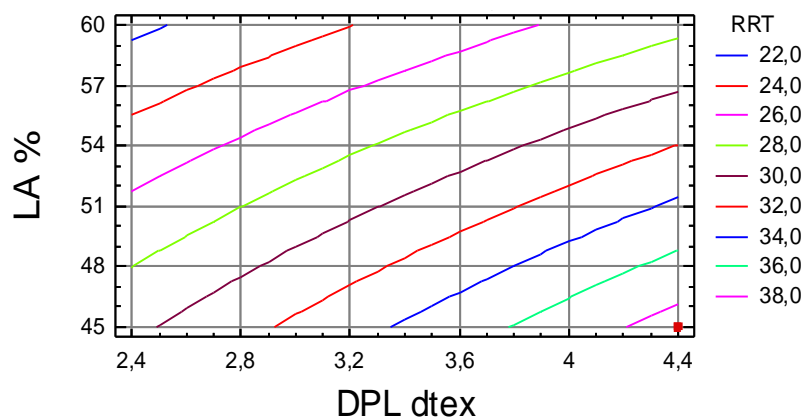


Gráfico 4.231 - Superfície de resposta de  $RRT_{TAFETÁ/TLS}$  (N) em função do DPL e LA. (TOR1=620 v/m; DLA=24,9 $\mu m$ )

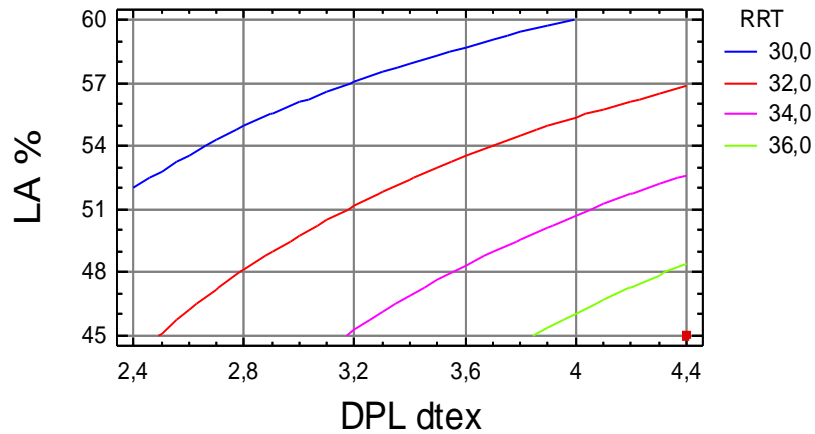


Gráfico 4.232 - Superfície de resposta de RRT<sub>TAFETÁ/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm)

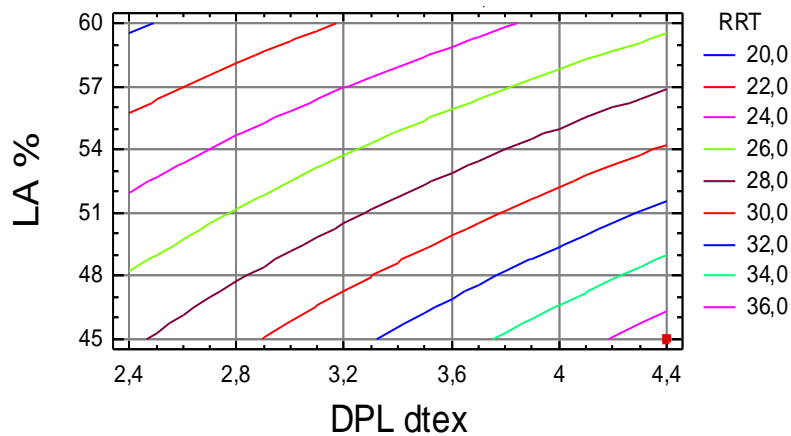


Gráfico 4.233 - Superfície de resposta de RRT<sub>TAFETÁ/TLS</sub> (N) em função do DPL e LA. (TOR1=720 v/m; DLA=24,9µm)

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência ao rasgo à trama (RRT) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.247 do ponto 4.3.3.2.3.

#### 4.3.2.9.7 - Propensão à formação de borboto.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de

superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.3.7.

A equação de regressão 4.93 relaciona a propensão à formação de borboto da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=38,30\%$ .

$$PFB_{\text{TAFETÁ/TLS}} (\text{Grau}) = 2,37431 + 0,001875 \cdot \text{TOR1} + 0,0981675 \cdot \text{DPL} \quad (4.93)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $PFB_{\text{TAFETÁ/TLS}}$ , apresenta um valor óptimo entre o grau 4 e 4-5, para  $\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$ ,  $\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$ .

No gráfico 4.234 mostra-se a superfície de resposta de  $PFB_{\text{TAFETÁ/TLS}}$  (grau), obtida pela equação 4.93, que relaciona a torção do fio a um cabo e o diâmetro da fibra de poliéster (DPL).

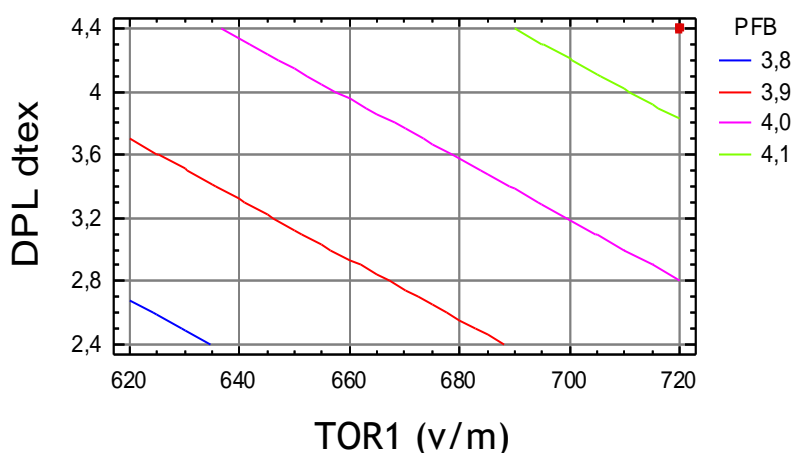


Gráfico 4.234 - Superfície de resposta de  $PFB_{\text{TAFETÁ/TLS}}$  (grau) em função da TOR1 e do DPL

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da propensão à formação de borboto (PFB) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.248 do ponto 4.3.3.2.4.

#### 4.3.2.9.8 - Resistência à abrasão.

A significância dos termos da equação de regressão múltipla entre as características estruturais das fibras, dos fios e dos tecidos e as suas possíveis interações nas propriedades mecânicas e de

superfície dos tecidos foram analisadas pela aplicação da análise de variância, para obter a melhor equação de regressão, cujos dados globais se encontram no anexo 5.3.8.

A equação de regressão 4.94 relaciona a resistência à abrasão da totalidade dos tecidos em tafetá com acabamento TLS, com as características estruturais, apresentando um coeficiente de determinação  $R^2=98,95\%$ .

$$RA/1000_{TAFETÁ/TLS} \text{ (revoluções/1000)} = 17,3724 + 20,7264 \cdot DPL - 0,5525 \cdot LA \quad (4.94)$$

A resposta otimizada, tendo por objectivo maximizar  $RA/1000_{TAFETÁ/TLS}$  (rev./1000), apresenta um valor óptimo de 83,71 revoluções/1000, para  $DPL=4,4$  dtex e  $LA=45\%$ .

No gráfico 4.235 mostra-se a superfície de resposta de  $RA/1000_{TAFETÁ/TLS}$  (rev./1000), obtidos pela equação 4.94, que relaciona o diâmetro do poliéster (DPL) e a composição em lã (LA).

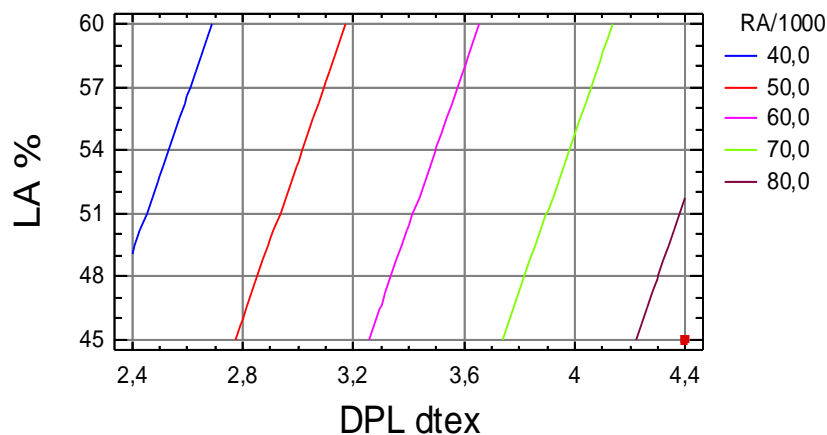


Gráfico 4.235 - Superfície de resposta de  $RA/1000_{TAFETÁ/TLS}$  (rev./1000) em função do DPL e LA.

As alterações que o tratamento especial (TLS) originou ao nível da resistência (RA) ilustram-se mais detalhadamente no gráfico 4.249 do ponto 4.3.3.2.5

#### 4.3.2.9.9 - Otimização da Resposta Múltipla para o ligamento tafetá, após Tratamento de Limpeza a Seco (TLS).

Por aplicação da Função de Conveniência encontrou-se um valor óptimo de 0,9448, de acordo com o mencionado no ponto 2.5.2, cujos dados globais se encontram no anexo 5.3.9. No mesmo, anexo,

encontram-se, também, os gráficos da função de conveniência, a partir dos quais se podem seleccionar os valores das variáveis que dão valores de conveniência superiores a 0,75 ou 0,80.

Desta forma, identificou-se o tecido produzido com o fio de referência  $E$  com o valor de conveniência optima, que resultou da combinação dos factores optimos que se apresentam na tabela 4.24.

Tabela 4.24 - Combinação de factores que originam a conveniência óptima para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Factor	Baixo	Alto	Óptimo
TOR1	620	720	720
DLA	21,4	24,9	21,4
DPL	2,49	4,4	4,4
LA	45	60	45

Os valores encontrados para cada uma das propriedades e que originam a conveniência óptima são os seguintes:

- FRTB=850,0 N
- FRTT=807,5 N
- ARTB=41,5%
- ARTT=40,3%
- RRB=45,1 N
- RRT=37,6 N
- PFB=entre grau 4 e 4-5
- RA/1000= 83,71 Revoluções/1000

No gráfico 4.236, mostra-se a representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá com acabamento TLS para os diferentes níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã. De referir, também, que as duas superfícies com valores de conveniência superiores (TOR1=720 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) e (TOR1=620 v/m; DLA=21,4 $\mu$ m) mostram que o diâmetro da fibra de lã (DLA) tem mais relevância do que a a torção do fio a um cabo.

Conforme, já referido anteriormente, no ponto 4.2.2.1.9, o gráfico 4.236 mostra-nos, também, os parâmetros que maior variação provocam na função de conveniência.

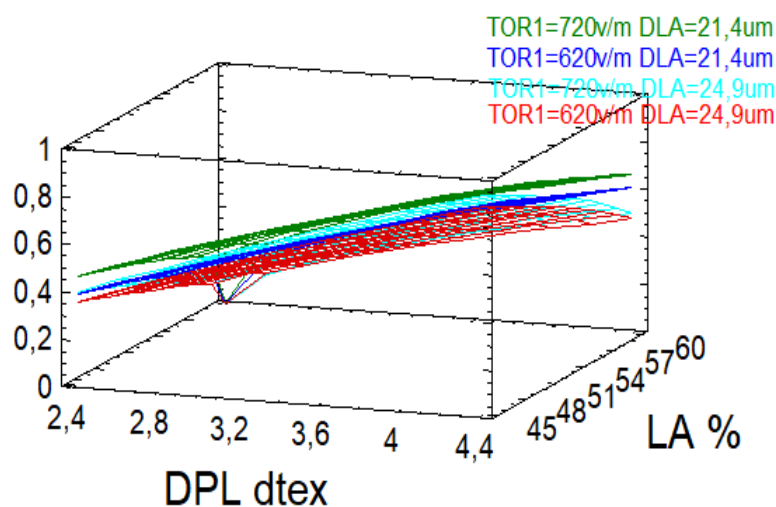


Gráfico 4.236 - Representação tridimensional das quatro superfícies de conveniência para o ligamento tafetá/TLS a distintos níveis de torção do fio a um cabo e do diâmetro da fibra de lã.

#### 4.3.3 - Análise e discussão dos resultados da análise de variância

Os resultados das somas de quadrados, valores de F e Significância dos efeitos e interações para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB) e à trama (FRTT) e alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) e à trama (ARTT) para os três ligamentos sarja de 4, sarja de 3 e tafetá, apresentam-se, nas tabelas A.2, A.3 e A.4 dos anexos 6.1, 6.2 e 6.3, respectivamente.

Os resultados das somas de quadrados, valores de F e significância dos efeitos e interações para os resultados dos ensaios de resistência ao rasgo à teia (RRB) e à trama (RRT), da propensão à formação de borboto (PFB) e resistência à abrasão (RA) para os três ligamentos sarja de 4, sarja de 3 e tafetá, apresentam-se nas tabelas A.5, A.6, e A.7 dos anexos 6.4, 6.5 e 6.6, respectivamente.

Desta análise, pode observar-se os coeficientes de determinação  $R^2$  que expressam a percentagem da soma dos quadrados, explicada pelos efeitos e interações significativas. Este valor é muito elevado (98%) para a resistência à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, nos três ligamentos.

Quanto ao alongamento à rotura por tracção à teia o valor de  $R^2$  situa-se nos 97%, enquanto à trama é inferior, diminuindo de 87% (tafetá) para 78% (sarja de 4), coincidindo com o aumento do

tamanho do alinhavo. Verifica-se, também, que os resultados por trama apresentam maior variabilidade.

No que diz respeito à resistência ao rasgo, os valores  $R^2$  também são muito altos, sendo os mais baixos os obtidos no tafetá que, em ambas as direções, excedem 95%. Para os outros ligamentos com maior mobilidade dos fios, os valores de  $R^2$  excedem 97%.

A propensão para a formação de PFB borboto é a resposta com maior variabilidade nos resultados e menor nível de explicação por parte dos efeitos e interações significativas. O ligamento tem papel determinante nos valores de PFB e, dentro de cada grupo, a variação nos resultados não difere em mais de uma unidade. Assim, a influência das características estruturais consideradas não podem ser tidas como críticas nos resultados. O nível de explicação destas características,  $R^2$  aumenta com o comprimento do alinhavo do ligamento passando de 46% no tafetá, para 59% na sarja de 3 e para 88% na sarja de 4.

Em relação à resistência à abrasão, os valores do coeficiente de determinação  $R^2$  são muito altos para os três ligamentos, situando-se acima de 98%, enquanto a parte da variabilidade não explicada, atribuída ao erro experimental, é inferior a 2%.

Em todos os casos, com exceção da propensão à formação de borboto, os factores relacionados com a fibra, com o fio, com o ligamento e com o acabamento explicam de maneira bastante satisfatória a evolução dos parâmetros de resistência e alongamento da rotura por tracção, a resistência ao rasgo e resistência à abrasão. O ligamento é determinante para a propensão à formação de borboto com uma influência das variáveis de fabricação que provocam variações abaixo do limite de detecção.

Do ponto de vista das alterações que os tratamentos especiais (TIRR, TIRA e TLS) originaram ao nível de cada uma das propriedades estudadas podemos constatar o seguinte:

- o tratamento para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR) produz aumentos muito significativos desta propriedade, independentemente do ligamento, sem modificar numa forma significativa as forças de rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, o alongamento de rotura por tracção, quer à teia, quer à trama e a propensão à formação de borboto. Por outro lado, verifica-se, também, uma melhoria da resistência à abrasão.

- o efeito do tratamento para incrementar a resistência à abrasão (TIRA), produz aumentos muito significativos desta propriedade, contudo, afecta negativamente a resistência ao rasgo, com reduções de resistência muito relevantes. O aumento da resistência à abrasão não altera de forma significativa as forças de rotura e alongamento por tracção, quer à teia, quer à trama. Quanto à propensão à formação de borboto, verifica-se, uma ligeira tendência para a sua melhoria.

- o efeito do tratamento de limpeza a seco (TLS), produz reduções muito significativas da resistência ao rasgo dos tecidos, sem modificar de uma forma relevante o desempenho das outras propriedades.

#### 4.3.3.1 - Factores mais determinantes na variação dos resultados para cada tipo de ligamento.

O desenho experimental permitiu determinar a significância dos cinco efeitos principais (A: TOR1, B: DPL, C: DLA, D: LA e E: TRAT) e suas dez possíveis interações (AxB, AxC, AxD, AxE, BxC, BxD, BxE, CxD, CxE e DxE) em cada uma das respostas.

A soma dos quadrados correspondente a cada um dos efeitos e / ou interações permite avaliar a contribuição de cada um destes factores na variabilidade da resposta, e pode determinar-se a sua contribuição para a explicação total expressa pelo coeficiente de determinação  $R^2$ .

Na tabela 4.25, apresenta-se a contribuição relativa (%) dos efeitos e interações mais significativos para cada uma das respostas por tipo de ligamento, para a resistência à rotura por tracção, quer à teia (FRTB), quer à trama (FRTT).

Tabela 4.25 - Contribuição dos efeitos e interações significativas na variação quadrática total da resistência à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, em função do ligamento.

Ligamento	Tafetá		Sarja de 3		Sarja de 4	
	FRTB	FRTT	FRTB	FRTT	FRTB	FRTT
B - DPL	52,83%	69,80%	53,54%	66,75%	43,52%	59,08%
D - LA	40,08%	25,25%	35,73%	26,36%	45,03%	34,96%
E - TRAT					4,59%	
BD			3,76%		3,65%	
Outros	5,09%	3,75%	4,42%	6,16%	0,85%	5,00%
Resíduo	1,99%	1,20%	2,55%	0,73%	2,36%	0,97%

Na tabela 4.26 apresenta-se a contribuição relativa (%) dos efeitos e interações mais significativos para cada uma das respostas por tipo de ligamento, para o alongamento à rotura por tracção, quer à teia (ARTB), quer à trama (ARTT).

Tabela 4.26 - Contribuição dos efeitos e interações significativas na variação quadrática total do alongamento à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, em função do ligamento.

Ligamento	Tafetá		Sarja de 3		Sarja de 4	
	ARTB	ARTT	ARTB	ARTT	ARTB	ARTT
A - TOR1	5,70%	22,87%	4,47%	14,59%	7,80%	16,14%
B - DPL	69,41%	9,11%	66,72%	6,06%	69,46%	5,44%
D - LA	6,71%	31,57%	8,13%	26,81%	5,17%	40,95%
E - TRAT	12,93%	9,60%	6,36%	13,38%	5,89%	5,97%
BD		4,37%	8,13%	15,92%	4,23%	6,91%
DE		3,18%		5,54%		
Outros	2,75%	6,65%	3,15%	0,26%	4,63%	3,45%
Resíduo	2,51%	12,66%	3,04%	17,44%	2,82%	21,14%

Na tabela 4.27 apresenta-se a contribuição relativa (%) dos efeitos e interações mais significativos para cada uma das respostas por tipo de ligamento, para a resistência ao rasgo, quer à teia (RRB), quer à trama (RRT).

Tabela 4.27 - Contribuição dos efeitos e interações significativas na variação quadrática total na resistência ao rasgo, quer à teia, quer à trama, em função do ligamento.

Ligamento	Tafetá		Sarja de 3		Sarja de 4	
	RRB	RRT	RRB	RRT	RRB	RRT
B - DPL	7,55%	10,30%	18,03%	9,90%	23,10%	22,44%
C - DLA	6,42%	5,83%	5,08%	8,08%	4,99%	4,76%
D - LA	28,45%	27,77%	16,07%	24,40%	10,87%	10,54%
E - TRAT	46,31%	49,42%	52,96%	50,44%	54,38%	57,33%
Outros	6,63%	4,47%	5,92%	6,28%	4,15%	4,11%
Resíduo	4,64%	2,22%	1,94%	0,91%	2,52%	0,82%

Na tabela 4.28 apresenta-se a contribuição relativa (%) dos efeitos e interações mais significativos para cada uma das respostas por tipo de ligamento, para a resistência à abrasão (RA) e para a propensão à formação de borboto (PFB).

Tabela 4.28 - Contribuição dos efeitos e interações significativas na variação quadrática total na resistência à abrasão e na propensão à formação de borboto, em função do ligamento.

Ligamento	Tafetá		Sarja de 3		Sarja de 4	
	RA	PFB	RA	PFB	RA	PFB
A - TOR1		11,21%		4,60%		28,57%
B - DPL	88,43%	16,14%	85,77%	4,60%	83,96%	6,03%
C - DLA		7,17%		10,34%		7,53%
D - LA	5,55%		7,28%	10,34%	8,11%	17,55%
E - TRAT	4,32%	7,62%	3,73%		4,35%	6,35%
AD				4,60%		6,03%
BC		4,04%		4,60%		4,70%
BD				4,60%		3,53%
Outros	0,44%	0,00%	2,61%	14,94%	1,85%	7,45%
Resíduo	1,26%	53,81%	0,62%	41,38%	1,73%	12,25%

Para destacar os efeitos e interações mais relevantes, são apresentados os mais significativos (significância de 0,00%) e que contribuem como mínimo de 3% no coeficiente de determinação de  $R^2$ . Os outros efeitos e interações com menor significância e contribuição inferior a  $R^2$  foram agrupados em “Outros” e se atribui a percentagem de variação não explicada pelos factores significativos em “Resíduo”, cuja contribuição se completa os 100% da variação quadrática total observada para cada resposta.

No gráfico 4.237 apresenta-se a contribuição dos parâmetros mais significativos na resistência à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama e ligamento. Constata-se, que os fatores mais determinantes são o diâmetro da fibra de poliéster, a composição do fio expressa em percentagem de lã e sua interação, atingindo com essas variáveis níveis de explicação superiores a 93%. A influência da composição é preponderante nos ensaios à teia, enquanto, que à trama, o diâmetro da fibra de poliéster é a variável mais relevante. Para a sarja de 4, o tratamento especial de acabamento tem uma influência maior que 4% na direção da teia, enquanto nos outros ensaios a influência do tratamento é menos importante.

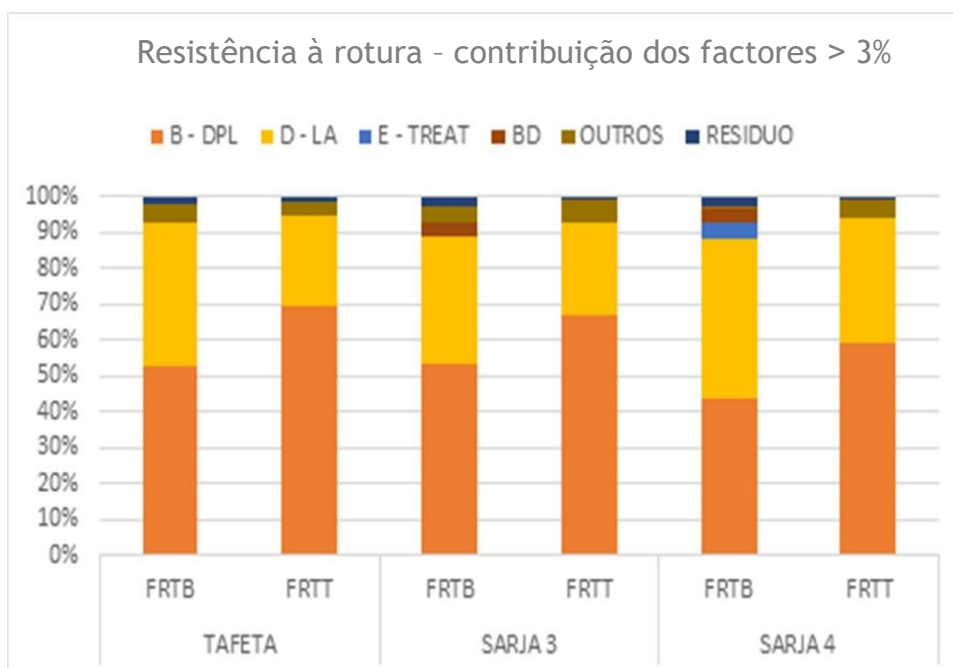


Gráfico 4.237 - Efeitos principais e interações com maior contribuição na resistência à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama e tipo de ligamento.

No gráfico 4.238, mostra-se a contribuição dos parâmetros mais significativos no alongamento à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama e ligamento. A variabilidade dos resultados é maior por trama do que por teia. A torção aparece como um parâmetro significativo que depende da direção do ensaio e, por trama, a sua contribuição é claramente superior. O parâmetro com maior influência neste ensaio por teia é o diâmetro da fibra de poliéster, enquanto a composição do fio é mais relevante quando são realizados ensaios de trama. Em todos os ligamentos, aparece como significativo o efeito do tratamento, cuja intensidade diminui à medida que aumenta o tamanho do alinhavo do ligamento. Se se agrupam os efeitos do diâmetro da fibra de poliéster, composição e tratamento especial de acabamento com suas interações, a contribuição destas variáveis para os três ligamentos por teia é superior a 85%, enquanto, por trama a contribuição se situa cerca dos 60%, às custas de uma maior variabilidade observada nos resultados, ao aumentar o erro experimental.

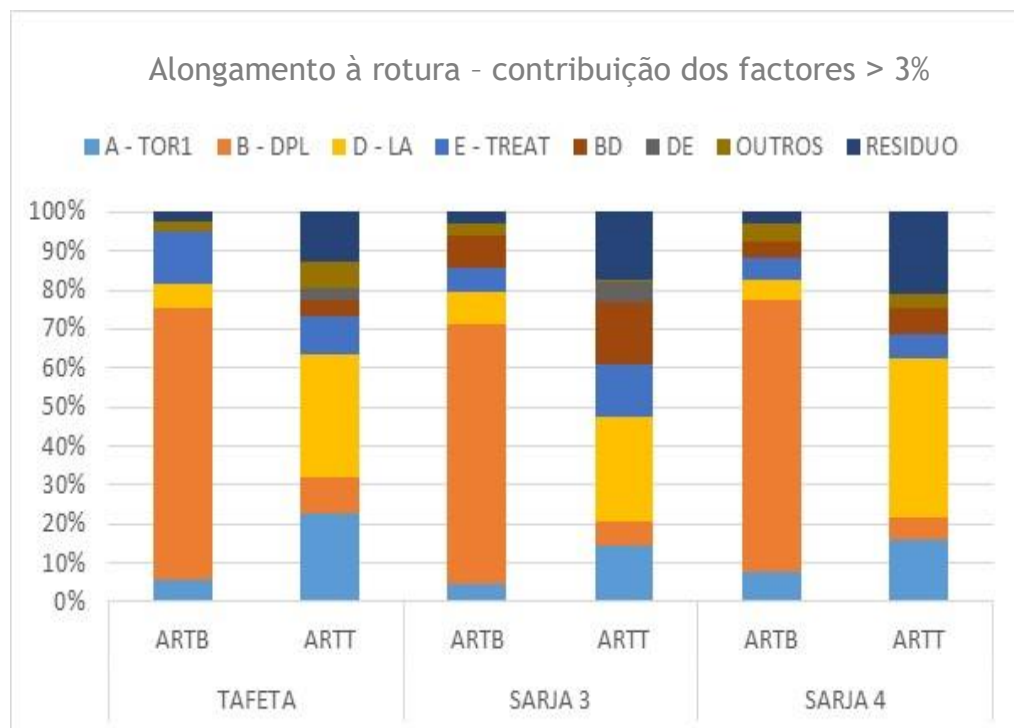


Gráfico 4.238 - Efeitos principais e interações com maior contribuição no alongamento à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama e tipo de ligamento.

No gráfico 4.239 mostra-se a contribuição dos parâmetros mais significativos nos ensaios de resistência ao rasgo, quer à teia, quer à trama e ligamento. Em todos os casos, o nível de explicação excede 95% e a variável que mais afeta esta resposta é o tratamento de acabamento, com uma contribuição para a variabilidade de cerca de 50%, que tende a aumentar com o aumento do comprimento do alinhavo do ligamento. O segundo parâmetro em importância será a composição dos fios, cuja influência diminui com o aumento do comprimento do alinhavo do ligamento, enquanto a influência do diâmetro da fibra de poliéster aumenta com aumento do comprimento do alinhavo do ligamento. Não se encontram grandes diferenças entre as duas direcções do ensaio. Por outro lado, verifica-se que a influência geral dos parâmetros das fibras (diâmetro da fibra de lã e da fibra de poliéster e composição) diminui ligeiramente com o incremento do comprimento do alinhavo e situa-se perto dos 40% da variabilidade total.

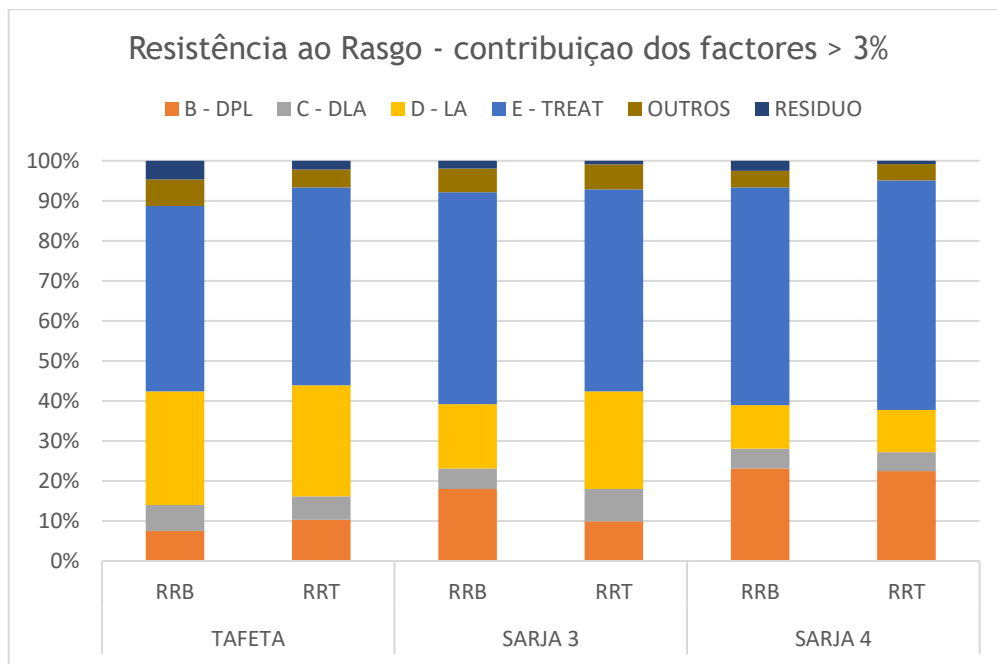


Gráfico 4.239 - Efeitos principais e interações com maior contribuição na resistência ao rasgo, quer à teia, quer à trama e tipo de ligamento.

Em relação aos dois últimos parâmetros em estudo, propensão à formação de borboto e resistência à abrasão a influência das variáveis e suas interações apresentam-se nos gráficos 4.240 e 4.241, respectivamente.

Quando analisada a propensão à formação de borboto, deve destacar-se a grande variabilidade dos resultados que, desde valores superiores a 50% no caso do tafetá, vão diminuindo com o aumento do comprimento do alinhavo do ligamento até situar-se em valores acima de 12% para sarja de 4. Com a diminuição da variabilidade incrementa-se o número de variáveis que contribuem para esta resposta.

Para o tafetá, a contribuição do diâmetro das fibras, a torção do fio e o acabamento contribuem para explicar mais de 40% da variabilidade, enquanto na sarja de 3 a influência da composição, que aumenta ao passar para a sarja 4, inclui-se como um factor a destacar.

Para o ligamento sarja de 4, com o aumento do comprimento do alinhavo do ligamento, o efeito de torção é muito relevante na propensão à formação de borboto.

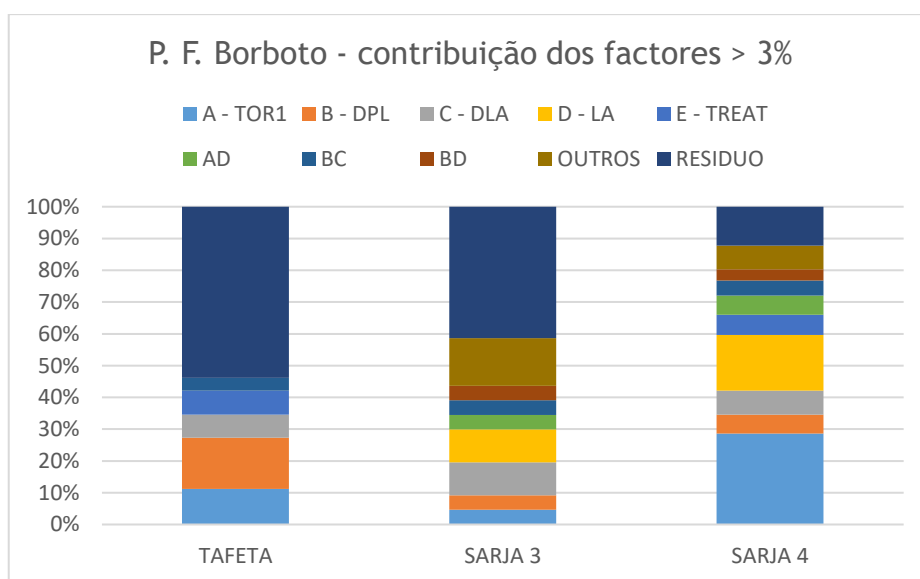


Gráfico 4.240 - Efeitos principais e interações com maior contribuição na propensão à formação de borboto segundo o tipo de ligamento.

Em relação à resistência à abrasão, os níveis de explicação atribuíveis aos factores excedem 98%, sendo o factor mais importante o diâmetro da fibra de poliéster, seguido pelo efeito da composição que aumenta com o aumento do comprimento do alinhavo do ligamento e do tratamento especial de acabamento, conforme mostra o gráfico 4.241.

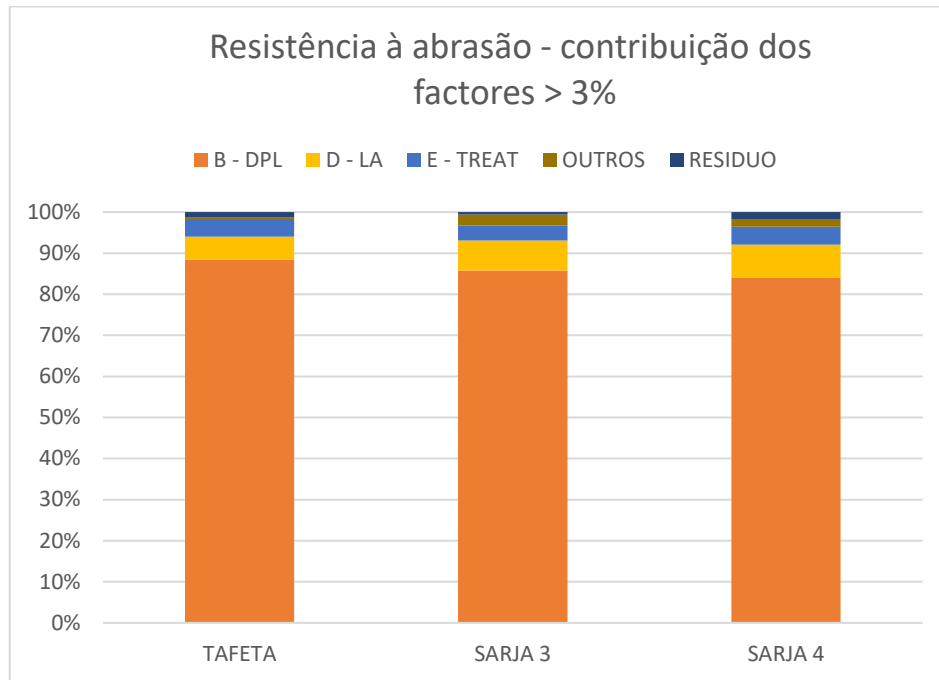


Gráfico 4.241 - Efeitos principais e interações com maior contribuição na resistência à abrasão segundo o tipo de ligamento.

### 4.3.3.2 - Valores médios das respostas em função das variáveis mais significativas

#### 4.3.3.2.1 - Resistência à rotura por tracção à teia (FRTB) e à trama (FRTT)

Na tabela 4.29 apresenta-se a estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência à rotura nas duas direções do ensaio em função do fator A (torção do fio a um cabo - TOR1) e do fator E (tratamento de acabamento - TRAT) e os três ligamentos de tecido.

Tabela 4.29 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência à rotura por tracção (N), quer à teia (FRTB), quer à trama (FRTT) dos tecidos em função da torção e do tratamento de acabamento, para os três ligamentos.

Ligamento		Tafetá		Sarja de 3		Sarja de 4	
Factores	Níveis	FRTB (N)	FRTT (N)	FRTB (N)	FRTT (N)	FRTB (N)	FRTT (N)
Torção	620 v/m	692,8±5,3	662,2±4,3	1033,4±9,8	763,1±3,7	1098,8±10,1	785,0±4,7
	720 v/m	687,8±5,3	647,5±4,3	1022,5±9,8	748,4±3,7	1098,1±10,1	773,8±4,7
Tratamento de acabamento	Normal	696,3±7,5	655,0±6,1	1051,9±13,8	765,6±5,2	1132,5±14,3	785,6±6,7
	TIRA	673,8±7,5	669,4±6,1	1022,5±13,8	763,1±5,2	1066,9±14,3	795,0±6,7
	TIRR	670,0±7,5	633,1±6,1	990,6±13,8	740,0±5,2	1059,4±14,3	763,1±6,7
	TLS	703,1±7,5	661,9±6,1	1046,9±13,8	754,4±5,2	1135,0±14,3	773,8±6,7

Na tabela 4.30 apresenta-se a estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência à rotura nas duas direções do ensaio em função dos fatores B (diâmetro da fibra de poliéster - DPL) e D (percentagem de lã - LA), e os três ligamentos do tecido.

Tabela 4.30 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência à rotura por tracção (N), quer à teia (FRTB), quer à trama (FRTT) dos tecidos em função do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e da composição, para os três ligamentos.

Ligamento	Composição		Diâmetro da fibra de poliéster	
			2,49 dtex	4,4 dtex
Sarja de 4	LA 45%	FRTB (N)	1068,8±14,3	1350,0±14,3
		FRTT (N)	744,4±6,7	951,0±6,7
	LA 60%	FRTB (N)	910,0±14,3	1065,0±14,3
		FRTT (N)	635,6±6,7	785,6±6,7
Sarja de 3	LA 45%	FRTB (N)	977,5±13,8	1262,5±13,8
		FRTT (N)	708,1±5,2	911,3±5,2
	LA 60%	FRTB (N)	853,1±13,8	1018,8±13,8
		FRTT (N)	631,9±5,2	771,9±5,2
Tafetá	LA 45%	FRTB (N)	665,6±7,5	828,1±7,5
		FRTT (N)	610,0±6,1	802,5±6,1
	LA 60%	FRTB (N)	566,3±7,5	683,1±7,5
		FRTT (N)	528,8±6,1	678,1±6,1

No gráfico 4.242 mostra-se a influência da torção dos fios a um cabo e do tratamento de acabamento na resistência à rotura por tracção, em função do ligamento e da direcção do ensaio. Inicialmente, observa-se que a resistência à rotura aumenta com o aumento do comprimento do alinhavo do ligamento. Os valores mais baixos correspondem ao tafetá, seguidos pela sarja de 3, sendo os mais altos os da sarja de 4. Verifica-se, também, que os valores são mais elevados na direcção da teia e menores na direcção da trama, embora essas diferenças sejam mais relevantes com o aumento do comprimento do alinhavo do ligamento (mais pequeno para tafetá e muito maior para sarja de 3 e sarja de 4). As diferenças de torção dos fios a um cabo provocam pequenas diferenças na resistência à rotura por tracção dos tecidos. Relativamente, ao tratamento de acabamento TIRA, no tecido com ligamento em tafetá não são observadas diferenças relevantes nos valores de resistência à rotura por tracção, entre a teia e a trama, embora os tratamentos TIRA e TIRR causem uma ligeira diminuição nos valores de resistência à rotura por tracção à teia, e não à trama, com valores muito semelhantes entre o acabamento Normal e o TLS. O ligamento que mais reflete uma diferença nos valores de resistência à rotura por tracção, em função do tratamento é a sarja de 4 na direcção da teia.

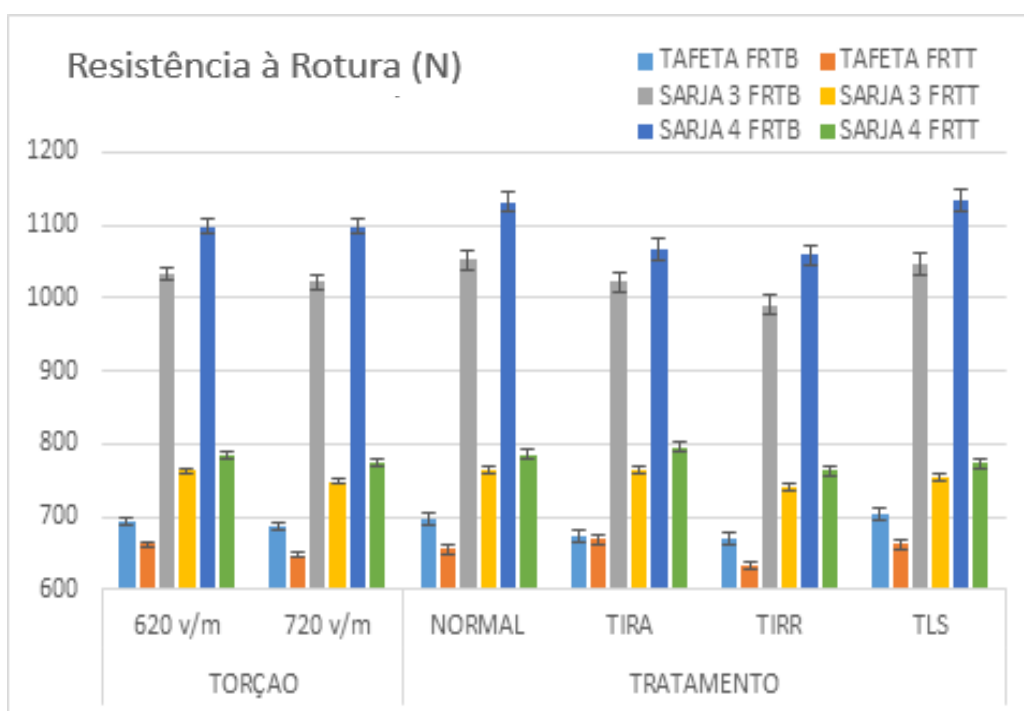


Gráfico 4.242 - Efeito da torção do fio a um cabo e do tipo de de acabamento na resistência à rotura por tracção dos tecidos, em função do tipo de ligamento e da direcção do ensaio.

No gráfico 4.243 mostra-se a influência do diâmetro da fibra de poliéster e da composição do fio na resistência à rotura por tracção dos tecidos de acordo com o tipo de ligamento e a direcção do ensaio. As fibras de poliéster mais grossas proporcionam valores mais elevados de resistência à rotura por tracção, enquanto, o incremento da proporção de lã na mistura reduz os valores de resistência à rotura por tracção dos tecidos. Os valores mais baixos são obtidos nos tecidos com ligamento em tafetá com um aumento acentuado para a sarja de 3 e mais moderado até à sarja de 4. O efeito do diâmetro da fibra de poliéster no incremento da resistência à rotura por tracção, quando aumenta a proporção de poliéster na mistura, é muito mais pronunciado à teia do que à trama. Por outro lado, constata-se, também, que o dito incremento é mais significativo nos ligamentos sarja de 3 e sarja de 4, do que no tafetá.

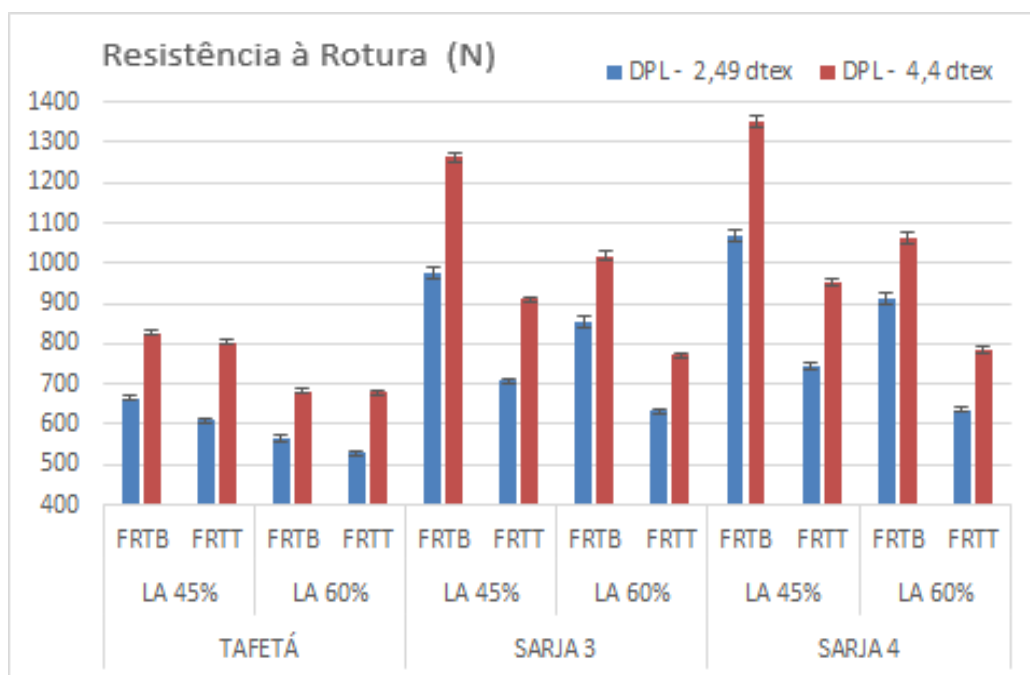


Gráfico 4.243 - Efeito do diâmetro da fibra de poliéster e da composição do fio na resistência à rotura por tracção dos tecidos, em função do tipo de ligamento e da direcção do ensaio.

#### 4.3.3.2.2 - Alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB) e à trama (ARTT)

Na tabela 4.31, mostra-se a influência da torção do fio a um cabo no alongamento à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, em função do tipo de ligamento.

Tabela 4.31- Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio do alongamento à rotura (%), quer à teia (ARTB), quer à trama (ARTT) dos tecidos em função do fator A - torção do fio a um cabo (TOR1) para os três ligamentos.

Ligamento		Tafetá		Sarja de 3		Sarja de 4	
		ARTB (%)	ARTT (%)	ARTB (%)	ARTT (%)	ARTB (%)	ARTT (%)
Torção	620 v/m	37,8±0,2	38,0±0,2	42,2±0,3	32,6±0,3	44,9±0,2	31,9±0,3
	720 v/m	39,3±0,2	39,6±0,2	43,9±0,3	34,0±0,3	46,9±0,2	33,1±0,3

No gráfico 4.244 apresentam-se os resultados experimentais. No tafetá, o alongamento à rotura por tracção é semelhante nas duas direções do ensaio, sendo um pouco maior para os fios com maior torção.

Para a sarja de 3 e a sarja de 4 o alongamento à rotura por tracção à teia cresce com o aumento do comprimento do alinhavo do ligamento, enquanto, à trama o seu valor vai diminuindo.

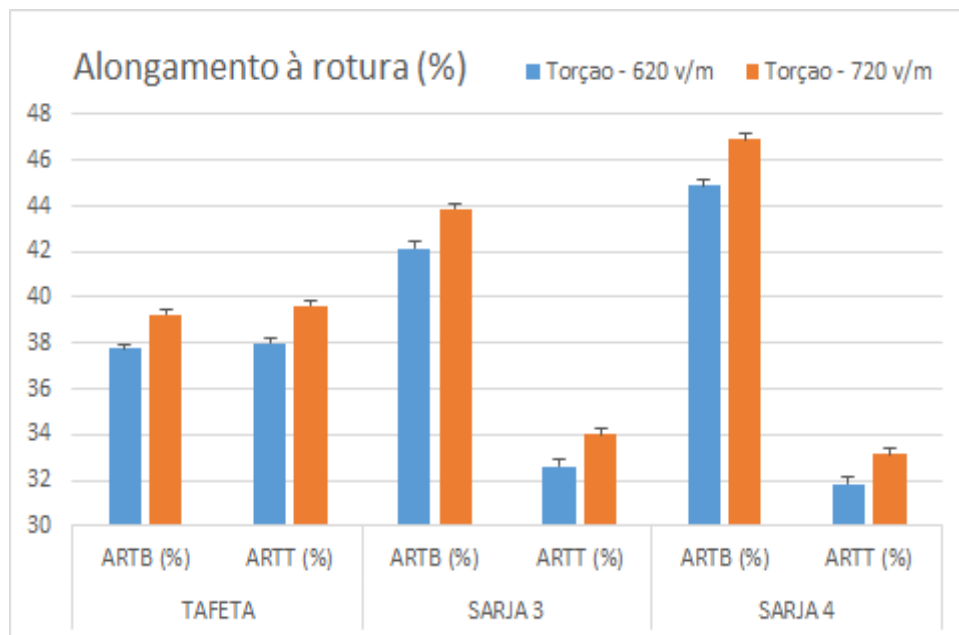


Gráfico 4.244 - Efeito da torção do fio a um a cabo no alongamento à rotura por tracção dos tecidos em função do tipo de ligamento e da direcção do ensaio

Na tabela 4.32 apresenta-se a estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio do alongamento à rotura por tracção, quer à teia (ARTB), quer à trama (ARTT) em função do diâmetro da fibra de poliéster e da composição do fio, expressa em percentagem de lã e do ligamento.

Tabela 4.32 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio do alongamento à rotura por tracção (%), quer à teia (ARTB), quer à trama (ARTT) dos tecidos em função do diâmetro da fibra de poliéster (DPL) e da composição (LA, para os três ligamentos.

Ligamento	Composição	Diâmetro da fibra de poliéster		
		2,49 dtex	4,4 dtex	
Sarja de 4	LA 45%	ARTB (N)	43,0±0,3	50,5±0,3
		ARTT (N)	32,7±0,4	34,3±0,4
	LA 60%	ARTB (N)	42,8±0,3	47,3±0,3
		ARTT (N)	31,5±0,4	31,4±0,4
Sarja de 3	LA 45%	ARTB (N)	39,7±0,4	48,6±0,4
		ARTT (N)	33,1±0,4	35,4±0,4
	LA 60%	ARTB (N)	39,7±0,4	44,0±0,4
		ARTT (N)	32,6±0,4	32,1±0,4
Tafetá	LA 45%	ARTB (N)	36,6±0,3	42,1±0,3
		ARTT (N)	38,9±0,3	40,6±0,3
	LA 60%	ARTB (N)	35,3±0,3	40,1±0,3
		ARTT (N)	37,7±0,3	38,0±0,3

No gráfico 4.245 mostram-se os resultados da tabela 4.32, no qual pode ser observado que, para o tafetá, os valores do alongamento à rotura por tracção aumentam com o diâmetro da fibra de poliéster, embora, para as fibras de 2,49 dtex, os resultados do alongamento à rotura por tracção à trama são superiores aos da teia. Por outro lado, para as fibras de 4,4 dtex ocorre o oposto. Por trama, o alongamento à rotura é inferior ao obtido por teia. Observa-se também que, para o tafetá, a diminuição da percentagem de poliéster na mistura (aumento da lã) diminui ligeiramente o alongamento à rotura. Para as sarjas, os resultados por trama são sempre inferiores aos resultados por teia e para a proporção de lã de 45%, um aumento do diâmetro da fibra de poliéster incrementa o alongamento à rotura, dando valores ligeiramente superiores à teia ao passar da sarja de 3 para a sarja de 4, enquanto à trama ocorre o contrário.

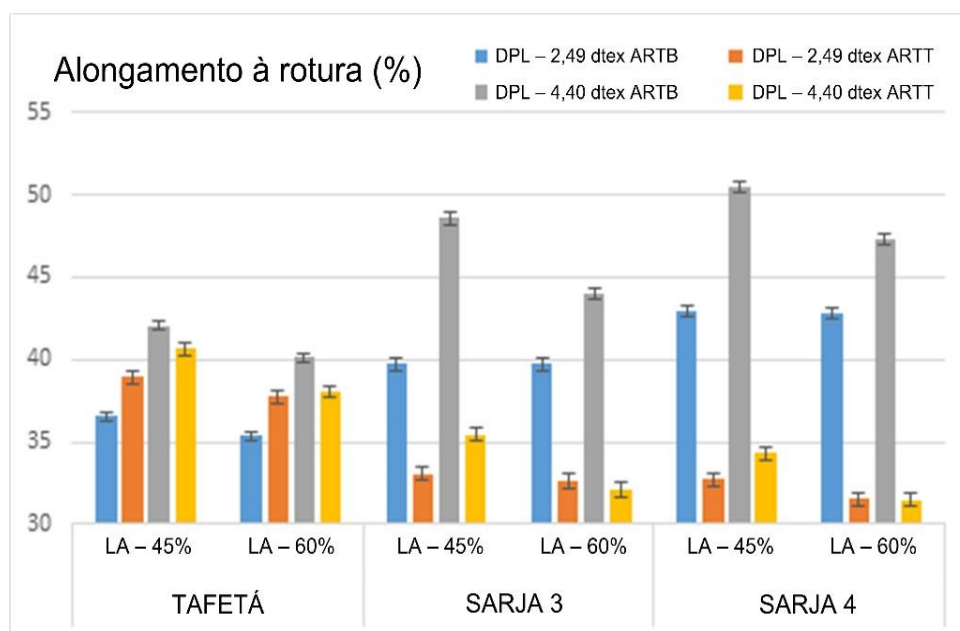


Gráfico 4.245 - Efeito do diâmetro da fibra de poliéster e da composição dos fios no alongamento à rotura por tracção dos tecidos, em função do tipo de ligamento e da direcção do ensaio

O aumento da proporção de lã, afecta muito pouco o alongamento à rotura por tracção em misturas com a fibras de poliéster de 2,4 dtex, enquanto que, para as fibras de poliéster de 4,4 dtex os valores que se obtém nas duas direcções são inferiores, quer na sarja de 3, quer na sarja de 4. Nas sarjas as diferenças observadas segundo a direcção do ensaio são elevadas e aumentam com a proporção de poliéster na mistura. Verifica-se, também, que as diferenças de alongamento à rotura por tracção à teia são mais elevadas do que as observadas à trama.

Na tabela 4.33 apresenta-se os resultados do alongamento à rotura por tracção em função do tratamento de acabamento e da composição para cada uma das direcções do ensaio, para os três ligamentos.

Tabela 4.33 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio do alongamento à rotura por tracção (%), quer à teia (ARTB), quer à trama (ARTT) dos tecidos em função da composição (LA) e do tipo de acabamento, para os três ligamentos.

Composição		LA 45%		LA 60%	
Ligamento	Tratamento	ARTB (%)	ARTT (%)	ARTB (%)	ARTT (%)
Sarja de 4	Normal	46,8±0,5	33,9±0,6	37,7±0,4	32,3±0,6
	TIRA	48,3±0,5	33,5±0,6	47,3±0,4	31,7±0,6
	TIRR	45,6±0,5	33,0±0,6	44,9±0,4	31,1±0,6
	TLS	46,2±0,5	33,3±0,6	45,5±0,4	30,9±0,6
Sarja de 3	Normal	44,1±0,6	34,7±0,6	42,1±0,6	33,7±0,6
	TIRA	45,9±0,6	34,3±0,6	43,4±0,6	33,0±0,6
	TIRR	43,4±0,6	33,9±0,6	40,6±0,6	31,9±0,6
	TLS	43,2±0,6	34,1±0,6	41,4±0,4	30,8±0,6
Tafetá	Normal	39,6±0,4	40,6±0,5	37,7±0,4	38,4±0,5
	TIRA	41,3±0,4	40,3±0,5	39,3±0,4	37,9±0,5
	TIRR	38,3±0,4	39,2±0,6	36,9±0,4	37,1±0,5
	TLS	38,1±0,4	39,0±0,6	36,9±0,4	38,1±0,5

No gráfico 4.246, apresentam-se os resultados experimentais da tabela 4.33. No tafetá, as diferenças causadas pelos tratamentos no alongamento à rotura por tracção, quer à teia, quer à trama são muito inferiores às observadas, quer na sarja de 3, quer na sarja de 4. Para os tecidos com uma menor proporção de lã, os alongamentos à rotura por tracção à trama são superiores com o acabamento normal e após os acabamentos TIRR e TLS, enquanto, não se verificam diferenças na direção do ensaio após o acabamento TIRA. Em todos os casos, o aumento da percentagem de lã na mistura provoca uma redução do alongamento à rotura por tracção à trama e, em geral, os resultados obtidos após o acabamento TIRA apresentam valores ligeiramente superiores aos demais tratamentos. O tratamento TIRA fornece os mais altos valores de alongamento à rotura por tracção à teia, independentemente da proporção de lã (ou poliéster), sendo os valores mais baixos os obtidos após o tratamento TIRR e TLS. Os valores por teia são superiores aos que se obtém por trama, salvo no tafetá em que as diferenças entre a teia e a trama são muito pequenas.

Para a sarja de 3 e sarja de 4, qualquer que seja o tratamento de acabamento, os valores por trama são inferiores. O efeito da composição pode ser visto claramente na sarja de 3 e na sarja de 4.

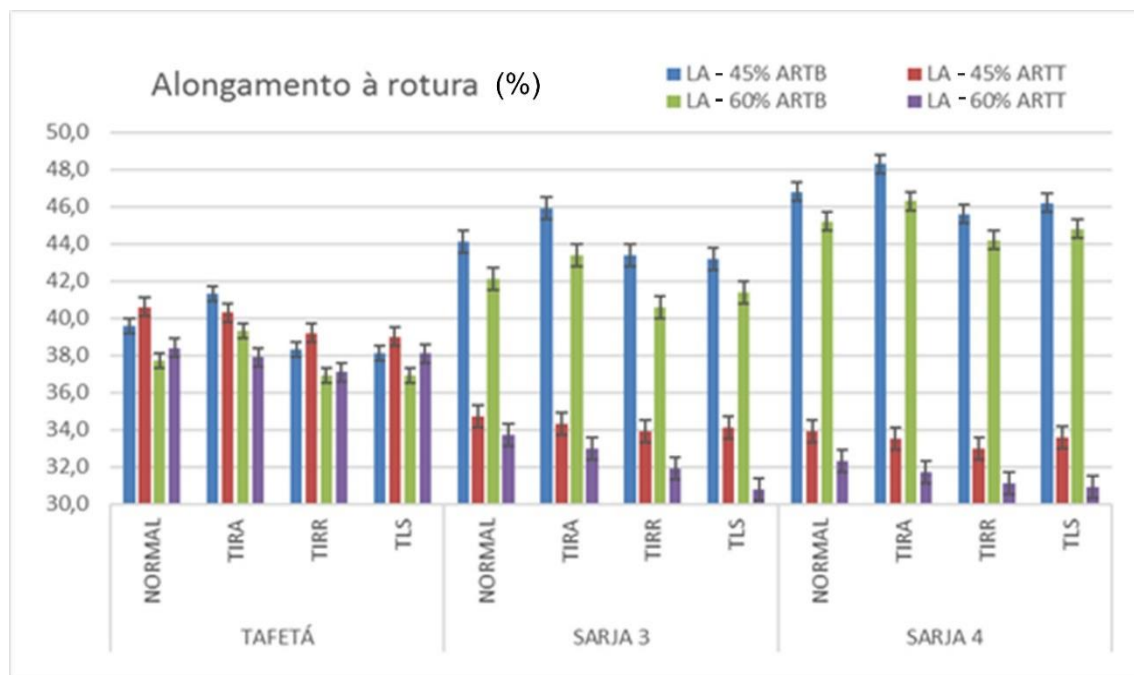


Gráfico 4.246 - Efeito da composição e do tratamento de acabamento no alongamento à rotura por tracção, em função do ligamento e da direcção do ensaio.

#### 4.3.3.2.3 - Resistência ao rasgo à teia (RRB) e à trama (RRT)

Na tabela 4.34 apresenta-se o efeito do diâmetro das fibras de poliéster e lã, da composição do fio e do tipo de acabamento sobre os valores médios e os intervalos de confiança da resistência ao rasgo em função da direção do ensaio e do ligamento do tecido.

Tabela 4.34 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência ao rasgo (N), quer à teia (RRB), quer à trama (RRT) dos tecidos em função dos diâmetros das fibras de lã (DLA) e de poliéster (DPL), da composição (LA) e do tratamento de acabamento, para os três ligamentos.

Ligamento		Tafetá		Sarja de 3		Sarja de 4	
		RRB (N)	RRT (N)	RRB (N)	RRT (N)	RRB (N)	RRT (N)
DPL (dtex)	2,49	37,4±1,0	33,1±0,6	42,5±0,8	35,2±0,5	45,1±1,0	38,4±0,5
	4,4	43,8±1,0	39,9±0,6	53,7±0,80	42,3±0,5	59,3±1,0	49,5±0,5
DLA (µm)	21,4	43,6±1,0	39,1±0,6	51,0±0,8	42,0±0,5	55,5±1,0	46,5±0,5
	24,9	37,6±1,0	33,9±0,6	45,1±0,8	35,5±0,5	48,9±1,0	41,4±0,5
LA (%)	45	46,8±1,0	42,1±0,6	53,3±0,8	44,3±0,5	57,0±1,0	47,8±0,5
	60	34,3±1,0	30,9±0,6	42,8±0,8	33,2±0,5	47,3±1,0	40,2±0,5
Tratamento de acabamento	Normal	41,6±1,4	38,0±0,9	50,1±1,1	40,4±0,7	53,6±1,4	45,1±0,7
	TIRA	32,8±1,4	29,1±0,9	39,5±1,1	31,4±0,7	43,0±1,4	36,4±0,7
	TIRR	53,2±1,4	48,1±0,9	62,9±1,1	51,3±0,7	69,4±1,4	48,1±0,7
	TLS	34,8±1,4	30,8±0,9	39,8±1,1	31,9±0,7	42,8±1,4	36,3±0,7

No gráfico 4.247 pode ver-se que os resultados da resistência ao rasgo à trama são sempre inferiores aos da teia e aumentam com o comprimento do alinhavo. A resistência ao rasgo aumenta com o diâmetro da fibra de poliéster, enquanto que com a fibra de lã o efeito do seu diâmetro é contrário. Obtêm-se valores mais altos de resistência ao rasgo usando fibras de lã de diâmetro inferior. Quanto à composição, a resistência ao rasgo é maior quanto maior for a percentagem de poliéster na mistura. No que diz respeito, aos tratamentos de acabamento, os valores mais elevados obtêm-se, nos tecidos, após o tratamento TIRR que tem por objectivo específico incrementar a resistência ao rasgo, enquanto os tratamentos TIRA e TLS conduzem a valores de resistência ao rasgo inferiores aos obtidos após o acabamento Normal dos tecidos.

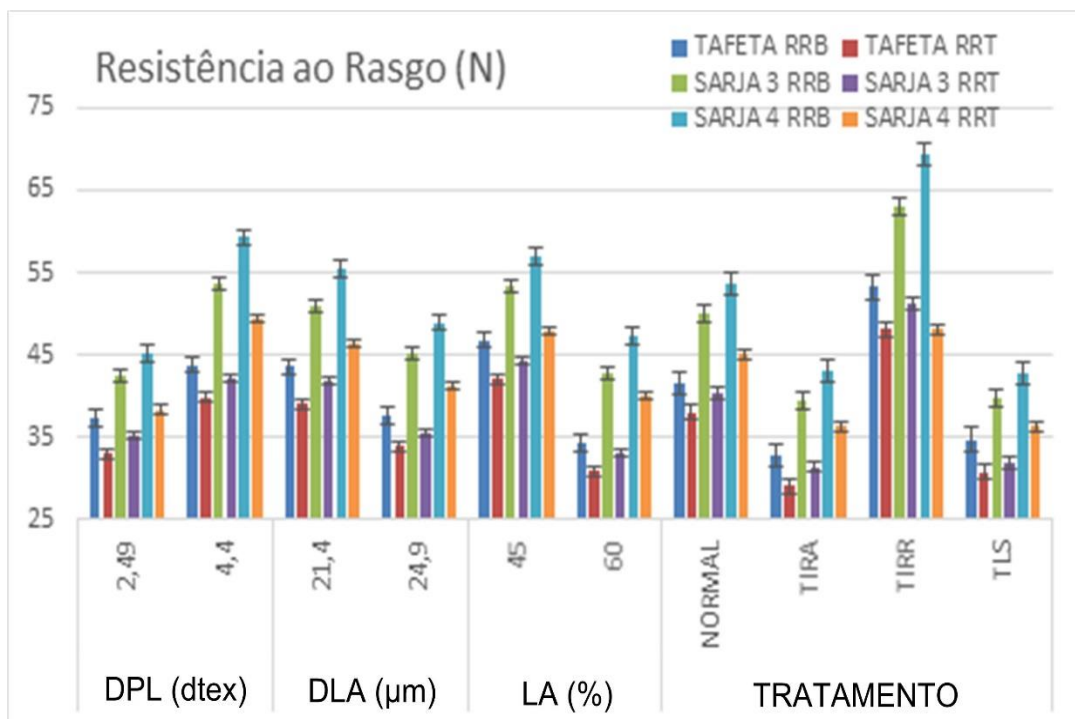


Gráfico 4.247 - Efeito do diâmetro da fibra de poliéster e da fibra de lã, da composição do fio e do tipo de acabamento na resistência ao rasgo, em função do ligamento e da direcção do ensaio.

#### 4.3.3.2.4 - Propensão à formação de borboto

Este parâmetro é medido numa escala subjetiva de 1 a 5, com variações possíveis nos resultados de meia unidade. A parte da variação não explicada pelas variáveis que foram controladas no caso de tafetá excede 50% da variação, enquanto, para a sarja de 3, esta variação não explicada excede os 40%, pelo que é muito difícil encontrar alguma variável com um efeito relevante sobre a variação dos resultados nestes dois ligamentos.

Por outro lado, os resultados experimentais de PFB para o tafetá e para a sarja de 3, situam-se cerca do grau 4 e as variações acima ou abaixo não atingem meia unidade, pelo que, para esses dois ligamentos, não se analisa o efeito das variáveis porque as variações que explicam não superam o limite da escala de medida de meia unidade.

Para a sarja de 4, de estrutura mais aberta, embora a proporção de variação residual não explicada pelas variáveis, exceda ligeiramente os 12%, pode observar-se o efeito de torção do fio a um cabo, composição e tratamento de acabamento sobre este parâmetro.

Na tabela 4.35 apresentam-se os valores médios e intervalos de confiança de PFB para este tecido.

Tabela 4.35 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio (grau) da propensão à formação de borboto dos tecidos sarja de 4 em função da torção do fio a um cabo (TOR1), da composição (LA) e do tratamento de acabamento.

		LA (%)		Tratamento de acabamento			
		40	60	Normal	TIRR	TIRA	TLS
Torção	620 v/m	Grau 2,9±0,1	Grau 3,6±0,1	Grau 3,1±0,2	Grau 3,2±0,2	Grau 3,6±0,2	Grau 3,1±0,2
	720 v/m	Grau 3,7±0,1	Grau 3,9±0,1	Grau 3,8±0,2	Grau 3,8±0,2	Grau 3,9±0,2	Grau 3,8±0,2

No gráfico 4.248 apresentam-se os valores de PFB para a sarja de 4 em função da torção do fio a um cabo, da composição e dos tratamentos de acabamento, que são as variáveis mais relevantes que influenciam a formação de borboto. Os valores médios oscilam entre 3 e 4, sendo os valores mais altos (menor propensão à formação de borboto) dos tecidos com fio a um cabo com torção mais elevada, com menos poliéster na mistura (maior percentagem de lã). Com uma tendência a dar graus mais elevados na propensão à formação de borboto estão os tecidos submetidos ao tratamento TIRA, particularmente aqueles, produzidos com fios com torção mais elevadas a um cabo.

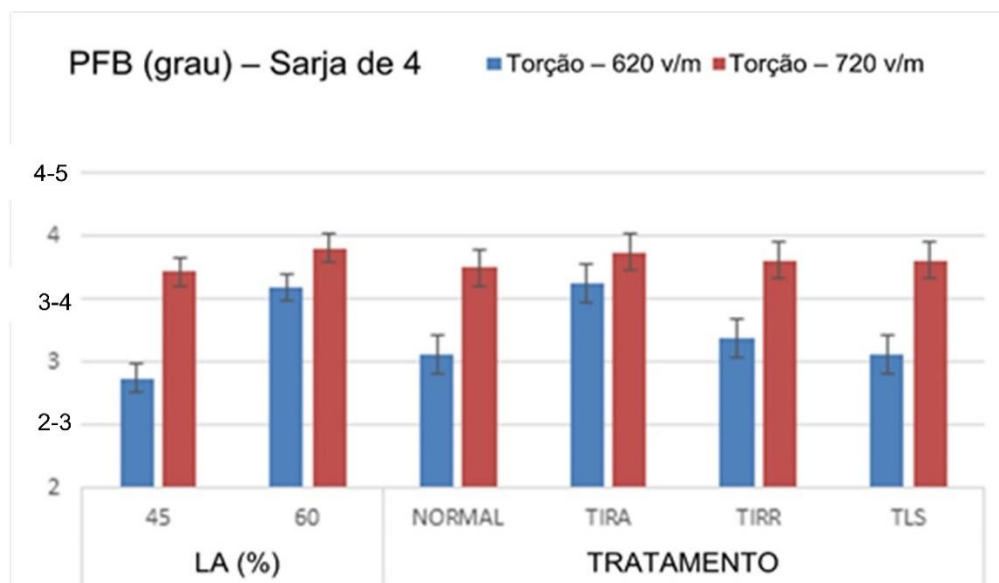


Gráfico 4.248 - Efeito da torção do fio a um cabo, da composição do fio e do tratamento de acabamento na propensão à formação de borboto para os tecidos em sarja de 4.

#### 4.3.3.2.5 - Resistência à abrasão

Na tabela 4.36 apresenta-se o efeito do diâmetro da fibra de poliéster, composição do fio e tratamento de acabamento na resistência à abrasão dos tecidos, em função do ligamento.

Tabela 4.36 - Estimativa por mínimos quadrados do intervalo de confiança a 95% de probabilidade do valor médio da resistência à abrasão (revoluções x 1000) dos tecidos em função do diâmetro da fibra de poliéster (DPL), da composição (LA) e do tratamento de acabamento para os três ligamentos.

Ligamento		Tafetá	Sarja de 3	Sarja de 4
DPL (dtex)	2,49	44,1±0,9	37,6±0,6	45,9±1,2
	4,4	84,7±0,9	72,8±0,6	85,8±1,2
LA (%)	45	69,5±0,9	60,4±0,6	72,0±1,2
	60	59,3±0,9	50,1±0,6	59,6±1,2
Tratamento de acabamento	Normal	60,2±1,3	51,8±0,9	61,5±1,7
	TIRA	69,8±1,3	59,8±0,9	70,6±1,7
	TIRR	67,9±1,3	57,8±0,9	70,1±1,7
	TLS	59,8±1,3	51,4±0,9	61,1±1,7

No gráfico 4.249 pode observar-se que os valores de resistência à abrasão do tafetá e da sarja de 4 são muito semelhantes, embora estes últimos pareçam apresentar valores ligeiramente superiores com uma dispersão de resultados ligeiramente mais elevada. Os resultados da resistência à abrasão da sarja de 3 são claramente inferiores aos do tafetá e da sarja de 4.

As fibras de poliéster com diâmetro superior favorecem a resistência à abrasão, bem como a sua proporção na mistura.

Em relação aos tratamentos de acabamento, os valores mais elevados foram obtidos nos tecidos submetidos ao tratamento TIRA, com valores muito semelhantes para os tecidos submetidos ao acabamento TIRR.

Os valores mais baixos foram obtidos nos tecidos com acabamento Normal ou submetidos ao acabamento TLS que apresentam resultados muito próximos entre si.

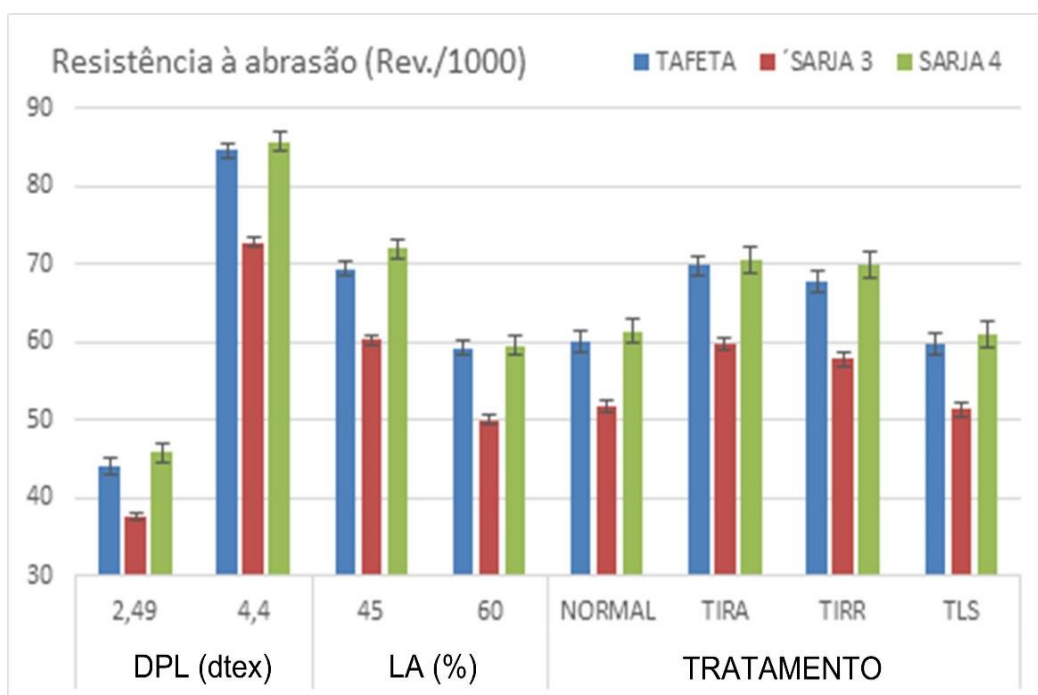


Gráfico 4.249 - Efeito do diâmetro da fibra de poliéster, da composição do fio e do tratamento de acabamento na resistência à abrasão dos tecidos, segundo o ligamento.

#### 4.4 - Desempenho das Propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos com a melhor otimização simultânea possível.

Com o objectivo de justificar e clarificar a metodologia de cálculo seguida para se obter a melhor otimização simultânea possível para cada ligamento e para cada tipo de acabamento, conforme se apresenta nos pontos 4.4.1, 4.4.2 e 4.4.3, encontram-se, em anexo, as tabelas e gráficos tidos por convenientes.

As distâncias do valor ótimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e o valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento, encontram-se nos seguintes anexos:

Anexo 7.1: tabela A.8 - Sarja de 4;

Anexo 8.1: tabela A.12 - Sarja de 3;

Anexo 9.1: tabela A.16 - Tafetá.

A relação entre o valor da conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo, encontram-se nos seguintes anexos:

Anexo 7.2: tabela A.9 e gráfico A.1 - Sarja de 4;

Anexo 8.2: tabela A.13 e gráfico A.3 - Sarja de 3;

Anexo 9.2: tabela A.17 e gráfico A.5 - Tafetá.

A distância relativa de valor ótimo ao valor máximo, para cada propriedade em cada tipo de acabamento, encontram-se nos seguintes anexos:

Anexo 7.3: tabela A.10 e gráfico A.2 - Sarja de 4;

Anexo 8.3: tabela A.14 e gráfico A.4 - Sarja de 3;

Anexo 9.3: tabela A.18 e gráfico A.6 - Tafetá.

Por último, e no que diz respeito, aos valores óptimos seleccionados pela função de conveniência e os valores máximos e mínimos para cada propriedade, no conjunto dos quatro tipos de acabamento, encontram-se nos seguintes anexos:

Anexo 7.4: tabela A.11 - Sarja de 4;

Anexo 8.4: tabela A.15 - Sarja de 3;

Anexo 9.4: tabela A.19 - Tafetá.

#### 4.4.1- Ligamento sarja de 4

Na tabela 4.37 e no gráfico 4.250 apresenta-se o desempenho de cada uma das propriedades mecânicas e de superfície do tecido com a melhor otimização simultânea possível relativamente aos valores máximos encontrados nos tecidos em sarja de 4 em cada um dos diferentes tipos de acabamento realizados.

Tabela 4.37 - Desempenho das propriedades do tecido com ligamento em sarja de 4, com a melhor otimização simultânea possível.

	FRTB (N)	FRTT (N)	ARTB (%)	ARTT (%)	RRB (N)	RRT (N)	PFB (Grau)	RA (rev/1000)
	(max 1400)	(max 990)	(max 55,0)	(max 36,0)	(max 99)	(max 78)	(max 4-5)	(max 99,0)
	(min 840)	(min 600)	(min 40,0)	(min 29,5)	(min 28)	(min 27)	(min 2)	(min 33,0)
Tipo de acabamento								
NORMAL	100%	95%	79%	91%	56%	56%	80%	81%
TIRR	82%	86%	64%	66%	89%	89%	84%	97%
TIRA	81%	97%	95%	85%	39%	37%	72%	99%
TLS	100%	94%	73%	86%	39%	38%	84%	71%

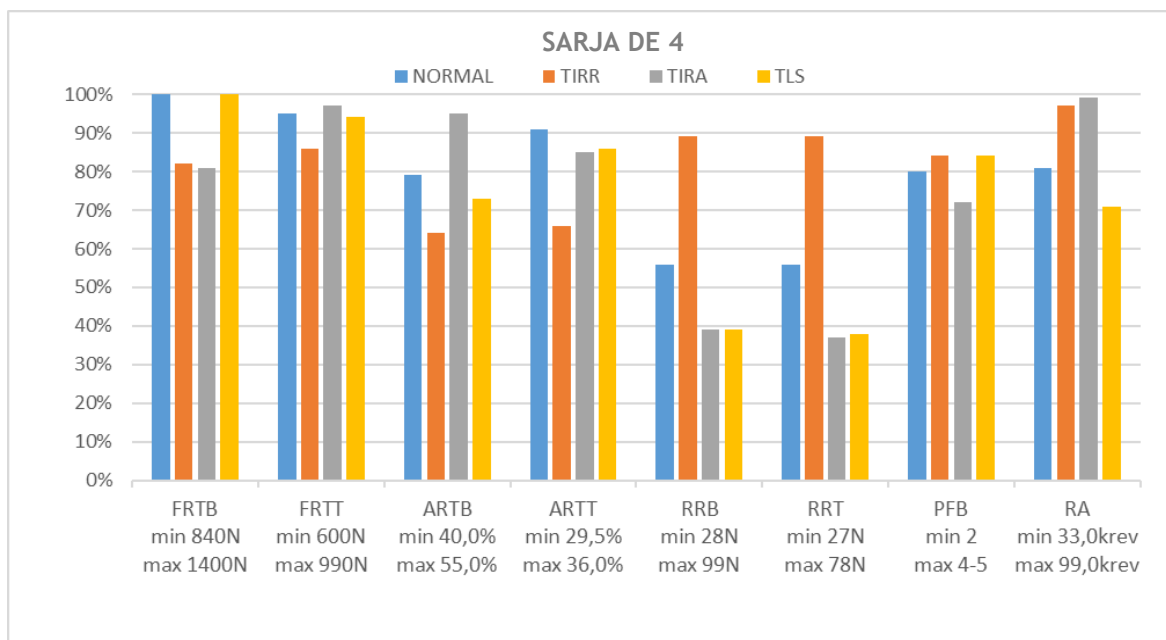


Gráfico 4.250 - Desempenho das propriedades do tecido com ligamento em sarja de 4, com a melhor otimização simultânea possível.

#### 4.4.2- Ligamento sarja de 3

Na tabela 4.38 e no gráfico 4.251 apresenta-se o desempenho de cada uma das propriedades mecânicas e de superfície do tecido com a melhor otimização simultânea possível relativamente aos valores máximos encontrados nos tecidos em sarja de 3 em cada um dos diferentes tipos de acabamento realizados.

Tabela 4.38 - Desempenho das propriedades do tecido com ligamento em sarja de 3, com a melhor otimização simultânea possível.

	FRTB (N)	FRTT (N)	ARTB (%)	ARTT (%)	RRB (N)	RRT (N)	PFB (Grau)	RA (rev/1000)
	(max 1300)	(max 940)	(max 53,0)	(max 37,0)	(max 89)	(max 71)	(max 4-5)	(max 81,0)
	(min 810)	(min 600)	(min 36,5)	(min 29,5)	(min 28)	(min 20)	(min 4)	(min 28,0)
Tipo de acabamento								
NORMAL	92%	97%	78%	95%	63%	69%	100%	73%
TIRR	80%	83%	73%	83%	90%	94%	100%	85%
TIRA	100%	90%	85%	93%	33%	43%	100%	88%
TLS	92%	97%	75%	85%	33%	42%	100%	70%

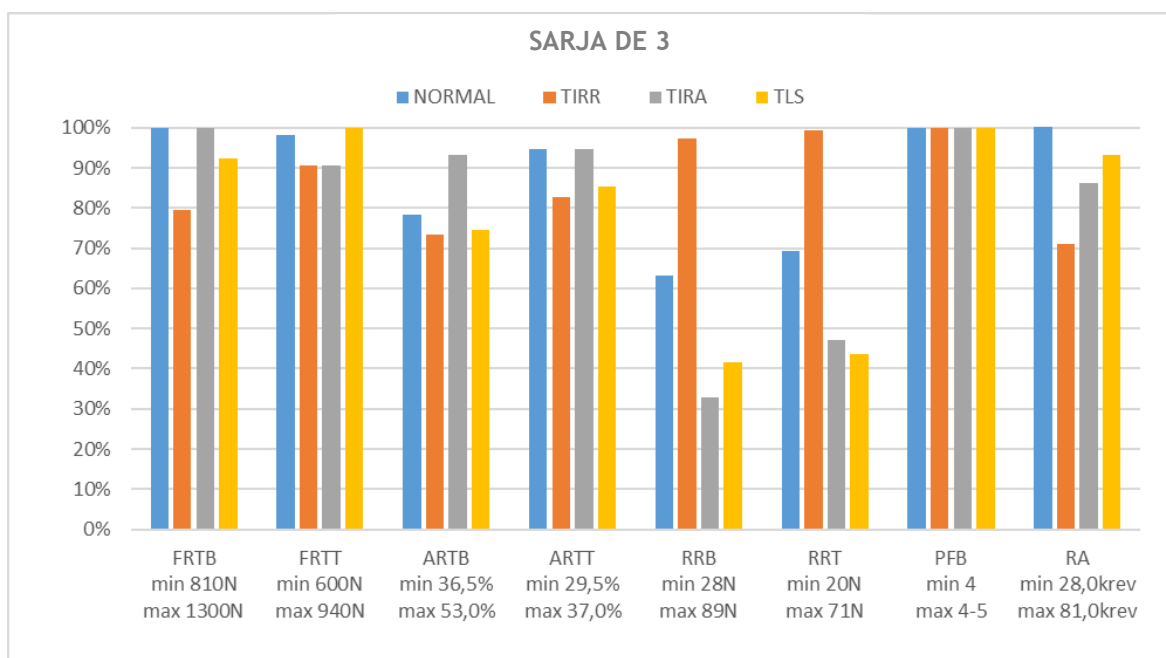


Gráfico 4.251 - Desempenho das propriedades do tecido com ligamento em sarja de 3, com a melhor otimização simultânea possível.

### 4.4.3- Ligamento tafetá

Na tabela 4.39 e no gráfico 4.252 apresenta-se o desempenho de cada uma das propriedades mecânicas e de superfície do tecido com a melhor otimização simultânea possível relativamente aos valores máximos encontrados nos tecidos em tafetá em cada um dos diferentes tipos de acabamento realizados.

Tabela 4.39 - Desempenho das propriedades do tecido com ligamento em tafetá, com a melhor otimização simultânea possível.

	FRTB (N)	FRTT (N)	ARTB (%)	ARTT (%)	RRB (N)	RRT (N)	PFB (Grau)	RA (rev/1000)
	(max 860)	(max 850)	(max 45,0)	(max 42,5)	(max 73)	(max 64)	(max 4-5)	(max 97,7)
	(min 540)	(min 500)	(min 33,5)	(min 34,5)	(min 21)	(min 20)	(min 3-4)	(min 31,0)
Tipo de acabamento								
NORMAL	91%	85%	82%	93%	62%	65%	50%	81%
TIRR	85%	78%	69%	76%	96%	101%	80%	95%
TIRA	84%	93%	98%	83%	43%	46%	90%	99%
TLS	97%	88%	73%	73%	46%	40%	70%	79%

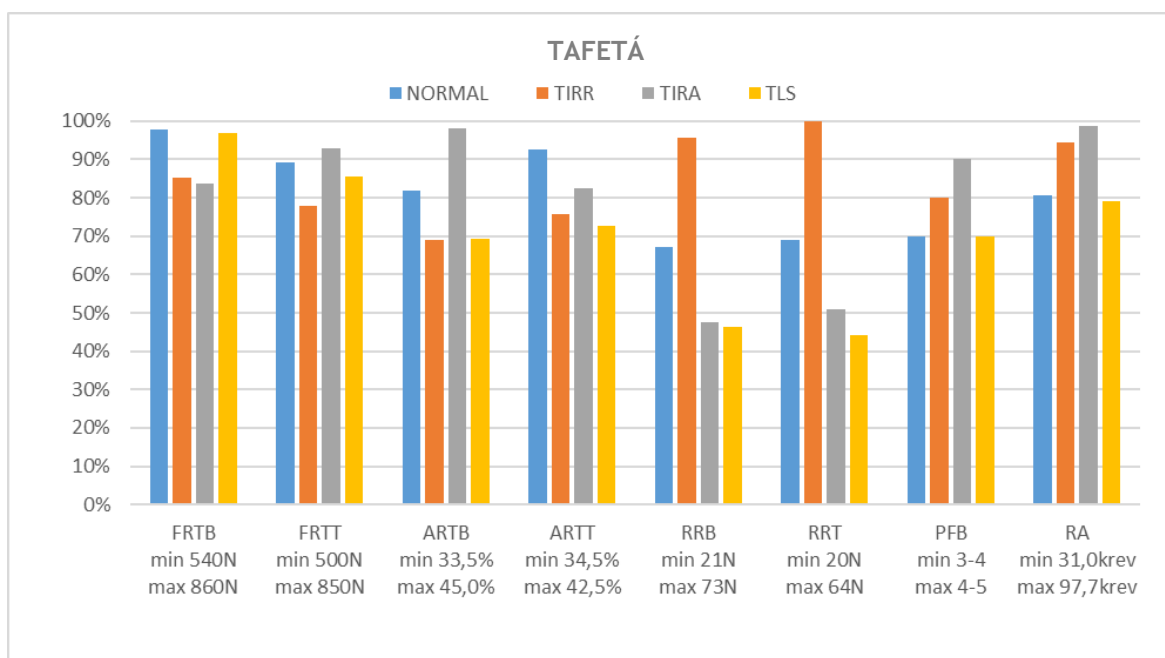


Gráfico 4.252 - Desempenho das propriedades do tecido com ligamento em tafetá, com a melhor otimização simultânea possível.

#### 4.5 - Considerações sobre as diferenças colorimétricas entre os tecidos com e sem tratamentos especiais.

Apesar de não se considerar inicialmente nos objectivos, nem se ter aplicado a metodologia de análise, faz-se referência à importância de considerar os resultados das diferenças colorimétricas entre os tecidos com e sem tratamentos especiais.

Assim, como se pode constatar na tabela A.20 do anexo A.10, os diferentes tratamentos especiais de acabamento (TIRR, TIRA e TLS) podem ou não alterar a cor original do tecido (acabado com acabamento Normal) de uma forma mais ou menos significativa dependendo da natureza dos produtos químicos e respectivas concentrações aplicadas. As diferenças colorimétricas, apresentadas na tabela A.20, mostram claramente que o tratamento TIRA (nestas condições de aplicação, as quais não podem ser mencionadas por razões de confidencialidade) altera significativamente a intensidade da cor (entre  $DL=-2,00$  e  $DL=-3,30$ ) mantendo-se a sua tonalidade (valores de  $Da$  e  $Db$ ) praticamente inalterada.

No que diz respeito, aos tratamentos TIRR e TLS pode verificar-se que não alteram a cor de forma significativa, comparativamente à cor do tecido acabado com acabamento Normal. Este aspecto é de grande importância, uma vez que, por norma as especificações técnicas dum determinado tecido definem, também, as tolerâncias colorimétricas máximas para cada um dos parâmetros  $DL$ ,  $Da$  e  $Db$  e  $DE$ .

## Capítulo 5

# Conclusões e Propostas para Trabalhos Futuros

### 5.1 - Conclusões

A aplicação final dos tecidos define inequivocamente os níveis de desempenho requeridos para as suas propriedades mecânicas e de superfície. O conhecimento prévio dos valores mínimos exigidos para cada uma das propriedades, definidos em caderno de encargos é determinante, quando se tem por objectivo principal cumprir simultaneamente todas as propriedades especificadas. Este conhecimento prévio é fundamental, uma vez que, as propriedades de desempenho dos tecidos dependem dum conjunto de factores que se inter-relacionam. As características das fibras conjuntamente com a estrutura dos fios definem as características mecânicas e elásticas dos fios, que associadas à estrutura dos tecidos e ao seu tipo de acabamento condicionam as suas propriedades e, por consequência, o seu desempenho durante o uso.

Neste cenário, e dado que algumas das propriedades de desempenho dos tecidos nem sempre cumprem os requisitos mínimos exigidos, justificou-se a necessidade de estudar duma forma conjugada as relações tecnológicas entre as características dos fios, a construção técnica dos tecidos e os seus tipos de acabamento com as propriedades de desempenho dos respectivos tecidos. Estas relações deram origem ao desenvolvimento de equações de regressão que permitem decidir, na fase de projecto do tecido, quais as características estruturais dos fios e dos tecidos, e eventualmente qual o tipo de acabamento especial, de forma a satisfazer esses mesmos requisitos.

Este trabalho de investigação, tem por objectivo principal otimizar concomitantemente o desempenho das propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos, de forma, a que a primeira amostra de tecido produzido cumpra integralmente todos os requisitos exigidos nas especificações técnicas do caderno de encargos.

A análise de resultados envolveu a aplicação de três técnicas estatísticas distintas para determinar a influência dos factores sobre as propriedades mecânicas e de superfície dos tecidos.

A primeira foi a análise variância; a segunda foi a análise de regressão para obter modelos de previsão e de optimização das propriedades dos tecidos e a terceira foi a Optimização de resposta múltipla mediante a aplicação da Função de Conveniência para determinar que condições

experimentais conduzem a um tecido com propriedades o mais próximas possível dos valores óptimos para cada uma delas.

As principais conclusões obtidas da aplicação destas três técnicas estatísticas são as seguintes:

#### 1 - Análise de variância:

Com a aplicação desta técnica verifica-se, que os níveis de explicação para todas as propriedades estudadas são no geral muitos elevados.

#### 2 - Análise de regressão para obter modelos de previsão e de optimização das propriedades dos tecidos

Aplicou-se a análise de regressão para obter os modelos de previsão de cada uma das propriedades para cada ligamento e cada tratamento de acabamento, de maneira a ter disponíveis os modelos matemáticos que permitem prever o valor de cada propriedade para cada ligamento e cada tipo de acabamento, em função das características das fibras e do fio.

Na maioria das propriedades de desempenho dos tecidos, os elevados coeficientes de determinação das equações de regressão mostram um nível muito aceitável em termos de explicação, com excepção na PFB no ligamento sarja de 4/<sub>TIRA</sub> e no ligamento tafetá com os quatro acabamentos diferentes.

#### 3 - Optimização de respostas múltiplas mediante a aplicação da Função de Conveniência

A obtenção dos modelos de regressão para prever os valores das propriedades dos tecidos em função do valor das variáveis, permite optimizar as respostas de maneira que se possam determinar os valores das variáveis que conduzam ao valor óptimo para cada propriedade.

Na prática industrial os valores das variáveis que conduzem à resposta óptima de uma propriedade podem não coincidir com os valores que conduzem à resposta óptima de uma outra propriedade. Por esta razão, efectuou-se a optimização múltipla de todas as respostas aplicando a função de conveniência, de maneira que foram determinadas as condições em que os valores de todas as propriedades objecto de estudo estejam o mais próximo possível dos valores óptimos de cada uma delas.

Utilizou-se o procedimento convencional que parte de uma relação linear entre os resultados experimentais e os valores de conveniência, dando a cada resposta o mesmo peso no cálculo da conveniência global.

Com a aplicação destas três técnicas estatísticas, pode dizer-se que o objectivo principal deste trabalho foi atingido na sua globalidade, confirmando a significância dos efeitos principais e interacções sobre as propriedades (por aplicação da análise de variância), obtendo-se as equações de regressão agora desenvolvidas (por aplicação da análise de regressão), bem como, com a melhor

otimização simultânea possível, encontrada pela Função de Conveniência (otimização de respostas múltiplas) para cada ligamento e para cada acabamento.

A melhor combinação de factores que originou a melhor conveniência óptima, para todos os ligamentos e todos os tipos de acabamento é:

$$\text{TOR1}=720 \text{ v/m}$$

$$\text{DLA}=21,4 \text{ }\mu\text{m}$$

$$\text{DPL}=4,4 \text{ dtex}$$

$$\text{LA}=45\%$$

Os valores de conveniência obtidos variam entre o valor mínimo de 0,8963 para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA e o valor máximo de 0,9502 para o ligamento tafetá com acabamento TIRR. De acordo, com a literatura científica valores de conveniência entre 0,50 e 0,75 são considerados aceitáveis e entre 0,75 e 1,00 são considerados bons. Face, aos valores de conveniência obtidos neste trabalho, se situarem todos dentro do segundo intervalo de referência, podemos dizer que estamos perante bons resultados.

### 5.1.1 - Um novo procedimento aplicável à Engenharia do Produto da indústria Laneira.

Quanto à aplicabilidade desta metodologia desenvolvida, convém referir, que deve começar pela análise das especificações técnicas exigidas no caderno de encargos (propriedades mecânicas e de superfície), uma vez que, podem variar de cliente para cliente.

Como é lógico, deve-se começar por calcular os valores de cada propriedade exigida utilizando as equações de regressão encontradas para os tecidos com acabamento Normal e para o ligamento solicitado. Se os valores teóricos, para cada propriedade exigida, satisfizerem os requisitos técnicos, deve-se proceder de imediato à produção dos fios, tendo em consideração as propriedades das fibras a utilizar, principalmente de poliéster (diâmetro, tenacidade e encolhimento), das fibras de lã, fundamentalmente o seu diâmetro e as respectivas torções a aplicar, quer a um, quer a dois cabos e conseqüentemente do tecido, tendo em conta a construção técnica definida, caso exista.

Na eventualidade dos resultados teóricos referentes a uma ou mais propriedades, usando as equações de regressão desenvolvidas para os tecidos com acabamento Normal, não satisfizerem os valores mínimos requeridos nas especificações técnicas, o responsável pela área dos novos desenvolvimentos/projectos, deve em função da propriedade que está

teoricamente em incumprimento, e após consulta das conclusões deste trabalho de investigação, onde estão claramente referidas quais as propriedades mecânicas e de superfície em que os seus desempenhos serão incrementadas ou, pelo contrário, diminuídos em função do tratamento ou operação a que os tecidos tenham que ser submetidos, deve decidir em conformidade.

Após este estudo, deve calcular-se novamente os valores teóricos de cada uma das propriedades mecânicas e de superfície, mas com recurso às equações de regressão adequadas ao tratamento especial a que o tecido deve ser submetido, por exemplo, TIRR, TIRA, etc.

Deste modo, acredita-se que, esta metodologia proposta possa ser uma excelente ferramenta de trabalho para quem está ligado à área da engenharia do produto da indústria laneira, permitindo que a primeira amostra de tecido produzido à escala industrial, cumpra integralmente todas as propriedades mecânicas e de superfície exigidas no caderno de encargos, sem a necessidade de recorrer à produção de novas amostras de tecido.

### 5.1.2- Conclusões sobre os tratamentos especiais de acabamento

Este trabalho permitiu encontrar fenómenos os quais permitem contribuir para o conhecimento aplicado em projectos de engenharia de tecidos na prática industrial, mas carece das justificações científicas e tecnológicas que devem ser estudadas em investigações futuras.

- O primeiro fenómeno está associado ao efeito do tratamento de limpeza a seco, que produz reduções muito significativas da resistência ao rasgo dos tecidos, sem modificar duma forma relevante o desempenho das outras propriedades, conforme se pode constatar nos gráficos 4.250, 4.251 e 4.252 do capítulo 4. De facto, no trabalho de pesquisa bibliográfica, efectuado até ao momento nunca foi encontrado qualquer referência a este respeito. A literatura científica sobre o assunto, refere que, a relação entre as propriedades de tracção dos fios e a sua mobilidade é obviamente a base do desempenho dos tecidos, no que diz respeito à resistência ao rasgo (Hamkins e Backer, 1980).

Neste contexto, se a limpeza a seco afectasse negativamente as propriedades de tracção dos fios por diminuição da tenacidade das fibras, traduzir-se-iam, também, numa redução das resistências à tracção, quer à teia, quer à trama, o que não se verifica. Assim, a utilização da limpeza a seco como processo de lavagem dos tecidos laneiros e suas misturas vai ter que ser muito bem ponderada, caso a caso, e em função das propriedades mecânicas exigidas nas especificações técnicas. Caso, as resistências ao rasgo não façam parte das propriedades exigidas nas especificações técnicas de um determinado tecido laneiro, este processo de lavagem pode aplicar-se, uma vez que, não afecta negativamente e de forma significativa, qualquer uma das outras propriedades mecânicas e de superfície estudadas. Pelo contrário, se as resistências ao rasgo

forem exigidas nas especificações técnicas, o processo de lavagem mais recomendado é o processo de lavagem Normal/clássico da indústria Laneira. De referir, que não foi possível encontrar as justificações científicas e tecnológicas para este fenómeno.

Conforme se pode verificar, nos gráficos 4.250, 4.251 e 4.252 do capítulo 4, o tratamento para incrementar a resistência ao rasgo produz aumentos muito significativos desta propriedade, independentemente do ligamento, sem modificar de uma forma significativa as forças de rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, o alongamento de rotura por tracção, quer à teia, quer à trama e a propensão à formação de borboto. Por outro lado, verifica-se, também, uma melhoria da resistência à abrasão. Como era espectável, este tratamento por *foulardagem* incrementou, como foi referido anteriormente, de forma significativa os valores da resistência ao rasgo, quer à teia, quer à trama, comparativamente aos valores das resistências ao rasgo dos tecidos com acabamento Normal. Contudo, chama-se, a especial atenção para a necessidade da realização dum estudo prévio, de preferência em laboratório de forma a ajustarem-se as concentrações dos produtos a aplicar, de forma a incrementar as resistências ao rasgo apenas para os valores exigidos, sem nunca deixar o componente custo desassociado deste processo de optimização. Quer com isto dizer-se, se os valores requeridos na especificação técnica para a resistência ao rasgo, quer à teia, quer à trama, for por exemplo 70 N e o valor do tecido acabado pelo processo Normal Laneiro apresentar apenas 56 N, e se o problema poder ser resolvido com a aplicação de uma determinada concentração de produto ou produtos, não existe a necessidade de estar a onerar o processo e obter um valor de resistência ao rasgo do tecido de 80 N, com a agravante de se poder estar a comprometer outra propriedade.

- O segundo fenómeno está relacionado com o tratamento para incrementar a resistência à abrasão, que também, afecta negativamente a resistência ao rasgo, com reduções de resistência muito significativas. Pelo contrário, e como é desejado produz aumentos muito significativos da resistência à abrasão sem modificar de uma forma significativa as forças de rotura por tracção, quer à teia, quer à trama, bem como, o alongamento de rotura por tracção, quer à teia, quer à trama. Quanto à propensão à formação de borboto, verifica-se, uma ligeira tendência para a sua melhoria.

Como se pode constatar, a resistência ao rasgo pode considerar-se a propriedade com maior dependência dos diversos factores intrínsecos do processo têxtil em geral. Para além, dos já referidos anteriormente, este trabalho de investigação revelou, também, que qualquer tipo de tratamento que contribua para diminuir o grau de mobilidade dos fios que constituem o tecido, vai garantidamente reduzir as resistências ao rasgo o que valida o estudo realizado por (Hamkins e Backer, 1980). Como se demonstrou, neste trabalho, o tratamento por *foulardagem* para incrementar a resistência à abrasão -TIRA é completamente desaconselhado, nos casos, em que as especificações técnicas exigem simultaneamente a resistência à abrasão e a resistência ao rasgo. De facto, ao aplicar o tratamento TIRA ao tecido, a resistência à abrasão vai aumentar, mas inevitavelmente as resistências ao rasgo vão reduzir significativamente, colocando esta propriedade, muito provavelmente em incumprimento. Pelo que, e para se evitar estes recursos

aos tratamentos especiais para incrementar especificamente uma determinada propriedade, como já se teve oportunidade de referir é de todo aconselhável ter um conhecimento actualizado sobre as características mecânico-elásticas das fibras, principalmente de poliéster, que são as que mais contribuem para resistência à tracção dos fios, que é um dos factores, para além da mobilidade dos fios, que mais contribuem para resistências ao rasgo mais elevadas, conforme estudo de (Hamkins e Backer, 1980), em que menciona, que em tecidos cuja liberdade de movimento dos fios é elevada, o deslizamento dos fios pode mudar significativamente a geometria e por consequência a resistência ao rasgo. A este respeito, torna-se importante chamar à atenção que a pesquisa efectuada para a realização deste trabalho revelou a existência de fibras de poliéster com tenacidades completamente diferentes para a mesmo diâmetro. Neste contexto, torna-se muito importante referir, que na elaboração das especificações técnicas dos tecidos deve-se ser o mais rigoroso e objectivo possível, de forma a não suscitar, qualquer tipo de dúvida. A título de exemplo a informação a mencionar sobre as fibras de poliéster deve ser extremamente completa, referindo claramente o diâmetro, a tenacidade, o encolhimento a ar quente a 200°C e eventualmente o comprimento de corte. No quotidiano industrial, tem-se verificado, que na maioria das especificações técnicas de vários tecidos, a informação sobre a fibra de poliéster a utilizar refere apenas o diâmetro. Em situações, mais extremas, nem o diâmetro referem. Assim, é facilmente explicável que dois tecidos, com a mesma construção técnica, tenham desempenhos em termos de propriedades mecânicas e de superfície completamente distintos, se um tiver na sua constituição uma fibra de poliéster de 2,4 dtex com uma tenacidade de 26 cN/tex e o outro uma fibra de poliéster na mesma de 2,4 dtex, mas com uma tenacidade de 43 cN/tex.

### 5.1.3 - Tratamentos especiais de acabamento e cor final dos tecidos

Finalmente, e apesar de não fazer parte do objectivo principal do trabalho, torna-se importante chamar à atenção, conforme, se pode constatar na tabela A.20 do anexo 10, que os diferentes tratamentos especiais de acabamento (TIRR, TIRA, TLS ou outros) podem alterar a cor original do tecido (acabado com acabamento Normal) de uma forma mais ou menos significativa dependendo da natureza dos produtos químicos e respetivas concentrações aplicadas. As diferenças colorimétricas, apresentadas na tabela A.20, mostram claramente que o tratamento TIRA (nestas condições de aplicação, as quais não podem ser mencionadas por razões de confidencialidade) altera significativamente a intensidade da cor (entre  $DL=-2,00$  e  $DL=-3,30$ ) mantendo-se a sua tonalidade (valores de  $Da$  e  $Db$ ) praticamente inalterada. No que diz respeito, aos tratamentos TIRR e TLS pode-se verificar que não alteram a cor de forma significativa, comparativamente à cor do tecido acabado com acabamento Normal. Este aspecto é de grande importância, uma vez que, por norma as especificações técnicas dum determinado tecido definem, também, as tolerâncias colorimétricas máximas para cada um dos parâmetros  $DL$ ,  $Da$  e  $Db$  e  $DE$ . Assim, é de toda a importância, de quem está a trabalhar na fase de projecto do tecido, ter este aspecto em consideração, pois caso não o tenha, existe uma grande probabilidade de resolver o problema, por

exemplo da reduzida resistência à abrasão com a aplicação do tratamento TIRA, mas acaba de criar outro que é a cor ficar fora das tolerâncias colorimétricas definidas. Em suma, solucionou o incumprimento duma das propriedades mecânicas, mas colocou em incumprimento uma outra especificação técnica, que na maioria dos casos é de grande importância para o cliente. Como foi referido, apesar de não fazer parte do objectivo principal deste estudo, fica aqui a chamada de atenção, que acaba por ter, também, uma grande relevância, quando se trata da aprovação ou rejeição da cor do tecido para um determinado concurso.

## **5.2 - Propostas para trabalhos futuros**

### **5.2.1 - Estudar a justificação do efeito da Limpeza a Seco na resistência ao rasgo dos tecidos.**

O facto, do tratamento de limpeza a seco, produzir reduções muito significativas da resistência ao rasgo dos tecidos, sem modificar, duma forma relevante o desempenho das outras propriedades justifica um estudo mais aprofundado, com o objectivo de se encontrarem as explicações científicas e tecnológicas, o que não foi possível neste trabalho.

### **5.2.2 - Aprofundar a relação entre o tamanho dos alinhavos e/ou as densidades de fios e passagens e a resistência a abrasão.**

Face aos resultados da resistência à abrasão, encontrados nos tecidos em sarja de 3, serem inferiores aos apresentados pelo tafetá, propõem-se a realização de um estudo mais alargado, onde sejam incluídos diversos ligamentos, de forma a conhecer a relação entre o tamanho dos alinhavos e/ou as densidades de fios e passagens e a resistência à abrasão.

### **5.2.3 - Estudar a influência do processo de tingimento da lã e do poliéster nas suas características mecânico-elásticas, e sua respectiva contribuição no desempenho dos tecidos.**

Como se referiu no capítulo 3 - Materiais e Métodos, todos os fios e tecidos produzidos, quer na composição 55% poliéster/45% lã, quer na composição 60% lã/40% poliéster foram fabricados a partir de fitas de penteado de poliéster preto, tinto na massa e lã de cor crua. Quer com isto dizer-se, que nem o poliéster, nem a lã foram submetidos a qualquer processo de tingimento e secagem. Esta tomada de decisão relativamente à estruturação do plano experimental, isto é, partir-se de

fibras sem qualquer processo de degradação térmica, química ou outra, visa excluir a variável degradação, que tornaria ainda mais complexo o processo de optimização. É facto, que realizar um trabalho de investigação desta natureza, a partir de fitas de penteado tintas, introduziria a variável degradação como uma grandeza de puro carácter subjectivo, a qual poderia falsear completamente os valores de resistência e alongamento dos fios e por consequência o desempenho dos tecidos. Por outro lado, a realização deste trabalho com fitas de penteado, quer de poliéster, quer de lã, tintas numa cor muito clara ou num azul marinho ou preto teríamos, também, acções de degradação muito distintas, face às diferenças significativas do tempo de tingimento na fase de equilíbrio. Não sendo, também, neste caso, a melhor opção de forma, a que os modelos de previsão do valor para cada propriedade resultassem de um conjunto de resultados experimentais creíveis e representativos da realidade industrial.

Neste contexto, admite-se que os valores resultantes dos modelos de previsão para cada uma das propriedades em estudo, sejam superiores aos encontrados na realidade da prática industrial, sendo a diferença mais significativa, no caso de cores muito escuras e menos significativas nas cores mais claras. Portanto, é de todo recomendável efectuar um estudo comparativo dos valores de desempenho de cada uma das propriedades em estudo, resultantes dos modelos de previsão e os obtidos na realidade. Neste cenário, e com o objectivo de aproximar o mais possível os valores teóricos previstos dos valores reais obtidos, sugere-se a aplicação de factores de correcção, caso a caso, estando estes muito dependentes das condições de produção de cada empresa.

O plano experimental deste trabalho de investigação resultou do facto da maioria das especificações técnicas mencionarem numa forma clara que o processo de tingimento deve ser a partir de fitas de penteado. Com menos relevância, aparecem também, algumas especificações técnicas que referem que o tingimento deve efectuar-se em peça ou em fio.

Se, por razões de ordem técnica ou contratual o desenvolvimento numa determinada cor, tiver de ser efectuado a partir de fitas de penteado, quer de lã, quer de poliéster, tintas pelos processos mais adequados para cada tipo de fibra, as degradações das características mecânico-elásticas de cada uma delas, assumindo que os processos de tingimento decorreram nas condições de tempo e temperatura programados, serão as consideradas normais para um tingimento da lã a 100°C e do poliéster a 130°C.

Nesta situação, ambas as fibras sofrem degradações associadas unicamente às condições de tingimento de cada fibra. Pelo que o tingimento numa fibra não afecta de forma alguma as características da outra.

Em suma, este novo procedimento de prever e optimizar simultaneamente o desempenho das propriedades mecânicas e de superfície de tecidos mistos de lã e poliéster, só é recomendável a sua aplicação em situações em que o tingimento se efectue a partir de fitas de penteado ou em mesclas constituídas por poliéster tinto e lã crua.

Por último, torna-se muito importante referir, que aplicabilidade deste novo procedimento desenvolvido neste trabalho levanta muitas dúvidas, no que diz respeito à sua taxa de sucesso, quando aplicado em situações em que as especificações técnicas referem que o tingimento tem que ser efectuado em peça ou em fio. Contudo, e apesar dos processos de tingimento serem bastante diferentes, no que diz, respeito à acção de degradação das fibras, sugere-se, a sua validação através de ensaios comparativos.

Nas especificações técnicas onde o processo de tingimento refere que pode ser realizado, quer em peça, quer em fio, onde ambos os substractos já se encontram em mistura íntima de poliéster e lã, independentemente da composição, a acção de degradação das fibras principalmente de lã é completamente diferente, de quando se tingem isoladamente em fita de penteado a 100°C. Tingir um tecido em mistura íntima de lã e poliéster, cujo segundo componente seja tinto a 107°C ou a 120°C, de acordo, com a intensidade da cor, a degradação das características mecânico-elásticas das fibras de lã será bastante maior.

Nesta situação, em que se trata dum tingimento de uma mistura íntima de lã e poliéster, independentemente da composição e da temperatura a que se tinja a fibra de poliéster 107°C ou 120°C, seja num banho ou em dois, a literatura técnica recomenda a aplicação dum protector da lã durante o tingimento de forma a reduzir a degradação da fibra de lã, decorrente das condições que a fibra de poliéster requiere para ser tinta. Nestas condições, de tingimento, admite-se, que os valores de desempenho das propriedades estudadas neste trabalho (resistência e alongamento à rotura por tracção, resistência ao rasgo, propensão à formação de borboto e resistência à abrasão) sejam significativamente inferiores, comparativamente aos valores obtidos em tecidos produzidos a partir do tingimento de fitas de penteado, uma vez que, nesta segunda situação os componentes (lã e poliéster) são tintos isoladamente. Estas reflexões, que se apresentaram não passam de meros raciocínios teóricos, logicamente baseados no conhecimento científico da área têxtil, necessitando, contudo, de validação experimental e de preferência à escala industrial.

Tendo em consideração o referido anteriormente, relativamente às possíveis diferenças do desempenho dos tecidos mistos de lã e poliéster, no que diz respeito, à resistência e alongamento à rotura, à resistência ao rasgo, à propensão à formação de borboto e à resistência à abrasão, sugere-se, que seja realizado um estudo comparativo para um mesmo tecido final, mas um deles produzido a partir de fitas de penteado tintas e o outro produzido a partir de tecido cru e tinto posteriormente. De notar, que é imprescindível, que, quer o lote da fibra de poliéster, quer o lote da fibra de lã sejam os mesmos, em ambos os processos de produção. A única diferença, em termos de fabrico é que um dos fios é produzido com a lã crua e o poliéster branco, isto no caso do tinto em peça e o outro fio é produzido já com a lã e o poliéster tintos em penteado.

#### 5.2.4 - Alargar o estudo considerando mais tecidos e mais variáveis.

O plano experimental deste estudo correspondeu a um desenho estatístico que combinou quatro variáveis quantitativas a dois níveis (torção do fios a um cabo, diâmetro da fibra de poliéster, diâmetro da fibra de lã e a percentagem de lã) e uma variável qualitativa a quatro níveis que correspondem aos quatro tipos diferentes de acabamento a que os tecidos foram submetidos: normal, para incrementar a resistência ao rasgo (TIRR), para incrementar a resistência à abrasão (TIRA) e limpeza a seco (TLS). Sugere-se, assim, a realização de um estudo mais abrangente de modelização das propriedades mecânicas em função das características estruturais, com uma maior diversidade de tecidos de mercado, o que permitirá aumentar o número de níveis de variáveis já utilizadas nesta tese, bem como, a consideração de novas variáveis, tais como a massa linear dos fios, o ligamento, a massa por metro quadrado, o factor de cobertura, etc.

## Bibliografia

Almetwally, A. A., Salem, M. M., (2010), "Comparison Between Mechanical Properties of Fabrics Woven from Compact and Ring Spun Yarns", *Autex Research Journal*, Vol. 10, nº1, pp. 35-40.

Annis, P. A., Bresee, R. R., Cooper, T. R., (1992), "Influence of Textile Structure on Single Fiber Transfer from Woven Fabrics", *Textile Research Journal*, Vol. 62, nº5, pp. 293-301.

Asim, F., Mahmood, M, Siddiqui, M. A., (2012) "Optimization of Process Parameters for Simultaneous Fixation of Reactive Printing and Crease Resistance Finishing using Desirability Function", *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, Vol. 7, nº3, pp 1-12.

Barella, A., Manich, A. M., Castellar, M. D., Sauri, R. M., Miguel, R. A. L., Domingues, P., (1998), "La Resistência a la Abrasion y la Pérdida de Massa de Tejidos da Lana y Mesclas, Quando se Utiliza el Abrasímetro Martindale", *Revista de la Industria Textil*, nº360, pp. 50-58.

Barella, A., Manich, M., (1997), "Yarn Hairness Update", *Textile Progress*, Vol. 26, nº4, pp. 1-31.

Barella, A., Manich, M., (2002), "Yarn Hairness: A Further Update", *Textile Progress*, Vol. 31, nº4, pp. 1-44.

Barella, A., Miguel, R., Manich, A., Castellar, M., (1996), "Influencia de las Características Estructurales sobre las Propiedades de Uso y Conforto de los Tejidos de Lana y sus Mesclas", *Revista de la Industria Textil* nº 340, pp.55-70.

Blanxart, D., (1959), "Calculos y Problemas Textiles", *Imprenta A. Ortega*, pp 62-68.

Brierley, S., 1952, *Textile Mfr.*, 79, 349/533.

Cooke, W. D., (1985), "Pilling Attrition and Fadigue", *Textile Research Journal*, Vol. 55, nº 7, pp. 409-414.

Cuñat, A. P., (1965), *Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales - Tarrassa, Hilatura I - Tecnologia General*, pp. 41-54.

Cybulska, M., Goswami, B. C., (2001), "Failure Mechanism in Staple Yarns", *Textile Research Journal*, Vol. 71, nº12, pp. 1087-1094.

Derringer, G., Suich, R., (1980), "Simultaneous Optimization of Several Response Variables", *Journal of Quality Technology*, Vol 12, nº 4, pp 214-219.

Draper, N. R., Smith, H., (1981), "Applied Regression Analysis", J. Wiley & Sons, 2<sup>nd</sup> Ed., USA, pp 294 et seq.

EryuruK, S.H., Kalaoglu, F., (2015), "The Effect of weave construction on tear strength of woven fabrics", *Autex Research Journal*, Vol. 15, nº 3, pp 207-214.

Gabrijelcic, H., Cernosa, E., Dimitrovski, (2008), "Influence of weave and weft characteristics on tensile properties of fabrics", University of Ljubljana, Department of Natural Science and Engineering, Department of Textiles, Fibres & Textiles in Eastern Europe, Vol. 16, nº2 (67).

Galbraith, R. L., (1975), "Abrasion of Textile Surface". Schick, M., *Surface Characteristics of Fibers and Textiles - Parte I*, pp. 193-221. Nova York: Marcel Dekker.

Galcerán Escobet, V., (1960), *Tecnología del Tejido - Tomo I: Teoría de Tejidos*, ETSII, Tarrasa

Gentis, D., Mead, E. J., (1959), "The Mechanism of Pilling", *Textile Research Journal*, Vol. 29, nº 7, pp. 578-585.

Greaves, R. L., Roche, P. H., White, M. A., (1981), "The Pilling Behavior of Wool-Blend Fabrics Processed on the Short-Staple System", *Textile Research Journal*, Vol. 51, nº 10, pp. 681-682

Groot, G. J. J. B., (1995), "The Use of Effective Fineness to determine the effect of Wool-Fiber-Diameter Distribution on Yarn Properties", *The Journal of the Textile Institute*, Vol. 86, nº1, pp. 33-43.

Halleb, N., Amar, S. B., (2010), "Model Modification and Prediction of Mechanical Behavior of Fabrics in Uniaxial Tension", *The Journal of the Textile Institute*, Vol. 101, nº8, pp. 707-715.

Hamkins, C. P., Backer, S., (1980), "On the Mechanisms of Tearing in Woven Fabrics", *Textile Research Journal*, Vol. 50, nº5, pp. 323-327.

Harrison, P. W., (1960), "The Tearing Strength of the Fabrics", A Review of literature; *The Journal of the Textile Institute*, Vol.51, pp. 91-129.

Hussain, T., Malik, Z. A., Tanwari, A., (2010), "Prediction of tensile strength of polyester/cotton blended woven fabrics", *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol. 35, pp 243-249.

Klein, W., (1965), *The Technology of Short-Staple Spinning: The Textile Institute - Manual of the Textile Technology*, pp. 34-42.

Li, Q., Brady, P. R., Wang, X., (2012), “Effects of pH on the stress-strain properties of wool fabric”, Centre for Material and Fibre Innovation -Deakin University, The Journal of the Textile Institute, Vol. 103, nº2, pp 210-214.

Manich, A. M., Castellar, M. D., Sauri, R. M., Miguel, R. A. L., Barella, A., (2001), “Abrasion Kinetics of wool and Blend fabrics”, Textile Research Journal, Vol. 71, nº6, pp. 469-474.

Maqsood, M., Nawab, Y., Shaker, K., Umair, M., Ashraf, M., Baitab, D. M., Hamdani, S. T. A., Shahid, S., (2016), “Modelling the Effect of weave structure and fabric thread density on mechanical and Comfort properties of woven fabrics”, Autex Research Journal, Vol. 16, nº 3, pp. 160-164.

Marks, R., Lawton, P. J., Holmes, D. A., “sem data”, An Introduction to Textiles, Volume III – Fabrics, EUROTEX – COMETT, Bolton Institute, UK.

Miguel, R. A. L., (2000), “Modelling the Influence of structural Characteristics on Wear Properties of Wool and blended Fabrics”, Ph. D. Thesis, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, pp. 267-268.

Miguel, R. A. L., (2007), Tecnologia dos Tecidos – Apontamentos, Departamento de Ciência e Tecnologia Têxteis, UBI, Covilhã.

Monteiro, Nuno M. S., (2011), “Estudo das características estruturais de fios convencionais para otimizar as propriedades mecânicas e de superfície de tecidos mistos de lã e poliéster”, Dissertação de Mestrado.

Montgomery, D. C., (2001), “Design and Analysis of Experiments”, 5ª Edição, John Wiley and Sons, INC, New York, pp 451-454.

Morton, W. E., (1975), "Physical Properties of Textile Fibers". London: Heinemann.

NaiK, A., López-Amo, F., (1982), "Pilling Propensity of Blended Textiles", *Melliand Textilberichte*, Vol.11, nº6, pp. 416-423.

Nawaz, S. M., Ahmad, I., Farooq, A., (2002), "Effect of Single End Strength of Various doubled Yarns on Tearing Strength of Double weft Fabric", *Pakistan Journal of Applied Sciences*, Vol. 2, nº8, pp. 800-803.

Omeroglu, S., Ulku, S., (2007), "An Investigation about Tensile Strength, Pilling and Abrasion Properties of Woven Fabrics Made from Conventional and Compact Ring-Spun Yarns", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 15, nº1, pp.39-42.

Onikov, E. A., (1992), "Cotton Fabrics with Higher Resistance to Abrasion", *Melliand Textilberichte*, Vol. 73, nº1, pp. 37-38.

Pan, N., Hua, T., (2001), "Relationship Between Fiber and Yarn Strength", *Textile Research Journal*, Vol. 71, nº11, pp. 960-964.

Peirce, F. T., 1937, *Journal of Textile Institute*, 28, T45.

Raisi, S., (2009), "Developing New Processes and Optimizing Performance Using Response Surface Methodology", *World Academic of Science, Engineering and Technology*, 25, pp 1039-1042.

Realff, M. L., Seo, M., Boyce, M. C., Schawrtz, P., Backer, S., (1991), "Mechanical Properties of Fabrics Woven from Yarns Produced by Different Spinning Technologies: Yarn Failure as a Function of Gauge Length", *Textile Research Journal*, Vol. 61, nº9, pp. 517-530.

Richards, A., Cropper, A., Miraftab, M., Holmes, D., (1993), "An Introduction to Textiles; Vol. I - Fibers", School of Textiles Studies: Bolton Institute of Higher Education, pp.1-33.

Scelzo, W. A., Backer, S., Boyce, M. C., (1994), "Mechanistic Role of Yarn and Fabric Structure in Determining Tear Resistance of Woven Cloth" - Part II: Modeling Tongue Tear, Textile Research Journal, Vol. 64, nº6, pp. 321-329.

Scelzo, W. A., Backer, S., Boyce, M. C., (1994), "Mechanistic Role of Yarn and Fabric Structure In Determining Tear Resistance of Woven Cloth" - Part I: Understanding Tongue Tear, Textile Research Journal, Vol. 64, nº5, pp. 291-302.

Soud, H., Babay, A., Sahoun, M., (2012), "Fabric Quality Optimization by Using Desirability Function and Neural Networks", Int. J. Computer Technology & Applications, Vol. 3, (1), pp 356-364.

Statgraphics 5 plus. Manugistics, Inc. 2115 Jefferson St., Rockville, Maryland 20852, USA

Sulzer Textil Limited Swizerland, (2001), "Fabric Structure, Properties and Testing", pp. 361-373.

Taieb, A. H., Msahli, S., Sakli, F., (2010), "Modelling Consumer Satisfaction Degree of Functional Textile", Journal of Modelling and Simulation of Systems, Vol. 1, nº 2, pp 84-89.

Vilchez, S., Manich, A. M., Miras, J., Molina, R. Erra, P. Esquena, J., (2016), "Dynamic vapour sorption and thermoporometry of polyamide fabrics coated with chitosan hydrogels", Thermochim Acta, 639, pp 47-52.

Wang, X., (2000), "Predicting the Strength Variation of Wool from its Diameter Variation", Textile Research Journal, Vol. 70, nº3, pp. 191-194.

Xie, Y., Oxenham, W., Grosberg, P., (1968), “A Study of the Strength of Wrapped Yarns” - Part III: The Relationship between Structural Parameters and Strength, The Journal of the Textile Institute, Vol. 77, nº5, pp. 314-326.

Normas de Ensaio:

NP EN ISO 13934-1:2001 - Têxteis: Propriedades de tracção dos tecidos. Parte 1: Determinação da força máxima e do alongamento à força máxima pelo método da tira (ISO 13934-1:1999).

NP EN ISO 13937-1:2001 - Têxteis: Propriedades de rasgo de tecidos. Parte 1: Determinação da força de rasgo pelo método do pêndulo balístico (Elmendorf) (ISO 13937-1:2000, incluindo Errata 1:2000).

NP EN ISO 12945-1:2004 - Têxteis: Determinação da propensão dos tecidos ao aparecimento de pêlo superficial e borboto. Parte 1: Método do “pilling box” (ISO 12945-1:2000).

ISO 12947-2:1998 - Textiles: Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method. Part 2: Determination of specimen breakdown.

NP EN 12127:1999 - Determinação da massa por unidade de superfície em amostras de pequenas dimensões.

NP EN 1049-2:1995 - Têxteis - Métodos de análise - Parte 2: Determinação do número de fios por unidade de comprimento (ISO 7211- 2: 1984 modificada).

# Anexos

ANEXO 1

Tabela A.1 - Dados e resultados globais

Ligamento/Composição	CARACTERÍSTICAS DAS FIBRAS, DOS FIOS E DOS TECIDOS														ACABAMENTO NORMAL RAPADO								TRATAMENTO PARA INCREMENTAR RESISTÊNCIA AO RASGO								TRATAMENTO DE LIMPEZA A SECO								TRATAMENTO PARA INCREMENTAR A RESISTÊNCIA À ABRASÃO								
	Fio (Ref*)	%LA	DLA	%PL	DPL	EPL	TPL	APL	TOR1	TOR2	DB	DT	MM2	CL	AM	(N)								(TIRR)								(TLS)								(TIRA)							
																FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA
Sarja 4 55/45	A	45,00	21,4	55,00	2,49	4	26	34	620	700	33,0	22,1	259	0,5	2	1100	770	41,5	31,5	54	47	2-3	50000	1000	750	41,0	31,0	73	61	3	57500	1110	740	41,0	31,0	43	38	2-3	48000	1100	780	42,5	31,5	42	37	3-4	58000
	B	45,00	21,4	55,00	2,49	4	26	34	720	800	33,0	22,0	262	0,5	2	1100	760	45,0	33,0	52	44	4	48000	1100	750	44,0	33,0	69	59	4-5	53000	1100	760	45,0	32,5	41	36	4	45000	1100	770	46,5	32,5	43	35	4	57600
	C	45,00	24,9	55,00	2,49	4	26	34	620	700	33,0	22,0	254	0,5	2	1100	730	42,0	33,0	48	40	2	51000	1000	710	41,0	32,0	62	52	2-3	59000	1100	720	41,5	33,0	40	31	2	53000	1000	770	43,0	33,0	36	31	2-3	57000
	D	45,00	24,9	55,00	2,49	4	26	34	720	800	32,7	22,0	255	0,5	2	1100	720	43,5	34,5	47	38	3	52000	1000	720	42,5	33,5	64	50	3	57200	1100	720	43,0	34,5	37	31	3	55000	1000	740	44,5	34,0	35	31	3	60000
	E	45,00	21,4	55,00	4,40	11	49	36	620	700	32,7	23,0	268	0,5	2	1400	980	49,0	35,0	73	58	3	83000	1300	930	47,5	33,5	99	78	3	96000	1400	970	48,0	35,0	58	49	3	81000	1300	980	50,0	34,0	58	49	3-4	95000
	F	45,00	21,4	55,00	4,40	11	49	36	720	800	32,7	23,0	269	0,5	2	1400	980	52,0	36,0	67	56	4	83000	1300	950	50,0	35,0	86	72	4	97000	1400	970	51,5	36,0	52	46	4	80000	1300	990	54,5	36,0	54	45	4	94000
	G	45,00	24,9	55,00	4,40	11	49	36	620	700	32,6	23,0	268	0,5	2	1400	960	48,5	33,5	61	53	3	88000	1300	940	48,0	32,0	81	69	3	98000	1400	960	48,0	33,0	49	42	3	85000	1300	960	50,0	33,0	48	45	4	99000
	H	45,00	24,9	55,00	4,40	11	49	36	720	800	32,6	23,1	269	0,5	2	1400	920	53,0	34,5	61	51	3-4	86000	1300	920	51,0	34,0	89	71	3-4	98000	1400	900	51,5	34,0	53	43	4	82000	1300	920	55,0	34,0	50	41	4	98000
Sarja 3 55/45	A	45,00	21,4	55,00	2,49	4	26	34	620	700	30,9	21,1	254	0,67	1,5	1000	730	39,5	32,0	51	45	4	36000	950	700	39,0	31,0	66	59	4	41000	1000	730	39,0	31,0	38	36	4	36000	980	720	41,0	32,0	41	36	4	43200
	B	45,00	21,4	55,00	2,49	4	26	34	720	800	30,8	21,4	257	0,67	1,5	1000	730	40,5	33,0	49	42	4	35300	960	710	39,5	33,0	66	55	4	41000	990	720	39,0	33,0	37	34	4	34000	980	720	43,0	32,0	37	32	4	41300
	C	45,00	24,9	55,00	2,49	4	26	34	620	700	30,7	21,4	247	0,67	1,5	1000	720	38,5	34,0	46	39	4	40700	950	690	38,0	33,5	59	51	4	46000	990	710	37,5	33,5	37	30	4	41500	970	710	40,0	33,0	36	31	4	48000
	D	45,00	24,9	55,00	2,49	4	26	34	720	800	31,0	21,1	249	0,67	1,5	990	700	40,5	35,0	45	36	4	38700	940	670	39,5	34,0	58	47	4	44000	970	680	39,0	34,0	35	27	4	40000	970	690	42,0	35,0	43	28	4	46400
	E	45,00	21,4	55,00	4,40	11	49	36	620	700	31,0	22,0	263	0,67	1,5	1300	930	47,5	36,0	68	54	4	74000	1200	880	47,0	35,0	89	71	4	81400	1300	930	47,0	35,5	54	42	4	72500	1300	910	49,0	36,0	54	44	4	81400
	F	45,00	21,4	55,00	4,40	11	49	36	720	800	31,1	22,2	267	0,67	1,5	1300	930	49,5	37,0	63	53	4	74000	1200	890	49,0	36,0	82	68	4	83000	1300	940	49,0	36,5	49	42	4	72000	1300	920	51,0	36,0	49	42	4	85100
	G	45,00	24,9	55,00	4,40	11	49	36	620	700	30,8	22,0	260	0,67	1,5	1300	940	46,5	34,5	60	49	4	73300	1200	910	45,5	34,0	79	65	4	80600	1200	940	45,5	34,0	47	39	4	73000	1300	930	48,0	34,5	46	39	4	81700
	H	45,00	24,9	55,00	4,40	11	49	36	720	800	31,2	22,0	261	0,67	1,5	1300	890	50,5	36,0	57	47	4	82000	1200	870	50,0	35,0	74	62	4	90000	1200	900	49,5	35,0	46	37	4	81000	1300	870	53,0	36,0	46	37	4	93400
Tafetá 55/45	A	45,00	21,4	55,00	2,49	4	26	34	620	700	20,2	18,4	189	1	1	690	630	36,0	39,5	49	43	3-4	47300	660	590	35,0	38,0	64	52	3-4	57700	690	620	34,5	38,0	37	34	3-4	46500	660	640	37,0	39,5	40	36	4	54400
	B	45,00	21,4	55,00	2,49	4	26	34	720	800	20,6	18,5	187	1	1	680	610	38,0	40,0	40	40	4	44700	640	570	36,5	38,0	50	49	4	53600	690	620	36,5	38,0	31	31	4	43000	660	620	40,0	39,5	32	31	4	52700
	C	45,00	24,9	55,00	2,49	4	26	34	620	700	20,2	18,4	185	1	1	690	620	35,5	38,5	44	38	4	45300	670	610	35,0	37,0	58	51	4	50700	700	640	35,0	36,5	36	32	4	43500	670	620	37,0	38,0	34	30	4	54300
	D	45,00	24,9	55,00	2,49	4	26	34	720	800	20,4	18,7	187	1	1	650	590	37,5	41,0	40	34	4	48000	620	570	36,5	40,0	52	45	4	55200	650	600	36,0	40,0	32	27	4	45800	630	610	39,0	41,0	32	27	4	58000
	E	45,00	21,4	55,00	4,40	11	49	36	620	700	20,3	19,4	196	1	1	860	820	41,0	40,5	56	50	4	82000	800	800	39,5	39,0	73	64	4	90200	850	820	39,5	39,0	49	39	4	83000	800	850	43,0	40,5	46	41	4	94300
	F	45,00	21,4	55,00	4,40	11	49	36	720	800	20,4	19,6	198	1	1	840	800	43,5	43,0	55	50	4-5	84700	830	770	42,0	41,0	69	65	4-5	91500	860	800	41,5	40,5	45	39	4-5	83500	810	820	45,0	42,5	46	41	4-5	96500
	G	45,00	24,9	55,00	4,40	11	49	36	620	700	20,2	19,3	193	1	1	840	800	42,0	39,5	50	47	4	85000	810	760	41,0	39,0	64	60	4	96000	850	810	41,0	39,0	40	38	4	83000	810	820	44,0	39,5	41	39	4	97700
	H	45,00	24,9	55,00	4,40	11	49	36	720	800	20,4	19,4	193	1	1	830	800	43,0	42,5	49	44	4	83000	810	760	41,0	41,5	65	57	4	95500	840	800	41,0	41,0	39	37	4	83000	810	810	45,0	42,0	41	36	4	94600
Sarja 4 60/40	I	60,00	21,4	40,00	2,49	4	26	34	620	700	32,4	22,5	257	0,5	2	950	650	43,5	32,0	50	41	3-4	36000	910	600	42,0	30,0	63	50	3-4	40000	960	620	43,5	31,0	41	32	3-4	38000	910	650	45,0	30,0	35	34	4	43000
	J	60,00	21,4	40,00	2,49	4	26	34	720	800	32,4	22,3	256	0,5	2	920	640	44,5	33,0	48	39	4	36000	900	620	43,5	32,0	59	49	4	41000	940	610	44,5	32,0	37	30	4	35000	880	660	44,5	31,5	37	30	4	44000
	K	60,00	24,9	40,00	2,49	4	26	34	620	700	32,8	22,2	252	0,5	2	930	650	40,5	31,5	39	35	3-4	33000	840	620	40,0	30,5	46	43	3-4	38000	940	640	40,5	29,5	29	28	3-4	35000	880	660	43,0	32,0	28	27	4	38000
	L	60,00	24,9	40,00	2,49	4	26	34	720	800	32,5	22,6	251	0,5	2	920	640	42,5	33,5	38	33	3-4	36000	900	630	41,5	32,0	46	39	3-4	39600	920	630	42,0	31,0	30	31	3-4	33000	860	650	44,0	33,0	32	27	4	41000
	M	60,00	21,4	40,00	4,40	11	49	36	620	700	32,2	23,3	263	0,5	2	1100	780	47,0	31,0	56	50	3-4	68000	1000	740	46,0	29,5	73	63	3-4	78000	1100	770	46,0	30,0	45	39	3-4	67000	940	800	48,0	31,0	49	41	4	77000
	N	60,00	21,4	40,00	4,40	11	49	36	720	800	32,3	23,5	268	0,5	2	1100	760	47,5	32,0	56	48	4	76000	1000	730	46,0	31,0	67	59	4	89000	1100	760	46,5	30,0	46	36	4	77000	1000	750	48,0	32,0	49	38	4</	

### Anexo 2.1.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>N</sub>), para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
B:DLA	25,0	1	25,0	0,63	0,4650
C:DPL	220900,0	1	220900,0	5522,50	0,0000
D:LA	220900,0	1	220900,0	5522,50	0,0000
AB	25,0	1	25,0	0,63	0,4650
AC	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
AD	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
BC	25,0	1	25,0	0,63	0,4650
BD	25,0	1	25,0	0,63	0,4650
CD	16900,0	1	16900,0	422,50	0,0000
Error Total	200,0	5	40,0		
Total (corr.)	459300,0	15			

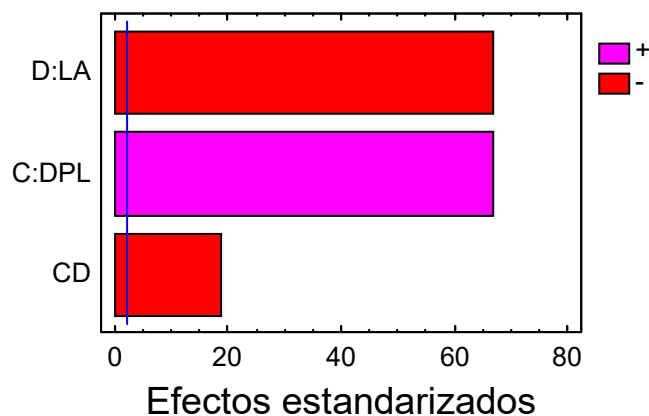
R-cuadrado = 99,9565 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,8694 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 6,32456  
 Error absoluto de la media = 2,8125

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	220900,0	1	220900,0	4418,00	0,0000
D:LA	220900,0	1	220900,0	4418,00	0,0000
CD	16900,0	1	16900,0	338,00	0,0000
Error Total	600,0	12	50,0		
Total (corr.)	459300,0	15			

R-cuadrado = 99,8694 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,8367 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 7,07107  
 Error absoluto de la media = 2,5

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 2.1.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1056,25	1	1056,25	6,76	0,0482
B:DLA	306,25	1	306,25	1,96	0,2204
C:DPL	131406,0	1	131406,0	841,00	0,0000
D:LA	71556,3	1	71556,3	457,96	0,0000
AB	156,25	1	156,25	1,00	0,3632
AC	156,25	1	156,25	1,00	0,3632
AD	6,25	1	6,25	0,04	0,8494
BC	506,25	1	506,25	3,24	0,1318
BD	3906,25	1	3906,25	25,00	0,0041
CD	4556,25	1	4556,25	29,16	0,0029
Error Total	781,25	5	156,25		
Total (corr.)	214394,0	15			

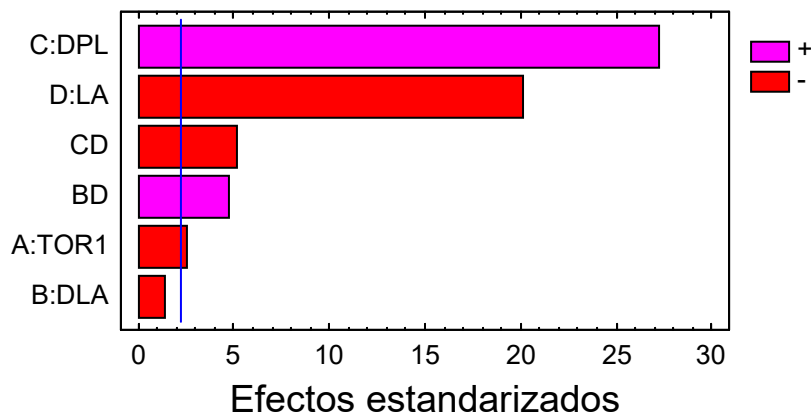
R-cuadrado = 99,6356 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,9068 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 12,5  
 Error absoluto de la media = 5,9375

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1056,25	1	1056,25	5,92	0,0378
B:DLA	306,25	1	306,25	1,72	0,2227
C:DPL	131406,0	1	131406,0	736,28	0,0000
D:LA	71556,3	1	71556,3	400,94	0,0000
BD	3906,25	1	3906,25	21,89	0,0012
CD	4556,25	1	4556,25	25,53	0,0007
Error Total	1606,25	9	178,472		
Total (corr.)	214394,0	15			

R-cuadrado = 99,2508 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,7513 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 13,3593  
 Error absoluto de la media = 8,90625

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 2.1.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	18,0625	1	18,0625	20,64	0,0061
B:DLA	1,0	1	1,0	1,14	0,3339
C:DPL	156,25	1	156,25	178,57	0,0000
D:LA	10,5625	1	10,5625	12,07	0,0178
AB	0,0625	1	0,0625	0,07	0,7999
AC	0,0625	1	0,0625	0,07	0,7999
AD	4,0	1	4,0	4,57	0,0855
BC	4,0	1	4,0	4,57	0,0855
BD	0,5625	1	0,5625	0,64	0,4591
CD	7,5625	1	7,5625	8,64	0,0323
Error Total	4,375	5	0,875		
Total (corr.)	206,5	15			

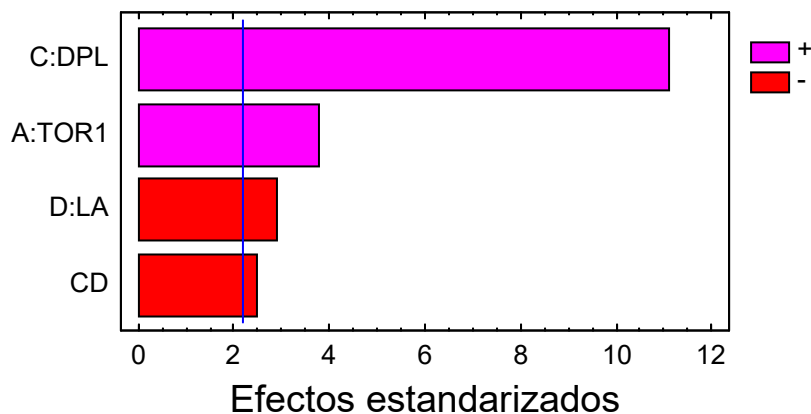
R-cuadrado = 97,8814 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 93,6441 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,935414  
 Error absoluto de la media = 0,421875

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	18,0625	1	18,0625	14,13	0,0032
C:DPL	156,25	1	156,25	122,22	0,0000
D:LA	10,5625	1	10,5625	8,26	0,0151
CD	7,5625	1	7,5625	5,92	0,0333
Error Total	14,0625	11	1,27841		
Total (corr.)	206,5	15			

R-cuadrado = 93,1901 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 90,7137 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,13067  
 Error absoluto de la media = 0,8125

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 2.1.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	6,25	1	6,25	7,46	0,0412
B:DLA	0,25	1	0,25	0,30	0,6083
C:DPL	1,5625	1	1,5625	1,87	0,2302
D:LA	10,5625	1	10,5625	12,61	0,0164
AB	0,0625	1	0,0625	0,07	0,7956
AC	0,25	1	0,25	0,30	0,6083
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	1,0	1	1,0	1,19	0,3243
BD	0,25	1	0,25	0,30	0,6083
CD	5,0625	1	5,0625	6,04	0,0573
Error Total	4,1875	5	0,8375		
Total (corr.)	29,4375	15			

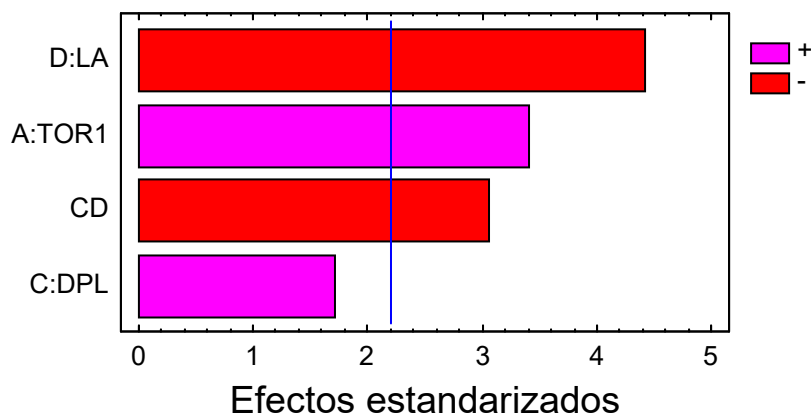
R-cuadrado = 85,7749 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 57,3248 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,91515  
 Error absoluto de la media = 0,5

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	6,25	1	6,25	11,46	0,0061
C:DPL	1,5625	1	1,5625	2,86	0,1186
D:LA	10,5625	1	10,5625	19,36	0,0011
CD	5,0625	1	5,0625	9,28	0,0111
Error Total	6,0	11	0,545455		
Total (corr.)	29,4375	15			

R-cuadrado = 79,6178 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 72,2061 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,738549  
 Error absoluto de la media = 0,5625

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 2.1.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	14,0625	1	14,0625	1,60	0,2610
B:DLA	189,063	1	189,063	21,58	0,0056
C:DPL	689,063	1	689,063	78,64	0,0003
D:LA	297,563	1	297,563	33,96	0,0021
AB	1,5625	1	1,5625	0,18	0,6904
AC	0,5625	1	0,5625	0,06	0,8101
AD	0,5625	1	0,5625	0,06	0,8101
BC	5,0625	1	5,0625	0,58	0,4815
BD	0,5625	1	0,5625	0,06	0,8101
CD	18,0625	1	18,0625	2,06	0,2106
Error Total	43,8125	5	8,7625		
Total (corr.)	1259,94	15			

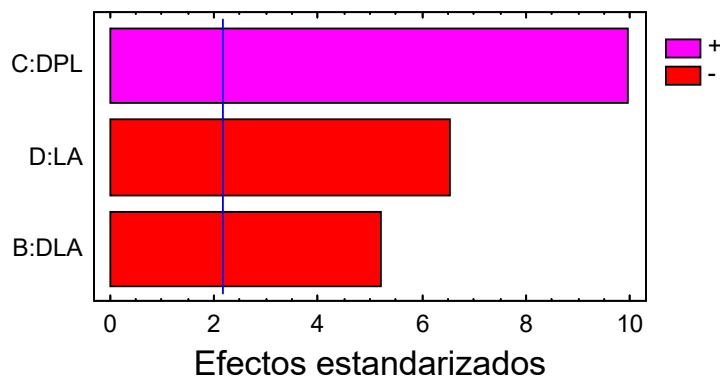
R-cuadrado = 96,5226 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 89,5679 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,96015  
 Error absoluto de la media = 1,4375

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	189,063	1	189,063	26,93	0,0002
C:DPL	689,063	1	689,063	98,15	0,0000
D:LA	297,563	1	297,563	42,38	0,0000
Error Total	84,25	12	7,02083		
Total (corr.)	1259,94	15			

R-cuadrado = 93,3132 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 91,6415 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,64969  
 Error absoluto de la media = 1,70313

Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 2.1.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	20,25	1	20,25	135,00	0,0001
B:DLA	121,0	1	121,0	806,67	0,0000
C:DPL	484,0	1	484,0	3226,67	0,0000
D:LA	169,0	1	169,0	1126,67	0,0000
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	2,25	1	2,25	15,00	0,0117
BD	0,25	1	0,25	1,67	0,2532
CD	6,25	1	6,25	41,67	0,0013
Error Total	0,75	5	0,15		
-----					
Total (corr.)	803,75	15			

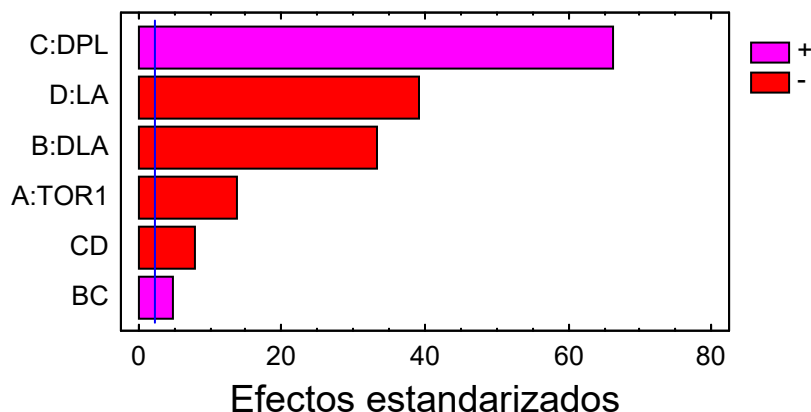
R-cuadrado = 99,9067 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,7201 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,387298  
 Error absoluto de la media = 0,1875

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	20,25	1	20,25	182,25	0,0000
B:DLA	121,0	1	121,0	1089,00	0,0000
C:DPL	484,0	1	484,0	4356,00	0,0000
D:LA	169,0	1	169,0	1521,00	0,0000
BC	2,25	1	2,25	20,25	0,0015
CD	6,25	1	6,25	56,25	0,0000
Error Total	1,0	9	0,111111		
-----					
Total (corr.)	803,75	15			

R-cuadrado = 99,8756 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,7926 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,333333  
 Error absoluto de la media = 0,1875

### Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 2.1.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1,89063	1	1,89063	46,54	0,0010
B:DLA	0,390625	1	0,390625	9,62	0,0268
C:DPL	0,390625	1	0,390625	9,62	0,0268
D:LA	1,26563	1	1,26563	31,15	0,0025
AB	0,140625	1	0,140625	3,46	0,1219
AC	0,015625	1	0,015625	0,38	0,5623
AD	0,390625	1	0,390625	9,62	0,0268
BC	0,140625	1	0,140625	3,46	0,1219
BD	0,140625	1	0,140625	3,46	0,1219
CD	0,140625	1	0,140625	3,46	0,1219
Error Total	0,203125	5	0,040625		
Total (corr.)	5,10938	15			

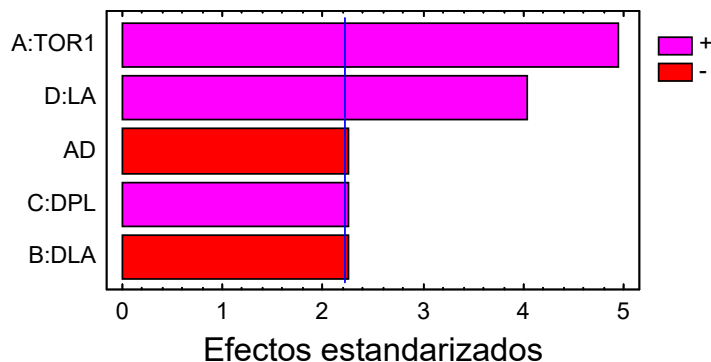
R-cuadrado = 96,0245 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 88,0734 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,201556  
 Error absoluto de la media = 0,0976563

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1,89063	1	1,89063	24,20	0,0006
B:DLA	0,390625	1	0,390625	5,00	0,0493
C:DPL	0,390625	1	0,390625	5,00	0,0493
D:LA	1,26563	1	1,26563	16,20	0,0024
AD	0,390625	1	0,390625	5,00	0,0493
Error Total	0,78125	10	0,078125		
Total (corr.)	5,10938	15			

R-cuadrado = 84,7095 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 77,0642 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,279508  
 Error absoluto de la media = 0,179688

Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 2.1.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>N</sub>) para o ligamento de sarja de 4 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,25	1	0,25	0,02	0,8913
B:DLA	36,0	1	36,0	2,98	0,1451
C:DPL	5625,0	1	5625,0	464,88	0,0000
D:LA	600,25	1	600,25	49,61	0,0009
AB	6,25	1	6,25	0,52	0,5045
AC	0,25	1	0,25	0,02	0,8913
AD	4,0	1	4,0	0,33	0,5902
BC	25,0	1	25,0	2,07	0,2101
BD	0,25	1	0,25	0,02	0,8913
CD	30,25	1	30,25	2,50	0,1747
Error Total	60,5	5	12,1		
Total (corr.)	6388,0	15			

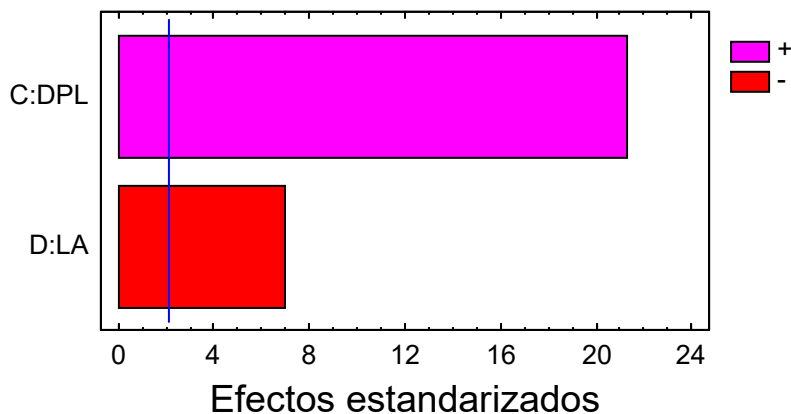
R-cuadrado = 99,0529 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,1587 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,47851  
 Error absoluto de la media = 1,625

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	5625,0	1	5625,0	449,31	0,0000
D:LA	600,25	1	600,25	47,95	0,0000
Error Total	162,75	13	12,5192		
Total (corr.)	6388,0	15			

R-cuadrado = 97,4523 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,0603 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,53825  
 Error absoluto de la media = 2,45313

Gráfico de Pareto estandarizado para RA



## Anexo 2.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento Normal.

### Optimización de Respuesta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\NORM\_SARJA4.sfx

#### Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 PFB  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	920,0	1400,0
FRTT	640,0	980,0
ARTB	40,5	53,0
ARTT	31,0	36,0
RRB	38,0	73,0
RRT	33,0	58,0
PFB	2,0	4,0
RA/1000	33,0	88,0

Respuesta	Conveniencias		Objetivo	Pesos		Impacto
	Bajo	Alto		Primero	Segundo	
FRTB	920,0	1400,0	Maximizar	1,0	3,0	
FRTT	640,0	980,0	Maximizar	1,0	3,0	
ARTB	40,0	53,0	Maximizar	1,0	3,0	
ARTT	31,0	36,0	Maximizar	1,0	3,0	
RRB	38,0	73,0	Maximizar	1,0	3,0	
RRT	33,0	58,0	Maximizar	1,0	3,0	
PFB	2,0	4,0	Maximizar	1,0	3,0	
RA/1000	33,0	88,0	Maximizar	1,0	3,0	

## Anexo 2.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento Normal.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA/1000	Pronosticado	Observado
									Conveniencia	Conveniencia
1	1100,0	770,0	41,5	31,5	54,0	47,0	2,5	50,0	0,329893	0,27502
2	1100,0	760,0	45,0	33,0	52,0	44,0	4,0	48,0	0,425184	0,420492
3	1100,0	730,0	42,0	33,0	48,0	40,0	2,0	51,0	0,25056	0,0
4	1100,0	720,0	43,5	34,5	47,0	38,0	3,0	52,0	0,332302	0,332031
5	1400,0	980,0	49,0	35,0	73,0	58,0	3,0	83,0	0,806228	0,841629
6	1400,0	980,0	52,0	36,0	67,0	56,0	4,0	83,0	0,930237	0,945683
7	1400,0	960,0	48,5	33,5	61,0	53,0	3,0	88,0	0,713618	0,730263
8	1400,0	920,0	53,0	34,5	61,0	51,0	3,5	86,0	0,841709	0,816287
9	950,0	650,0	43,5	32,0	50,0	41,0	3,5	36,0	0,0998532	0,160677
10	920,0	640,0	44,5	33,0	48,0	39,0	4,0	36,0	0,0	0,0
11	930,0	650,0	40,5	31,5	39,0	35,0	3,5	33,0	0,0885891	0,0
12	920,0	640,0	42,5	33,5	38,0	33,0	3,5	36,0	0,0	0,0
13	1100,0	780,0	47,0	31,0	56,0	50,0	3,5	68,0	0,452917	0,0
14	1100,0	760,0	47,5	32,0	56,0	48,0	4,0	76,0	0,552528	0,496356
15	1100,0	830,0	47,5	32,0	55,0	46,0	3,5	82,0	0,411773	0,502738
16	1100,0	800,0	48,5	33,0	52,0	43,0	4,0	76,0	0,507502	0,525024

## El StatAdvisor

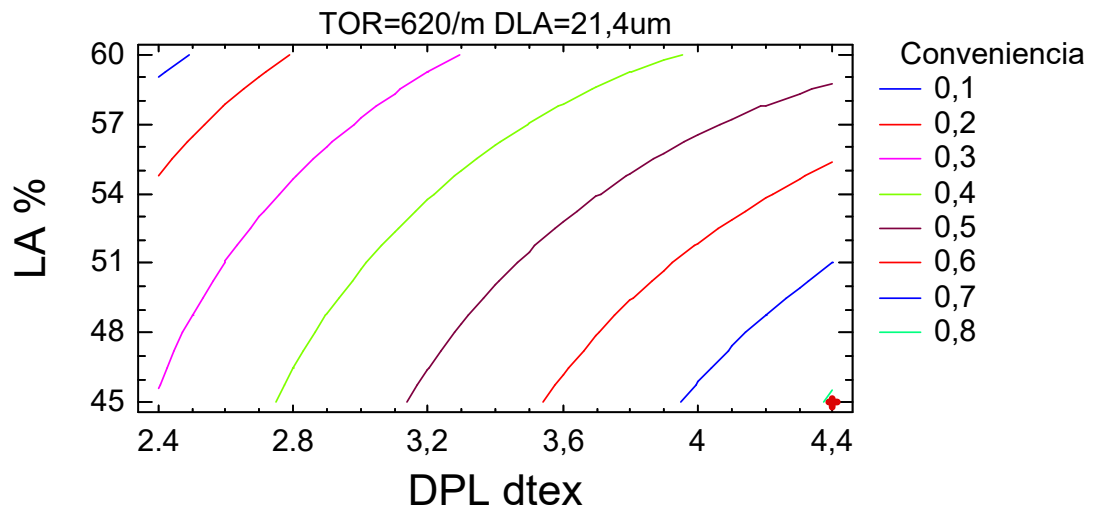
Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 PFB - maximizar  
 RA/1000 - maximizar

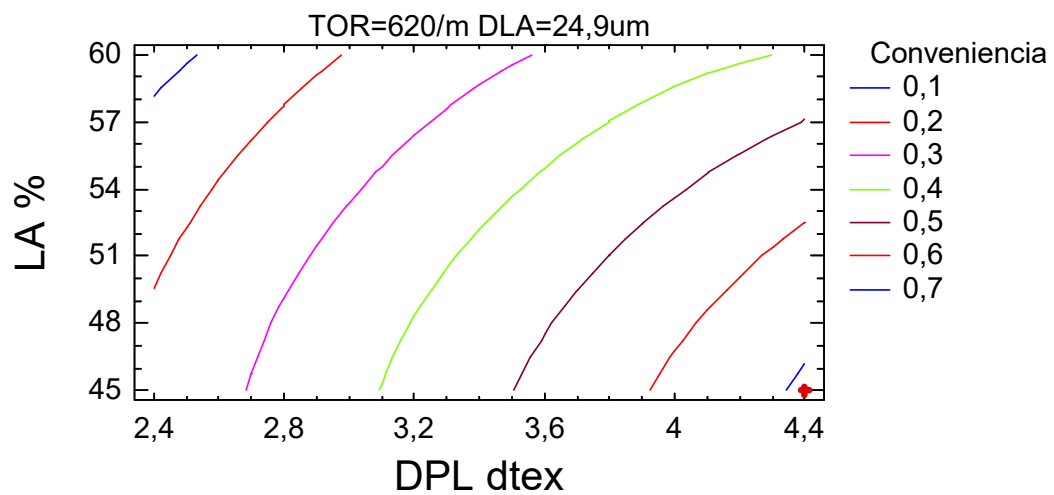
La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una conveniencia máxima en la ejecución 6. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares.

Anexo 2.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento Normal.

TECIDO NORMAL-SARJA 4-CONVENIENCIA

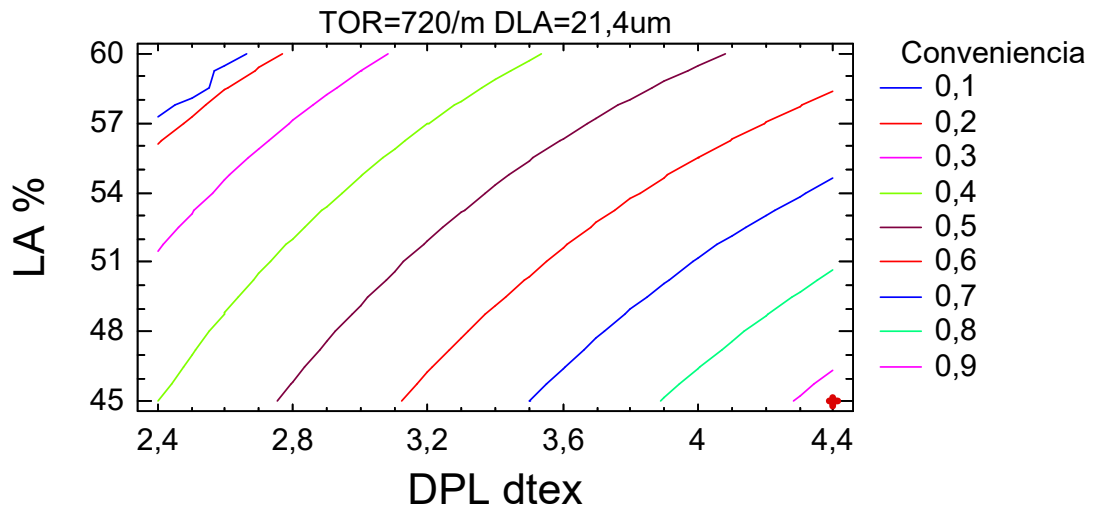


TECIDO NORMAL-SARJA 4-CONVENIENCIA

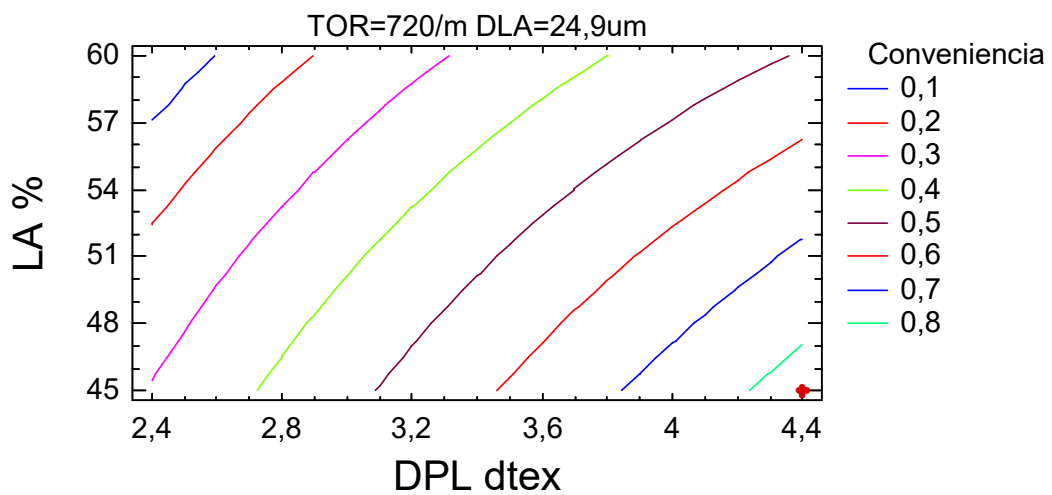


Anexo 2.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento Normal.

TECIDO NORMAL-SARJA 4-CONVENIENCIA



TECIDO NORMAL-SARJA 4-CONVENIENCIA



### Anexo 2.2.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>N</sub>), para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	306,25	1	306,25	0,51	0,5056
B:DLA	2756,25	1	2756,25	4,62	0,0842
C:DPL	232806,0	1	232806,0	390,45	0,0000
D:LA	150156,0	1	150156,0	251,83	0,0000
AB	6,25	1	6,25	0,01	0,9224
AC	56,25	1	56,25	0,09	0,7711
AD	156,25	1	156,25	0,26	0,6305
BC	3306,25	1	3306,25	5,55	0,0652
BD	3306,25	1	3306,25	5,55	0,0652
CD	15006,3	1	15006,3	25,17	0,0040
Error Total	2981,25	5	596,25		
Total (corr.)	410844,0	15			

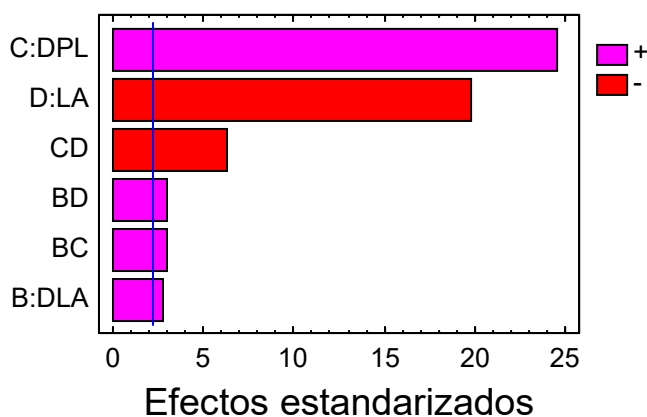
R-cuadrado = 99,2744 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,8231 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 24,4182  
 Error absoluto de la media = 13,125

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	2756,25	1	2756,25	7,07	0,0261
C:DPL	232806,0	1	232806,0	597,58	0,0000
D:LA	150156,0	1	150156,0	385,43	0,0000
BC	3306,25	1	3306,25	8,49	0,0172
BD	3306,25	1	3306,25	8,49	0,0172
CD	15006,3	1	15006,3	38,52	0,0002
Error Total	3506,25	9	389,583		
Total (corr.)	410844,0	15			

R-cuadrado = 99,1466 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,5776 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 19,7379  
 Error absoluto de la media = 13,3594

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 2.2.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1406,25	1	1406,25	14,61	0,0123
B:DLA	6,25	1	6,25	0,06	0,8090
C:DPL	117306,0	1	117306,0	1218,77	0,0000
D:LA	49506,3	1	49506,3	514,35	0,0000
AB	756,25	1	756,25	7,86	0,0379
AC	306,25	1	306,25	3,18	0,1345
AD	6,25	1	6,25	0,06	0,8090
BC	506,25	1	506,25	5,26	0,0703
BD	1406,25	1	1406,25	14,61	0,0123
CD	3906,25	1	3906,25	40,58	0,0014
Error Total	481,25	5	96,25		
Total (corr.)	175594,0	15			

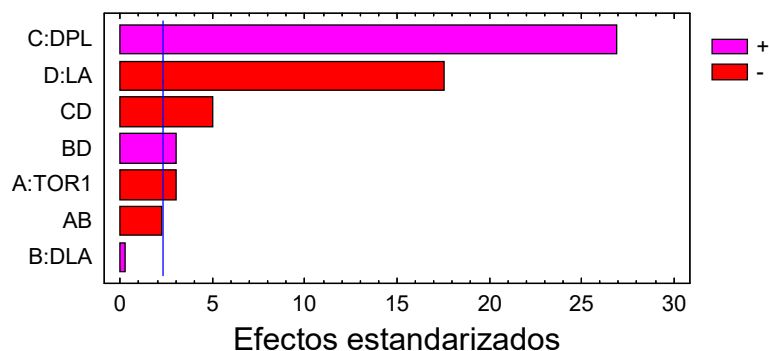
R-cuadrado = 99,7259 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,1778 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 9,81071  
 Error absoluto de la media = 4,6875

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1406,25	1	1406,25	8,65	0,0187
B:DLA	6,25	1	6,25	0,04	0,8494
C:DPL	117306,0	1	117306,0	721,88	0,0000
D:LA	49506,3	1	49506,3	304,65	0,0000
AB	756,25	1	756,25	4,65	0,0631
BD	1406,25	1	1406,25	8,65	0,0187
CD	3906,25	1	3906,25	24,04	0,0012
Error Total	1300,0	8	162,5		
Total (corr.)	175594,0	15			

R-cuadrado = 99,2597 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,6119 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 12,7475  
 Error absoluto de la media = 7,5

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 2.2.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	13,1406	1	13,1406	13,97	0,0135
B:DLA	0,390625	1	0,390625	0,42	0,5477
C:DPL	165,766	1	165,766	176,23	0,0000
D:LA	17,0156	1	17,0156	18,09	0,0081
AB	0,390625	1	0,390625	0,42	0,5477
AC	0,015625	1	0,015625	0,02	0,9025
AD	0,765625	1	0,765625	0,81	0,4083
BC	3,51563	1	3,51563	3,74	0,1110
BD	0,015625	1	0,015625	0,02	0,9025
CD	21,3906	1	21,3906	22,74	0,0050
Error Total	4,70313	5	0,940625		
Total (corr.)	227,109	15			

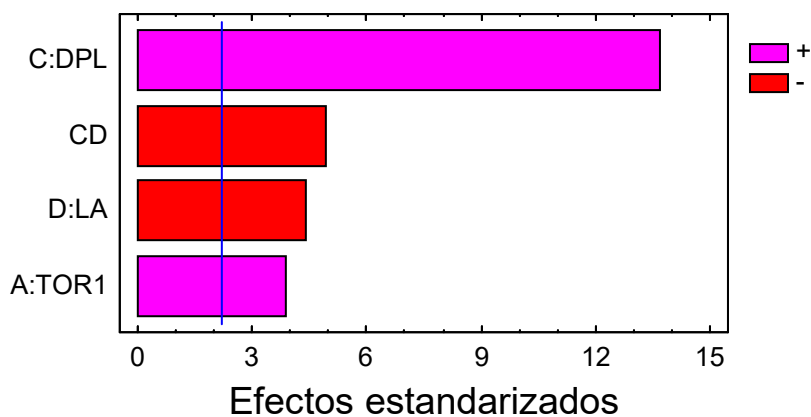
R-cuadrado = 97,9291 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 93,7874 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,969858  
 Error absoluto de la media = 0,453125

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	13,1406	1	13,1406	14,75	0,0027
C:DPL	165,766	1	165,766	186,12	0,0000
D:LA	17,0156	1	17,0156	19,11	0,0011
CD	21,3906	1	21,3906	24,02	0,0005
Error Total	9,79688	11	0,890625		
Total (corr.)	227,109	15			

R-cuadrado = 95,6863 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,1176 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,943729  
 Error absoluto de la media = 0,640625

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 2.2.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,0	1	9,0	7,91	0,0374
B:DLA	0,5625	1	0,5625	0,49	0,5133
C:DPL	4,0	1	4,0	3,52	0,1196
D:LA	4,0	1	4,0	3,52	0,1196
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	0,0625	1	0,0625	0,05	0,8240
AD	0,5625	1	0,5625	0,49	0,5133
BC	1,0	1	1,0	0,88	0,3915
BD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
CD	7,5625	1	7,5625	6,65	0,0495
Error Total	5,6875	5	1,1375		
Total (corr.)	32,4375	15			

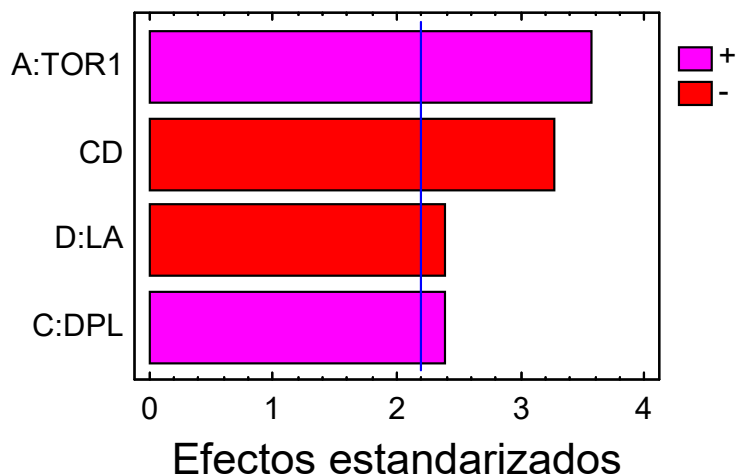
R-cuadrado = 82,4663 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 47,3988 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,06654  
 Error absoluto de la media = 0,5625

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,0	1	9,0	12,57	0,0046
C:DPL	4,0	1	4,0	5,59	0,0376
D:LA	4,0	1	4,0	5,59	0,0376
CD	7,5625	1	7,5625	10,56	0,0077
Error Total	7,875	11	0,715909		
Total (corr.)	32,4375	15			

R-cuadrado = 75,7225 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 66,8944 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,846114  
 Error absoluto de la media = 0,625

### Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 2.2.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	27,5625	1	27,5625	6,78	0,0480
B:DLA	175,563	1	175,563	43,22	0,0012
C:DPL	517,563	1	517,563	127,40	0,0001
D:LA	370,563	1	370,563	91,22	0,0002
AB	0,0625	1	0,0625	0,02	0,9061
AC	7,5625	1	7,5625	1,86	0,2306
AD	0,0625	1	0,0625	0,02	0,9061
BC	1,5625	1	1,5625	0,38	0,5623
BD	3,0625	1	3,0625	0,75	0,4250
CD	33,0625	1	33,0625	8,14	0,0357
Error Total	20,3125	5	4,0625		
Total (corr.)	1156,94	15			

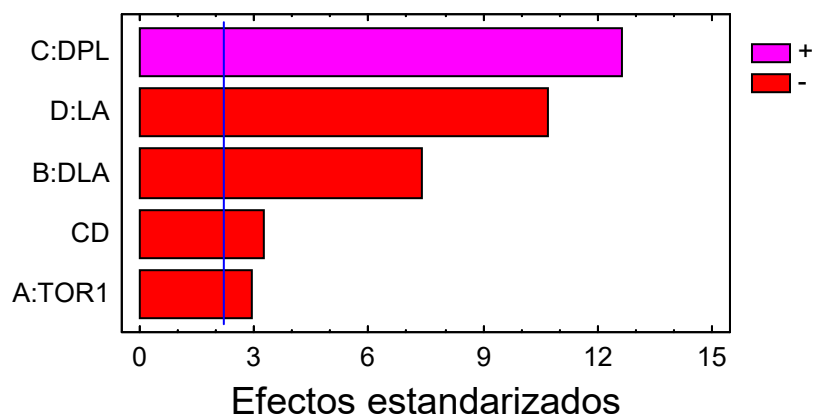
R-cuadrado = 98,2443 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,7329 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,01556  
 Error absoluto de la media = 0,96875

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	27,5625	1	27,5625	8,45	0,0157
B:DLA	175,563	1	175,563	53,81	0,0000
C:DPL	517,563	1	517,563	158,64	0,0000
D:LA	370,563	1	370,563	113,58	0,0000
CD	33,0625	1	33,0625	10,13	0,0098
Error Total	32,625	10	3,2625		
Total (corr.)	1156,94	15			

R-cuadrado = 97,1801 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,7701 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,80624  
 Error absoluto de la media = 1,17188

### Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 2.2.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	20,25	1	20,25	10,38	0,0234
B:DLA	182,25	1	182,25	93,46	0,0002
C:DPL	225,0	1	225,0	115,38	0,0001
D:LA	441,0	1	441,0	226,15	0,0000
AB	0,25	1	0,25	0,13	0,7349
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	9,0	1	9,0	4,62	0,0844
BD	4,0	1	4,0	2,05	0,2115
CD	30,25	1	30,25	15,51	0,0110
Error Total	9,75	5	1,95		
-----					
Total (corr.)	921,75	15			

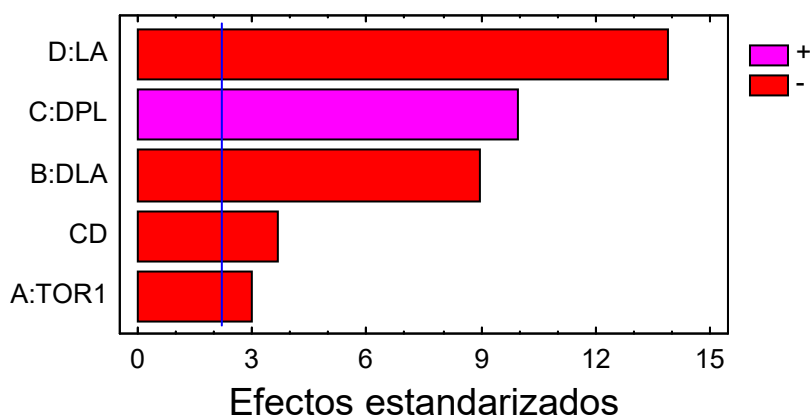
R-cuadrado = 98,9422 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,8267 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,39642  
 Error absoluto de la media = 0,65625

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	20,25	1	20,25	8,80	0,0141
B:DLA	182,25	1	182,25	79,24	0,0000
C:DPL	225,0	1	225,0	97,83	0,0000
D:LA	441,0	1	441,0	191,74	0,0000
CD	30,25	1	30,25	13,15	0,0046
Error Total	23,0	10	2,3		
-----					
Total (corr.)	921,75	15			

R-cuadrado = 97,5047 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,2571 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,51658  
 Error absoluto de la media = 0,9375

### Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 2.2.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>N</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
B:DLA	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
C:DPL	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
D:LA	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
AB	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
AC	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
AD	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
BC	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
BD	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
CD	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
Error Total	0,078125	5	0,015625		
Total (corr.)	0,234375	15			

R-cuadrado = 66,6667 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 2,22045E-14 por ciento

Error Estándar de Est. = 0,125

Error absoluto de la media = 0,0585938

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3388
B:DLA	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3388
C:DPL	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3388
D:LA	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3388
Error Total	0,171875	11	0,015625		
Total (corr.)	0,234375	15			

R-cuadrado = 26,6667 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 1,11022E-14 por ciento

Error Estándar de Est. = 0,125

Error absoluto de la media = 0,0703125

#### Observações:

Nenhuma variável afecta significativamente a PFB.

Todos os resultados experimentais apresentam grau 4, excepto o tecido produzido com o fio de referencia "N" (TOR1=720 v/m; DLA=21,4µm; DPL=4,4 dtex e LA=60%) que apresenta um grau 4/5.

O valor médio para todos os tecidos estes é de 4,03, quer dizer grau 4.

Por este motivo, esta variável não entra na optimização de resposta múltipla.

### Anexo 2.2.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>N</sub>) para o ligamento de sarja de 3 com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,600625	1	0,600625	0,11	0,7549
B:DIA	17,8506	1	17,8506	3,23	0,1321
C:DPL	4472,27	1	4472,27	809,81	0,0000
D:LA	385,141	1	385,141	69,74	0,0004
AB	1,89063	1	1,89063	0,34	0,5839
AC	7,42563	1	7,42563	1,34	0,2986
AD	14,2506	1	14,2506	2,58	0,1691
BC	0,455625	1	0,455625	0,08	0,7855
BD	12,0756	1	12,0756	2,19	0,1993
CD	88,8306	1	88,8306	16,08	0,0102
Error Total	27,6131	5	5,52263		
Total (corr.)	5028,4	15			

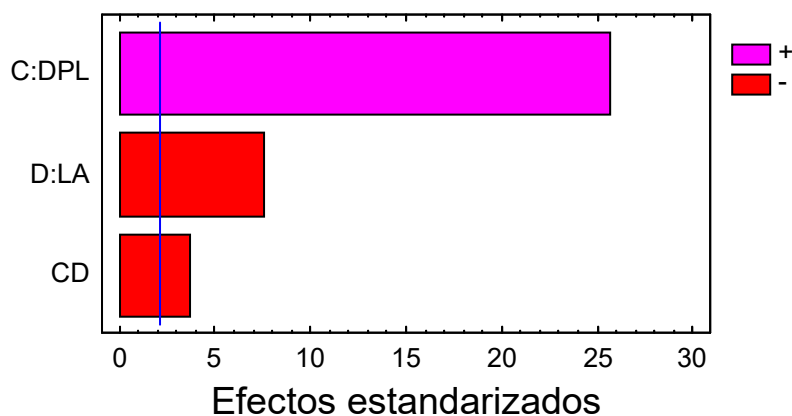
R-cuadrado = 99,4509 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,3526 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,35003  
 Error absoluto de la media = 1,05313

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	4472,27	1	4472,27	653,18	0,0000
D:LA	385,141	1	385,141	56,25	0,0000
CD	88,8306	1	88,8306	12,97	0,0036
Error Total	82,1625	12	6,84688		
Total (corr.)	5028,4	15			

R-cuadrado = 98,366 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,9575 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,61665  
 Error absoluto de la media = 1,84688

### Gráfico de Pareto estandarizado para RA



## Anexo 2.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento Normal.

### Optimización de Respuesta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\NORM\_SARJA3.sfx

#### Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	850,0	1300,0
FRTT	630,0	940,0
ARTB	38,0	50,5
ARTT	32,0	37,0
RRB	36,0	68,0
RRT	27,0	54,0
RA/1000	31,0	82,0

Respuesta	Bajo	Conveniencias		Objetivo	Pesos		Impacto
		Alto			Primero	Segundo	
FRTB	850,0	1300,0		Maximizar	1,0		3,0
FRTT	630,0	940,0		Maximizar	1,0		3,0
ARTB	38,0	50,0		Maximizar	1,0		3,0
ARTT	32,0	37,0		Maximizar	1,0		3,0
RRB	36,0	68,0		Maximizar	1,0		3,0
RRT	27,0	54,0		Maximizar	1,0		3,0
RA/1000	31,0	82,0		Maximizar	1,0		3,0

## Anexo 2.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento Normal.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	RA/1000	Conveniencia	Conveniencia
1	1000,0	730,0	39,5	32,0	51,0	45,0	36,0	0,246789	0,0
2	1000,0	730,0	40,5	33,0	49,0	42,0	35,3	0,323125	0,262226
3	1000,0	720,0	38,5	34,0	46,0	39,0	40,7	0,206758	0,237487
4	990,0	700,0	40,5	35,0	45,0	36,0	38,7	0,249066	0,276735
5	1300,0	930,0	47,5	36,0	68,0	54,0	74,0	0,87725	0,91
6	1300,0	930,0	49,5	37,0	63,0	53,0	74,0	0,931648	0,937253
7	1300,0	940,0	46,5	34,5	60,0	49,0	73,3	0,822116	0,782425
8	1300,0	890,0	50,5	36,0	57,0	47,0	82,0	0,848856	0,852101
9	870,0	640,0	40,0	33,0	47,0	39,0	33,3	0,0587993	0,118559
10	860,0	640,0	42,0	35,0	45,0	37,0	31,0	0,0	0,0
11	880,0	650,0	38,0	32,5	36,0	28,0	34,0	0,0921095	0,0
12	850,0	630,0	40,0	35,0	36,0	27,0	32,0	0,0554443	0,0
13	1000,0	770,0	43,0	32,0	53,0	41,0	62,0	0,408789	0,0
14	980,0	750,0	44,0	34,0	51,0	39,0	60,7	0,474404	0,429893
15	1100,0	820,0	44,5	33,5	50,0	37,0	63,0	0,385867	0,477084
16	1100,0	780,0	45,0	34,5	44,0	33,0	59,5	0,421321	0,423273

El StatAdvisor

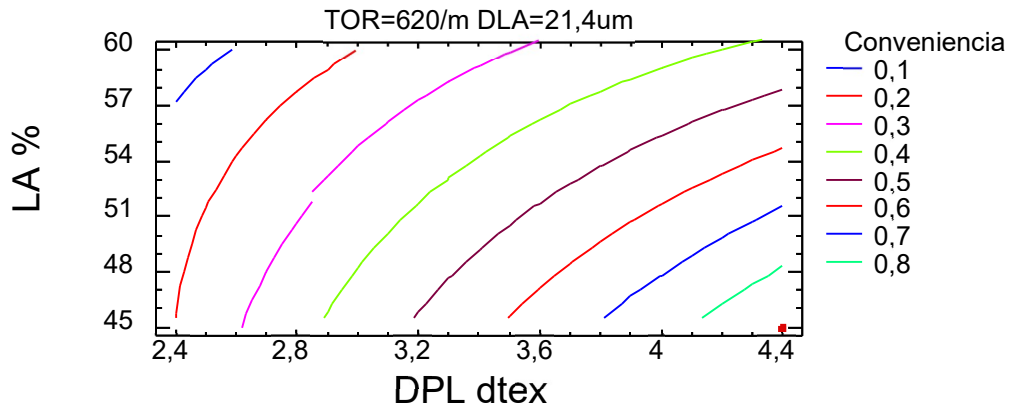
Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 RA/1000 - maximizar

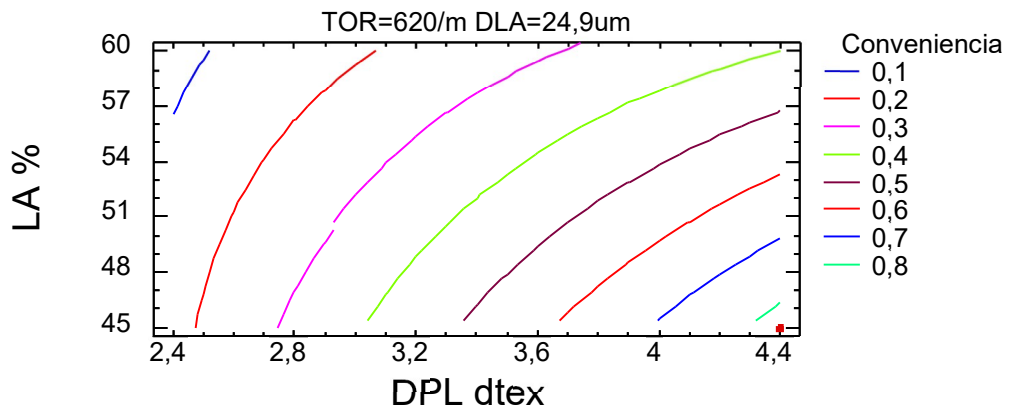
La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una **conveniencia máxima en la ejecución 6**. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares.

Anexo 2.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento Normal.

TEDIDO NORMAL-SARJA 3-CONVENIENCIA

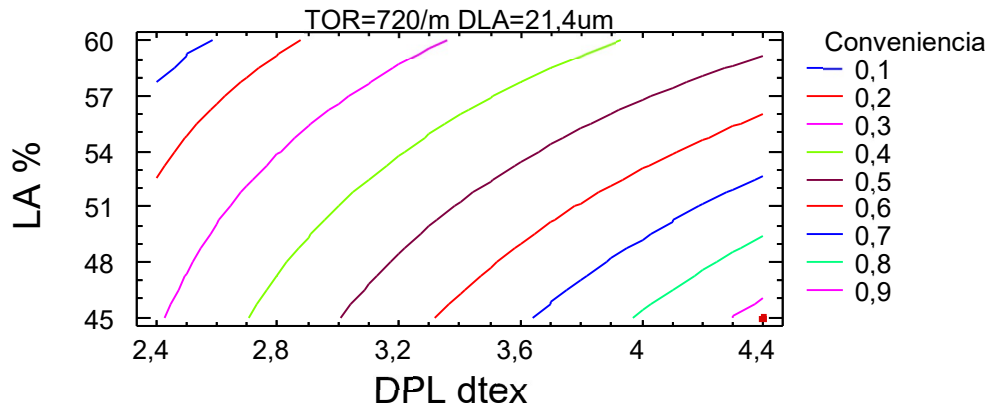


TEDIDO NORMAL-SARJA 3-CONVENIENCIA

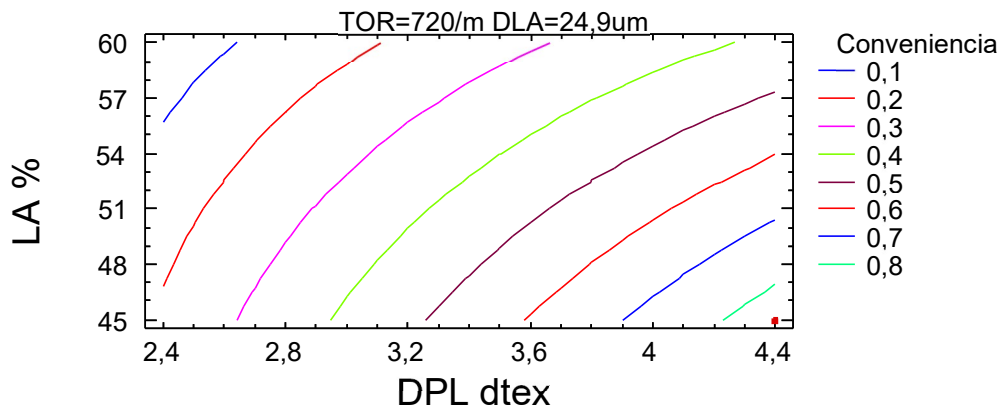


Anexo 2.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento Normal.

TEDIDO NORMAL-SARJA 3-CONVENIENCIA



TEDIDO NORMAL-SARJA 3-CONVENIENCIA



### Anexo 2.3.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>N</sub>), para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1600,0	1	1600,0	7,80	0,0383
B:DLA	25,0	1	25,0	0,12	0,7412
C:DPL	81225,0	1	81225,0	396,22	0,0000
D:LA	65025,0	1	65025,0	317,20	0,0000
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	625,0	1	625,0	3,05	0,1412
BD	625,0	1	625,0	3,05	0,1412
CD	2025,0	1	2025,0	9,88	0,0256
Error Total	1025,0	5	205,0		
Total (corr.)	152175,0	15			

R-cuadrado = 99,3264 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,9793 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 14,3178  
 Error absoluto de la media = 6,71875

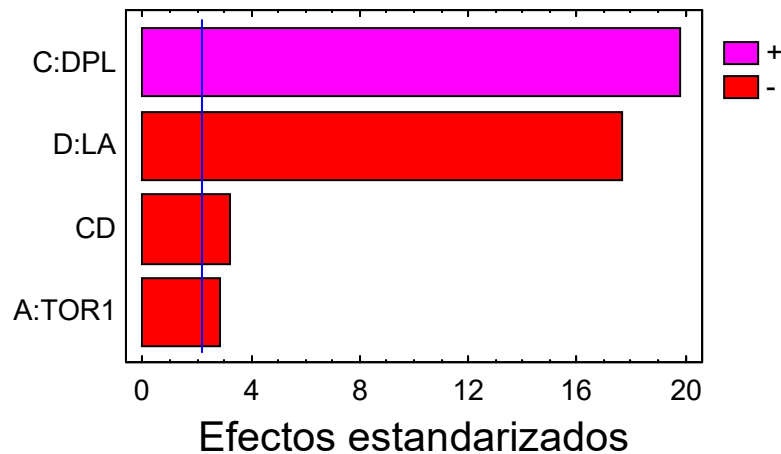
Se eliminan los efectos no significativos (p-valor > 0,05) y se rehace el análisis

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1600,0	1	1600,0	7,65	0,0183
C:DPL	81225,0	1	81225,0	388,47	0,0000
D:LA	65025,0	1	65025,0	310,99	0,0000
CD	2025,0	1	2025,0	9,68	0,0099
Error Total	2300,0	11	209,091		
Total (corr.)	152175,0	15			

R-cuadrado = 98,4886 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,939 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 14,46  
 Error absoluto de la media = 10,3125

### Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 2.3.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>N</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	900,0	1	900,0	8,18	0,0354
B:DLA	225,0	1	225,0	2,05	0,2121
C:DPL	115600,0	1	115600,0	1050,91	0,0000
D:LA	46225,0	1	46225,0	420,23	0,0000
AB	25,0	1	25,0	0,23	0,6537
AC	100,0	1	100,0	0,91	0,3841
AD	25,0	1	25,0	0,23	0,6537
BC	625,0	1	625,0	5,68	0,0629
BD	100,0	1	100,0	0,91	0,3841
CD	2025,0	1	2025,0	18,41	0,0078
Error Total	550,0	5	110,0		
-----					
Total (corr.)	166400,0	15			

R-cuadrado = 99,6695 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,0084 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 10,4881  
 Error absoluto de la media = 5,0

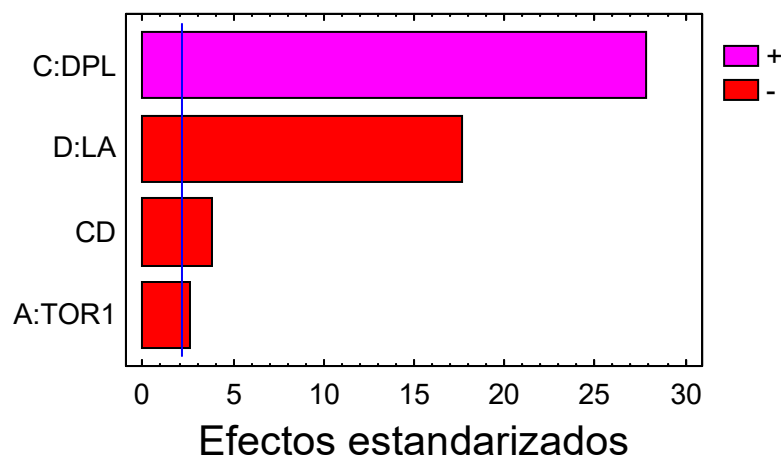
Se eliminan las variables no significativas

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	900,0	1	900,0	6,00	0,0323
C:DPL	115600,0	1	115600,0	770,67	0,0000
D:LA	46225,0	1	46225,0	308,17	0,0000
CD	2025,0	1	2025,0	13,50	0,0037
Error Total	1650,0	11	150,0		
-----					
Total (corr.)	166400,0	15			

R-cuadrado = 99,0084 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,6478 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 12,2474  
 Error absoluto de la media = 9,0625

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 2.3.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>N</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	10,5625	1	10,5625	28,17	0,0032
B:DLA	1,0	1	1,0	2,67	0,1634
C:DPL	105,063	1	105,063	280,17	0,0000
D:LA	14,0625	1	14,0625	37,50	0,0017
AB	0,5625	1	0,5625	1,50	0,2752
AC	0,25	1	0,25	0,67	0,4513
AD	0,25	1	0,25	0,67	0,4513
BC	0,5625	1	0,5625	1,50	0,2752
BD	0,5625	1	0,5625	1,50	0,2752
CD	1,0	1	1,0	2,67	0,1634
Error Total	1,875	5	0,375		
Total (corr.)	135,75	15			

R-cuadrado = 98,6188 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,8564 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,612372  
 Error absoluto de la media = 0,3125

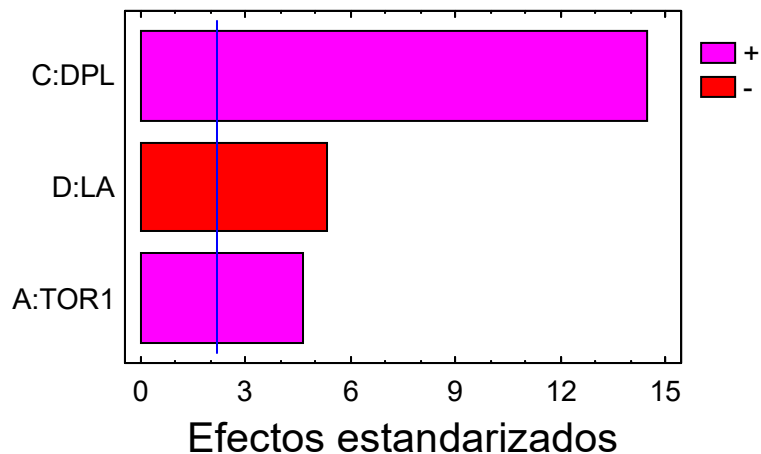
Se eliminan los efectos no significativos

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	10,5625	1	10,5625	20,91	0,0006
C:DPL	105,063	1	105,063	207,96	0,0000
D:LA	14,0625	1	14,0625	27,84	0,0002
Error Total	6,0625	12	0,505208		
Total (corr.)	135,75	15			

R-cuadrado = 95,5341 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,4176 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,71078  
 Error absoluto de la media = 0,5

### Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 2.3.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>N</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	12,25	1	12,25	21,30	0,0058
B:DLA	0,5625	1	0,5625	0,98	0,3680
C:DPL	4,0	1	4,0	6,96	0,0461
D:LA	18,0625	1	18,0625	31,41	0,0025
AB	0,5625	1	0,5625	0,98	0,3680
AC	1,0	1	1,0	1,74	0,2444
AD	0,5625	1	0,5625	0,98	0,3680
BC	0,5625	1	0,5625	0,98	0,3680
BD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
CD	1,5625	1	1,5625	2,72	0,1602
Error Total	2,875	5	0,575		
Total (corr.)	42,0	15			

R-cuadrado = 93,1548 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 79,4643 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,758288  
 Error absoluto de la media = 0,375

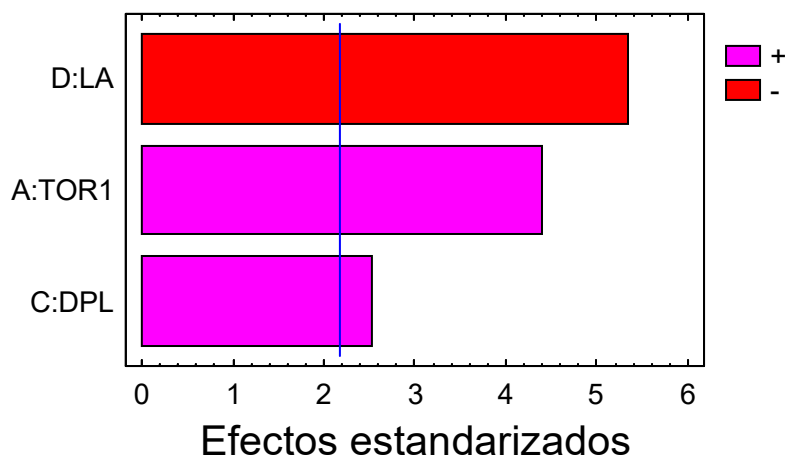
Se eliminan los efectos no significativos:

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	12,25	1	12,25	19,12	0,0009
C:DPL	4,0	1	4,0	6,24	0,0280
D:LA	18,0625	1	18,0625	28,20	0,0002
Error Total	7,6875	12	0,640625		
Total (corr.)	42,0	15			

R-cuadrado = 81,6964 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 77,1205 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,800391  
 Error absoluto de la media = 0,578125

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 2.3.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>N</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	30,25	1	30,25	5,08	0,0738
B:DLA	156,25	1	156,25	26,26	0,0037
C:DPL	196,0	1	196,0	32,94	0,0022
D:LA	625,0	1	625,0	105,04	0,0002
AB	6,25	1	6,25	1,05	0,3524
AC	9,0	1	9,0	1,51	0,2735
AD	4,0	1	4,0	0,67	0,4496
BC	1,0	1	1,0	0,17	0,6988
BD	16,0	1	16,0	2,69	0,1620
CD	20,25	1	20,25	3,40	0,1244
Error Total	29,75	5	5,95		
Total (corr.)	1093,75	15			

R-cuadrado = 97,28 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 91,84 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,43926  
 Error absoluto de la media = 1,15625

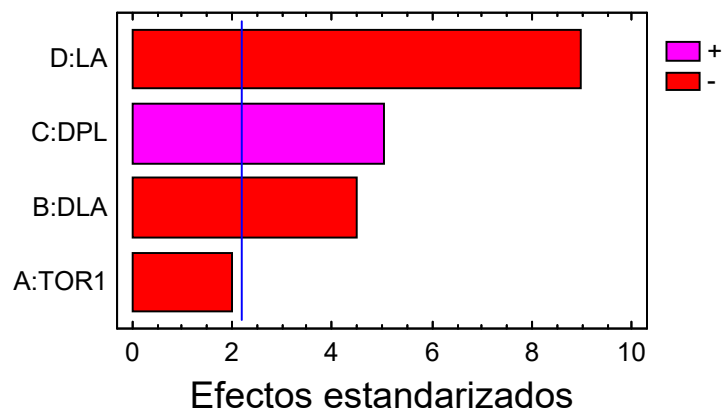
Se eliminan las interacciones significativas (aunque se mantienen el efecto de la TOR1 que se podría eliminar):

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	30,25	1	30,25	3,86	0,0753
B:DLA	156,25	1	156,25	19,93	0,0010
C:DPL	196,0	1	196,0	25,00	0,0004
D:LA	625,0	1	625,0	79,71	0,0000
Error Total	86,25	11	7,84091		
Total (corr.)	1093,75	15			

R-cuadrado = 92,1143 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 89,2468 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,80016  
 Error absoluto de la media = 1,71875

Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 2.3.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>N</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	16,0	1	16,0	8,00	0,0367
B:DLA	169,0	1	169,0	84,50	0,0003
C:DPL	210,25	1	210,25	105,13	0,0002
D:LA	441,0	1	441,0	220,50	0,0000
AB	1,0	1	1,0	0,50	0,5111
AC	0,25	1	0,25	0,13	0,7381
AD	1,0	1	1,0	0,50	0,5111
BC	12,25	1	12,25	6,13	0,0562
BD	9,0	1	9,0	4,50	0,0874
CD	12,25	1	12,25	6,13	0,0562
Error Total	10,0	5	2,0		
Total (corr.)	882,0	15			

R-cuadrado = 98,8662 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,5986 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,41421  
 Error absoluto de la media = 0,65625

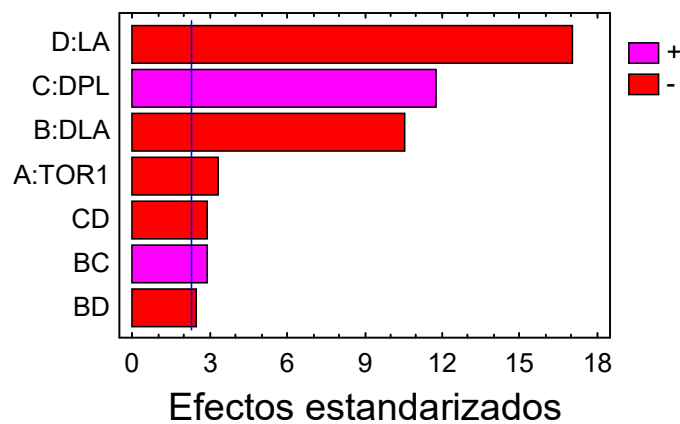
Se eliminan las interacciones no significativas y se mantienen las que tienen un p-value por debajo del 10% porque los efectos principales que involucran son muy significativos.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	16,0	1	16,0	10,45	0,0120
B:DLA	169,0	1	169,0	110,37	0,0000
C:DPL	210,25	1	210,25	137,31	0,0000
D:LA	441,0	1	441,0	288,00	0,0000
BC	12,25	1	12,25	8,00	0,0222
BD	9,0	1	9,0	5,88	0,0416
CD	12,25	1	12,25	8,00	0,0222
Error Total	12,25	8	1,53125		
Total (corr.)	882,0	15			

R-cuadrado = 98,6111 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,3958 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,23744  
 Error absoluto de la media = 0,71875

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 2.3.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>N</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,140625	1	0,140625	2,14	0,2031
B:DLA	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
C:DPL	0,140625	1	0,140625	2,14	0,2031
D:LA	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
AB	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
AC	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
AD	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
BC	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
BD	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
CD	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
Error Total	0,328125	5	0,065625		
Total (corr.)	0,734375	15			

R-cuadrado = 55,3191 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 0,0 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,256174  
 Error absoluto de la media = 0,117188

No aparece ningún efecto significativo. Se eliminarán del modelo los efectos e interacciones con nivel de probabilidad más elevado para ver si TOR y DPL alcanzan alguna significación:

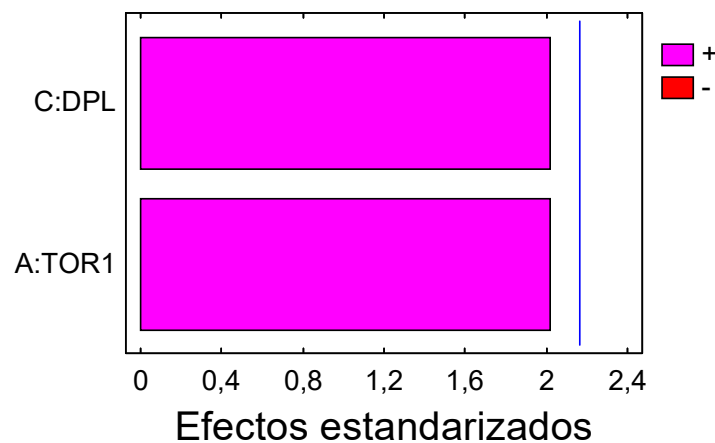
Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,140625	1	0,140625	4,03	0,0658
C:DPL	0,140625	1	0,140625	4,03	0,0658
Error Total	0,453125	13	0,0348558		
Total (corr.)	0,734375	15			

R-cuadrado = 38,2979 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 28,8052 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,186697  
 Error absoluto de la media = 0,128906

El valor de R2 es muy bajo (38,3%)

### Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 2.3.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>N</sub>) para o ligamento de tafetá com acabamento Normal.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,4225	1	0,4225	0,07	0,8073
B:DLA	5,0625	1	5,0625	0,79	0,4142
C:DPL	6241,0	1	6241,0	976,84	0,0000
D:LA	368,64	1	368,64	57,70	0,0006
AB	0,01	1	0,01	0,00	0,9700
AC	2,1025	1	2,1025	0,33	0,5910
AD	0,0625	1	0,0625	0,01	0,9251
BC	2,4025	1	2,4025	0,38	0,5666
BD	0,9025	1	0,9025	0,14	0,7225
CD	18,49	1	18,49	2,89	0,1496
Error Total	31,945	5	6,389		
Total (corr.)	6671,04	15			

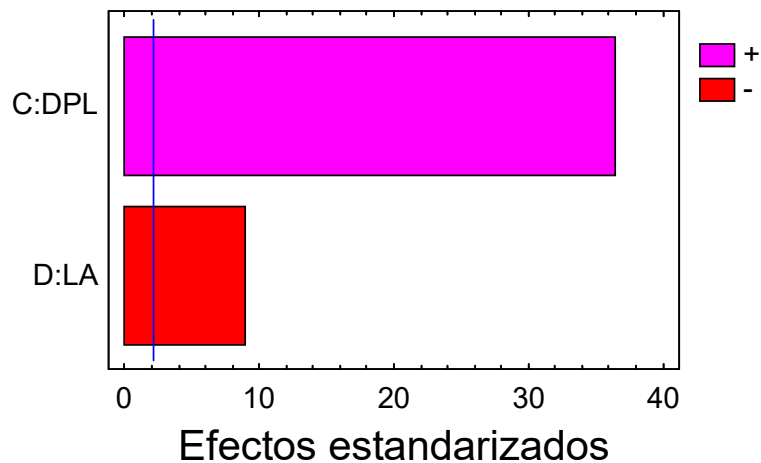
R-cuadrado = 99,5211 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,5634 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,52765  
 Error absoluto de la media = 1,325

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	6241,0	1	6241,0	1321,38	0,0000
D:LA	368,64	1	368,64	78,05	0,0000
Error Total	61,4	13	4,72308		
Total (corr.)	6671,04	15			

R-cuadrado = 99,0796 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,938 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,17326  
 Error absoluto de la media = 1,6125

### Gráfico de Pareto estandarizado para RA



## Anexo 2.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

Optimizaci3n de Respuesta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\NORM\_TAFETA.sfx

Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 PFB  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	560,0	860,0
FRTT	510,0	820,0
ARTB	34,5	43,5
ARTT	37,0	43,0
RRB	27,0	56,0
RRT	24,0	50,0
PFB	3,5	4,5
RA/1000	32,0	85,0

Respuesta	Conveniencias		Objetivo	Pesos		Impacto
	Bajo	Alto		Primero	Segundo	
FRTB	560,0	860,0	Maximizar	1,0		3,0
FRTT	510,0	820,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTB	34,0	43,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTT	37,0	43,0	Maximizar	1,0		3,0
RRB	27,0	56,0	Maximizar	1,0		3,0
RRT	24,0	50,0	Maximizar	1,0		3,0
PFB	3,0	4,0	Maximizar	1,0		3,0
RA/1000	32,0	85,0	Maximizar	1,0		3,0

Anexo 2.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA/1000	Pronosticado Conveniencia	Observado Conveniencia
1	690,0	630,0	36,0	39,5	49,0	43,0	3,5	47,3	0,441676	0,433312
2	680,0	610,0	38,0	40,0	40,0	40,0	4,0	44,7	0,487907	0,456786
3	690,0	620,0	35,5	38,5	44,0	38,0	4,0	45,3	0,401057	0,387416
4	650,0	590,0	37,5	41,0	40,0	34,0	4,0	48,0	0,436164	0,424009
5	860,0	820,0	41,0	40,5	56,0	50,0	4,0	82,0	0,890167	0,899359
6	840,0	800,0	43,5	43,0	55,0	50,0	4,5	84,7	0,933906	0,978185
7	840,0	800,0	42,0	39,5	50,0	47,0	4,0	85,0	0,85088	0,830757
8	830,0	800,0	43,0	42,5	49,0	44,0	4,0	83,0	0,886526	0,900758
9	590,0	550,0	34,5	38,5	40,0	36,0	4,0	32,0	0,107152	0,0
10	570,0	530,0	37,5	39,5	37,0	35,0	4,0	34,0	0,13355	0,192915
11	570,0	520,0	34,5	37,0	28,0	25,0	3,5	38,0	0,0753273	0,0
12	560,0	510,0	35,0	38,0	27,0	24,0	4,0	34,3	0,0540191	0,0
13	690,0	670,0	40,0	37,5	42,0	39,0	4,0	76,7	0,543094	0,486288
14	660,0	660,0	40,5	39,0	39,0	37,0	4,0	75,7	0,593027	0,534121
15	720,0	690,0	39,0	38,0	35,0	34,0	4,0	74,0	0,479784	0,47073
16	700,0	680,0	40,5	40,0	35,0	32,0	4,0	78,5	0,508664	0,53668

El StatAdvisor

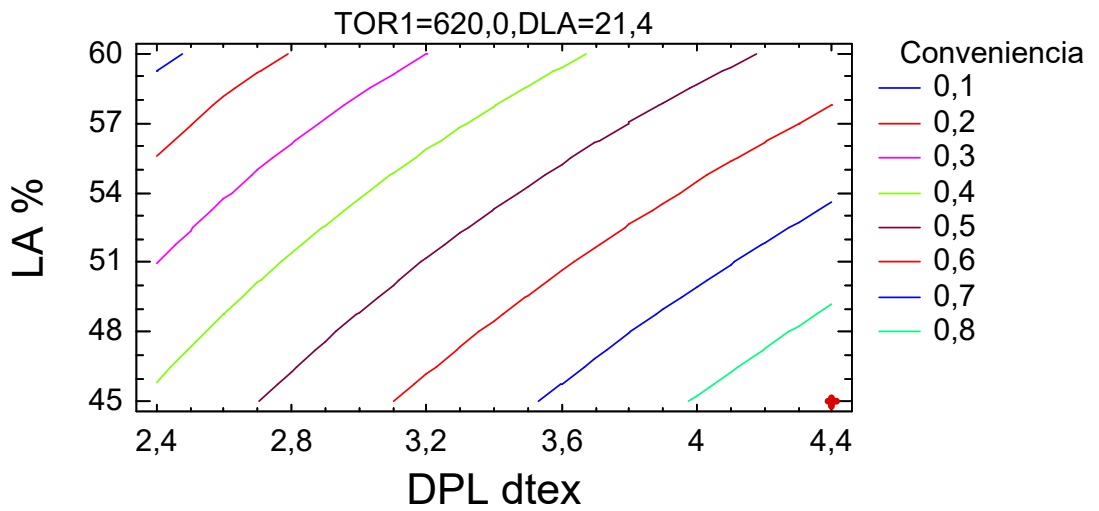
Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

- FRTB - maximizar
- FRTT - maximizar
- ARTB - maximizar
- ARTT - maximizar
- RRB - maximizar
- RRT - maximizar
- PFB - maximizar
- RA/1000 - maximizar

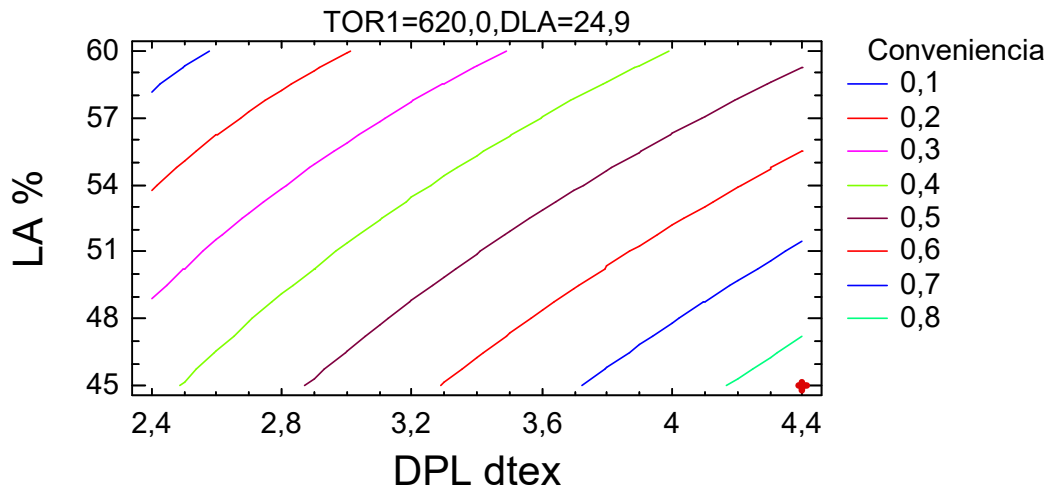
La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una conveniencia máxima en la ejecución 6. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares.

Anexo 2.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

TECIDO NORMAL - TAFETÁ - CONVENIENCIA

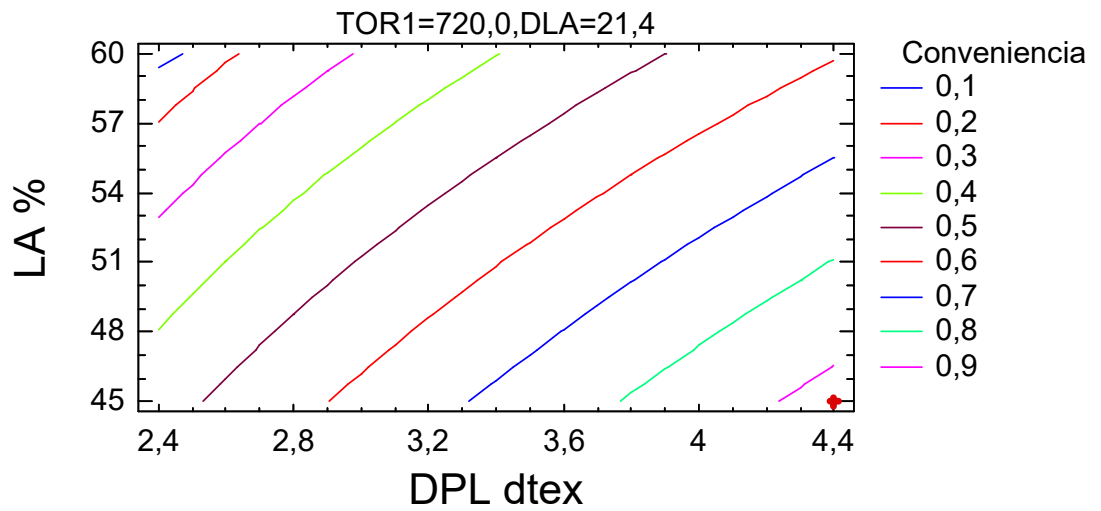


TECIDO NORMAL - TAFETÁ - CONVENIENCIA

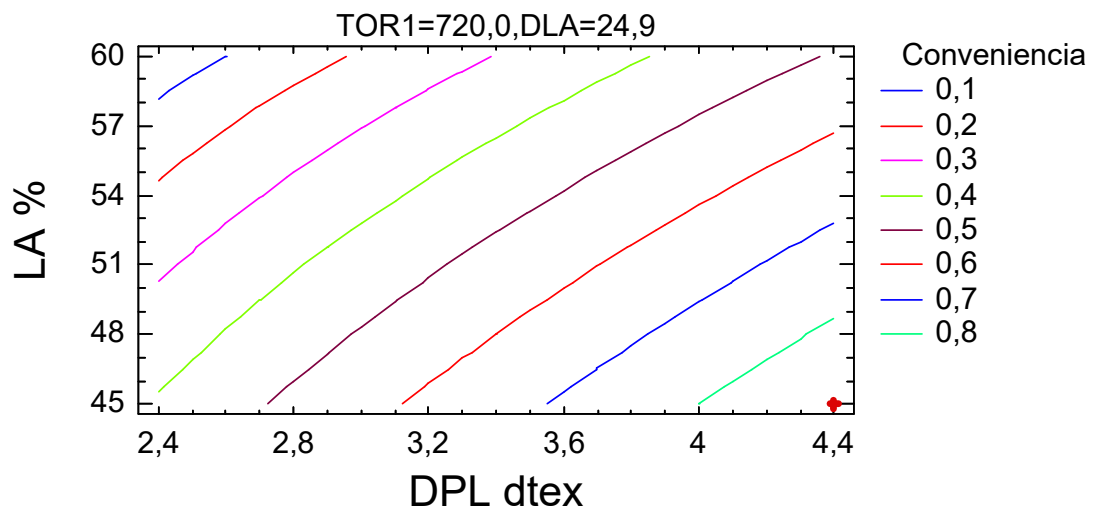


Anexo 2.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento Normal.

TECIDO NORMAL - TAFETÁ - CONVENIENCIA



TECIDO NORMAL - TAFETÁ - CONVENIENCIA



### Anexo 3.1.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>TIRR</sub>), para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	156,25	1	156,25	0,14	0,7248
B:DLA	306,25	1	306,25	0,27	0,6243
C:DPL	170156,0	1	170156,0	151,08	0,0001
D:LA	170156,0	1	170156,0	151,08	0,0001
AB	1056,25	1	1056,25	0,94	0,3773
AC	3906,25	1	3906,25	3,47	0,1216
AD	1406,25	1	1406,25	1,25	0,3146
BC	4556,25	1	4556,25	4,05	0,1005
BD	1056,25	1	1056,25	0,94	0,3773
CD	18906,3	1	18906,3	16,79	0,0094
Error Total	5631,25	5	1126,25		
Total (corr.)	377294,0	15			

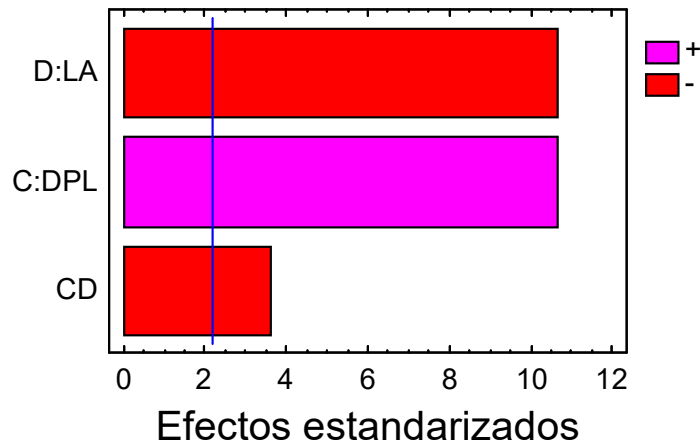
R-cuadrado = 98,5075 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,5224 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 33,5596  
 Error absoluto de la media = 16,875

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	170156,0	1	170156,0	112,97	0,0000
D:LA	170156,0	1	170156,0	112,97	0,0000
CD	18906,3	1	18906,3	12,55	0,0040
Error Total	18075,0	12	1506,25		
Total (corr.)	377294,0	15			

R-cuadrado = 95,2093 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,0116 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 38,8104  
 Error absoluto de la media = 24,6875

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 3.1.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	6,25	1	6,25	0,04	0,8539
B:DLA	306,25	1	306,25	1,84	0,2328
C:DPL	124256,0	1	124256,0	747,41	0,0000
D:LA	79806,3	1	79806,3	480,04	0,0000
AB	306,25	1	306,25	1,84	0,2328
AC	506,25	1	506,25	3,05	0,1414
AD	56,25	1	56,25	0,34	0,5860
BC	1406,25	1	1406,25	8,46	0,0335
BD	3906,25	1	3906,25	23,50	0,0047
CD	2756,25	1	2756,25	16,58	0,0096
Error Total	831,25	5	166,25		
Total (corr.)	214144,0	15			

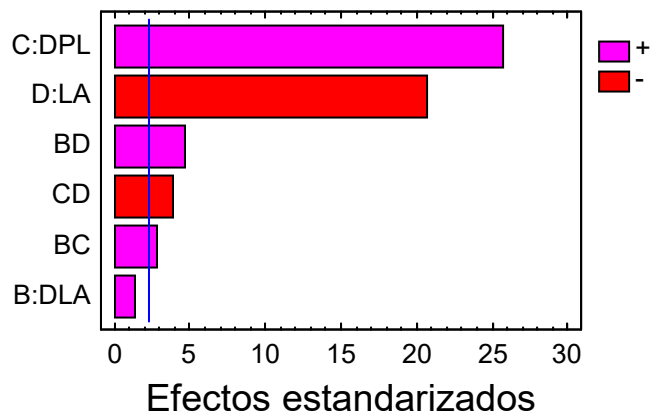
R-cuadrado = 99,6118 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,8355 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 12,8938  
 Error absoluto de la media = 5,9375

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	306,25	1	306,25	1,62	0,2356
C:DPL	124256,0	1	124256,0	655,42	0,0000
D:LA	79806,3	1	79806,3	420,96	0,0000
BC	1406,25	1	1406,25	7,42	0,0235
BD	3906,25	1	3906,25	20,60	0,0014
CD	2756,25	1	2756,25	14,54	0,0041
Error Total	1706,25	9	189,583		
Total (corr.)	214144,0	15			

R-cuadrado = 99,2032 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,672 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 13,7689  
 Error absoluto de la media = 8,51563

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 3.1.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	12,25	1	12,25	30,63	0,0026
B:DLA	0,25	1	0,25	0,63	0,4650
C:DPL	138,063	1	138,063	345,16	0,0000
D:LA	9,0	1	9,0	22,50	0,0051
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	0,0625	1	0,0625	0,16	0,7089
AD	2,25	1	2,25	5,63	0,0638
BC	5,0625	1	5,0625	12,66	0,0163
BD	0,25	1	0,25	0,63	0,4650
CD	5,0625	1	5,0625	12,66	0,0163
Error Total	2,0	5	0,4		
Total (corr.)	174,25	15			

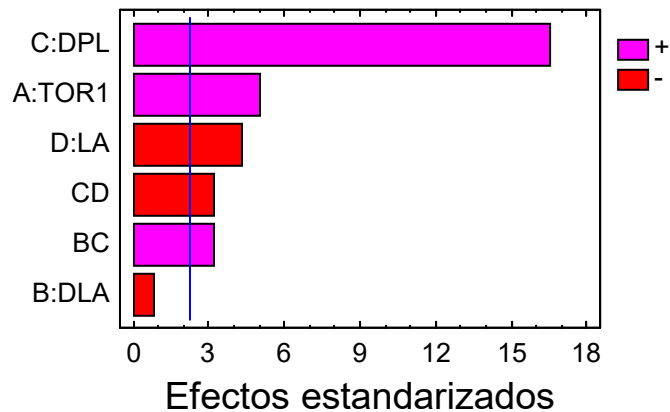
R-cuadrado = 98,8522 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,5567 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,632456  
 Error absoluto de la media = 0,28125

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	12,25	1	12,25	24,16	0,0008
B:DLA	0,25	1	0,25	0,49	0,5003
C:DPL	138,063	1	138,063	272,34	0,0000
D:LA	9,0	1	9,0	17,75	0,0023
BC	5,0625	1	5,0625	9,99	0,0115
CD	5,0625	1	5,0625	9,99	0,0115
Error Total	4,5625	9	0,506944		
Total (corr.)	174,25	15			

R-cuadrado = 97,3816 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,6361 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,712  
 Error absoluto de la media = 0,476563

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 3.1.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,76563	1	9,76563	15,86	0,0105
B:DLA	0,390625	1	0,390625	0,63	0,4618
C:DPL	1,26563	1	1,26563	2,06	0,2111
D:LA	15,0156	1	15,0156	24,39	0,0043
AB	0,140625	1	0,140625	0,23	0,6529
AC	0,140625	1	0,140625	0,23	0,6529
AD	0,140625	1	0,140625	0,23	0,6529
BC	0,140625	1	0,140625	0,23	0,6529
BD	1,26563	1	1,26563	2,06	0,2111
CD	1,89063	1	1,89063	3,07	0,1401
Error Total	3,07813	5	0,615625		
Total (corr.)	33,2344	15			

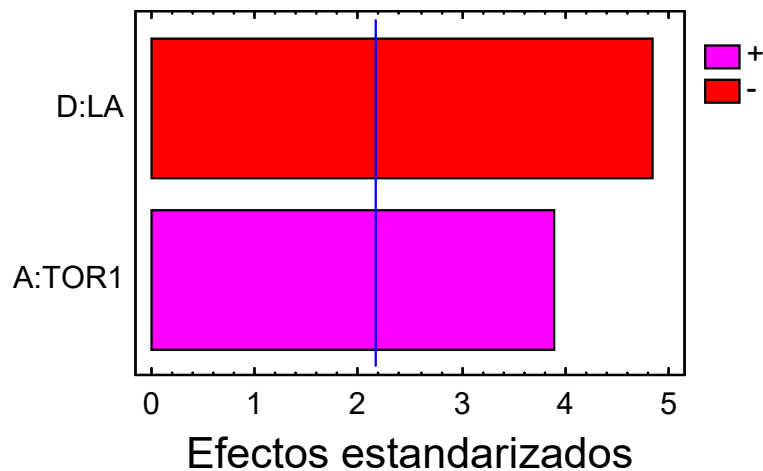
R-cuadrado = 90,7381 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 72,2144 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,784618  
 Error absoluto de la media = 0,40625

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,76563	1	9,76563	15,02	0,0019
D:LA	15,0156	1	15,0156	23,09	0,0003
Error Total	8,45313	13	0,65024		
Total (corr.)	33,2344	15			

R-cuadrado = 74,5651 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 70,6521 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,806375  
 Error absoluto de la media = 0,578125

### Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 3.1.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	30,25	1	30,25	1,67	0,2532
B:DLA	289,0	1	289,0	15,92	0,0104
C:DPL	1332,25	1	1332,25	73,40	0,0004
D:LA	1156,0	1	1156,0	63,69	0,0005
AB	64,0	1	64,0	3,53	0,1192
AC	6,25	1	6,25	0,34	0,5828
AD	4,0	1	4,0	0,22	0,6585
BC	36,0	1	36,0	1,98	0,2181
BD	2,25	1	2,25	0,12	0,7391
CD	49,0	1	49,0	2,70	0,1613
Error Total	90,75	5	18,15		
-----					
Total (corr.)	3059,75	15			

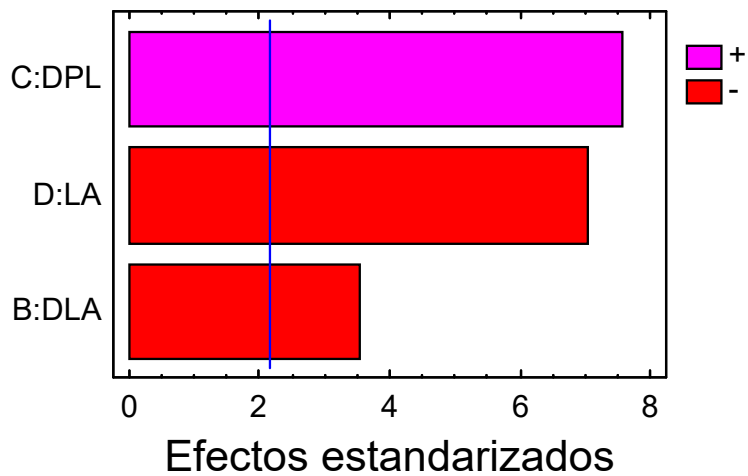
R-cuadrado = 97,0341 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 91,1022 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 4,26028  
 Error absoluto de la media = 1,9375

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	289,0	1	289,0	12,28	0,0044
C:DPL	1332,25	1	1332,25	56,59	0,0000
D:LA	1156,0	1	1156,0	49,10	0,0000
Error Total	282,5	12	23,5417		
-----					
Total (corr.)	3059,75	15			

R-cuadrado = 90,7672 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 88,459 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 4,85198  
 Error absoluto de la media = 3,40625

### Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 3.1.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	27,5625	1	27,5625	7,96	0,0370
B:DLA	175,563	1	175,563	50,70	0,0008
C:DPL	945,563	1	945,563	273,09	0,0000
D:LA	564,063	1	564,063	162,91	0,0001
AB	1,5625	1	1,5625	0,45	0,5315
AC	0,5625	1	0,5625	0,16	0,7036
AD	1,5625	1	1,5625	0,45	0,5315
BC	18,0625	1	18,0625	5,22	0,0712
BD	0,5625	1	0,5625	0,16	0,7036
CD	10,5625	1	10,5625	3,05	0,1411
Error Total	17,3125	5	3,4625		
Total (corr.)	1762,94	15			

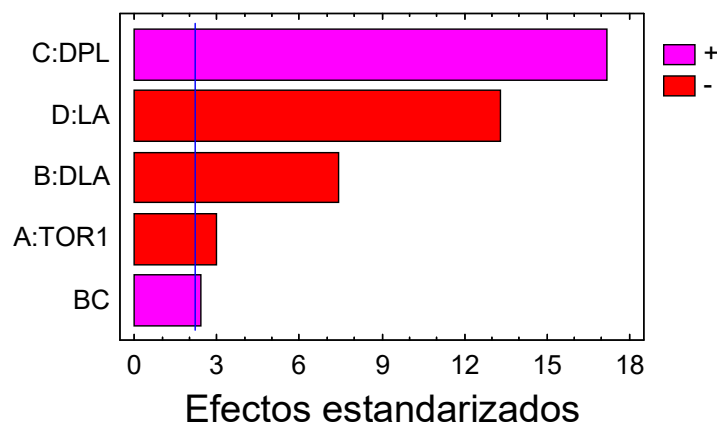
R-cuadrado = 99,018 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,0539 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,86078  
 Error absoluto de la media = 0,84375

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	27,5625	1	27,5625	8,58	0,0151
B:DLA	175,563	1	175,563	54,65	0,0000
C:DPL	945,563	1	945,563	294,34	0,0000
D:LA	564,063	1	564,063	175,58	0,0000
BC	18,0625	1	18,0625	5,62	0,0392
Error Total	32,125	10	3,2125		
Total (corr.)	1762,94	15			

R-cuadrado = 98,1778 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,2666 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,79234  
 Error absoluto de la media = 1,14063

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 3.1.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1,5625	1	1,5625	31,25	0,0025
B:DLA	0,5625	1	0,5625	11,25	0,0202
C:DPL	0,0625	1	0,0625	1,25	0,3144
D:LA	0,5625	1	0,5625	11,25	0,0202
AB	0,25	1	0,25	5,00	0,0756
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,25	1	0,25	5,00	0,0756
BC	0,25	1	0,25	5,00	0,0756
BD	0,25	1	0,25	5,00	0,0756
CD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
Error Total	0,25	5	0,05		
-----					
Total (corr.)	4,0	15			

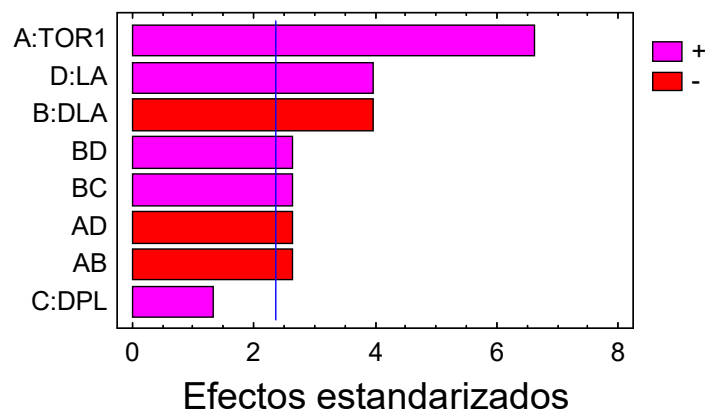
R-cuadrado = 93,75 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 81,25 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,223607  
 Error absoluto de la media = 0,09375

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1,5625	1	1,5625	43,75	0,0003
B:DLA	0,5625	1	0,5625	15,75	0,0054
C:DPL	0,0625	1	0,0625	1,75	0,2275
D:LA	0,5625	1	0,5625	15,75	0,0054
AB	0,25	1	0,25	7,00	0,0331
AD	0,25	1	0,25	7,00	0,0331
BC	0,25	1	0,25	7,00	0,0331
BD	0,25	1	0,25	7,00	0,0331
Error Total	0,25	7	0,0357143		
-----					
Total (corr.)	4,0	15			

R-cuadrado = 93,75 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 86,6071 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,188982  
 Error absoluto de la media = 0,09375

Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 3.1.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para RA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	330625,0	1	330625,0	0,02	0,8947
B:DLA	2,09306E7	1	2,09306E7	1,23	0,3182
C:DPL	7,68691E9	1	7,68691E9	451,07	0,0000
D:LA	7,57626E8	1	7,57626E8	44,46	0,0011
AB	1,35056E7	1	1,35056E7	0,79	0,4141
AC	5,88063E6	1	5,88063E6	0,35	0,5824
AD	1,04006E7	1	1,04006E7	0,61	0,4700
BC	1,17306E7	1	1,17306E7	0,69	0,4445
BD	50625,0	1	50625,0	0,00	0,9586
CD	4,25756E7	1	4,25756E7	2,50	0,1748
Error Total	8,52081E7	5	1,70416E7		
-----					
Total (corr.)	8,63514E9	15			

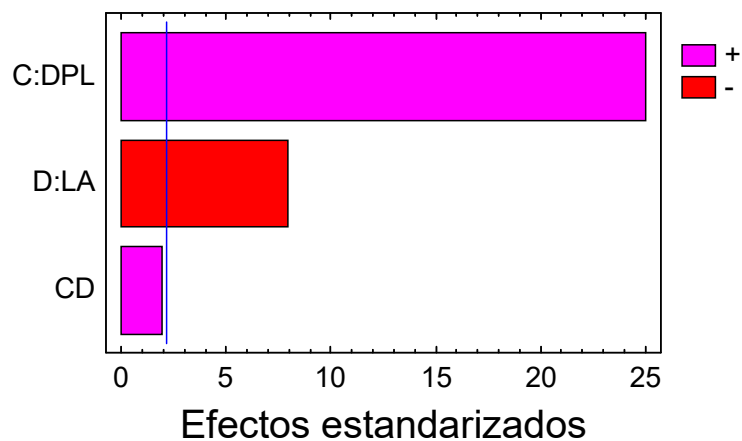
R-cuadrado = 99,0132 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,0397 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 4128,15  
 Error absoluto de la media = 1850,78

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	7686,91	1	7686,91	623,10	0,0000
D:LA	757,626	1	757,626	61,41	0,0000
CD	42,5756	1	42,5756	3,45	0,0879
Error Total	148,037	12	12,3365		
-----					
Total (corr.)	8635,14	15			

R-cuadrado = 98,2856 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,857 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,51233  
 Error absoluto de la media = 1,95312

Gráfico de Pareto estandarizado para RA/1000



### Anexo 3.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRR.

Optimizaci3n de Respuesta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\TIRR\_SARJA4.sfx

Datos/Variables:

FRTB  
 FRIT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 PFB  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	840,0	1300,0
FRIT	600,0	950,0
ARTB	40,0	51,0
ARTT	29,5	35,0
RRB	46,0	99,0
RRT	39,0	78,0
PFB	2,5	4,5
RA/1000	38,0	98,0

Respuesta	Conveniencias		Objetivo	Pesos		Impacto
	Bajo	Alto		Primero	Segundo	
FRTB	840,0	1300,0	Maximizar	1,0		3,0
FRIT	600,0	950,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTB	40,0	51,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTT	29,0	35,0	Maximizar	1,0		3,0
RRB	46,0	99,0	Maximizar	1,0		3,0
RRT	39,0	78,0	Maximizar	1,0		3,0
PFB	2,0	4,0	Maximizar	1,0		3,0
RA/1000	38,0	98,0	Maximizar	1,0		3,0

## Anexo 3.1.9 - Optimización de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 con acabamento TIRR.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA/1000	Pronosticado Conveniencia	Observado Conveniencia
1	1000,0	750,0	41,0	31,0	73,0	61,0	3,0	57,5	0,414687	0,347153
2	1100,0	750,0	44,0	33,0	69,0	59,0	4,5	53,0	0,499797	0,488958
3	1000,0	710,0	41,0	32,0	62,0	52,0	2,5	59,0	0,277335	0,285183
4	1000,0	720,0	42,5	33,5	64,0	50,0	3,0	57,2	0,375147	0,364495
5	1300,0	930,0	47,5	33,5	99,0	78,0	3,0	96,0	0,784654	0,833543
6	1300,0	950,0	50,0	35,0	86,0	72,0	4,0	97,0	0,913442	0,932326
7	1300,0	940,0	48,0	32,0	81,0	69,0	3,0	98,0	0,748332	0,739796
8	1300,0	920,0	51,0	34,0	89,0	71,0	3,5	98,0	0,851362	0,886196
9	910,0	600,0	42,0	30,0	63,0	50,0	3,5	40,0	0,127145	0,0
10	900,0	620,0	43,5	32,0	59,0	49,0	4,0	41,0	0,154661	0,209627
11	840,0	620,0	40,0	30,5	46,0	43,0	3,5	38,0	0,07484	0,0
12	900,0	630,0	41,5	32,0	46,0	39,0	3,5	39,6	0,0	0,0
13	1000,0	740,0	46,0	29,5	73,0	63,0	3,5	78,0	0,483251	0,421236
14	1000,0	730,0	46,0	31,0	67,0	59,0	4,0	89,0	0,571994	0,502372
15	1100,0	820,0	46,5	31,5	69,0	59,0	3,5	93,0	0,494829	0,583205
16	1000,0	780,0	47,5	32,0	64,0	55,0	4,0	87,0	0,559191	0,537233

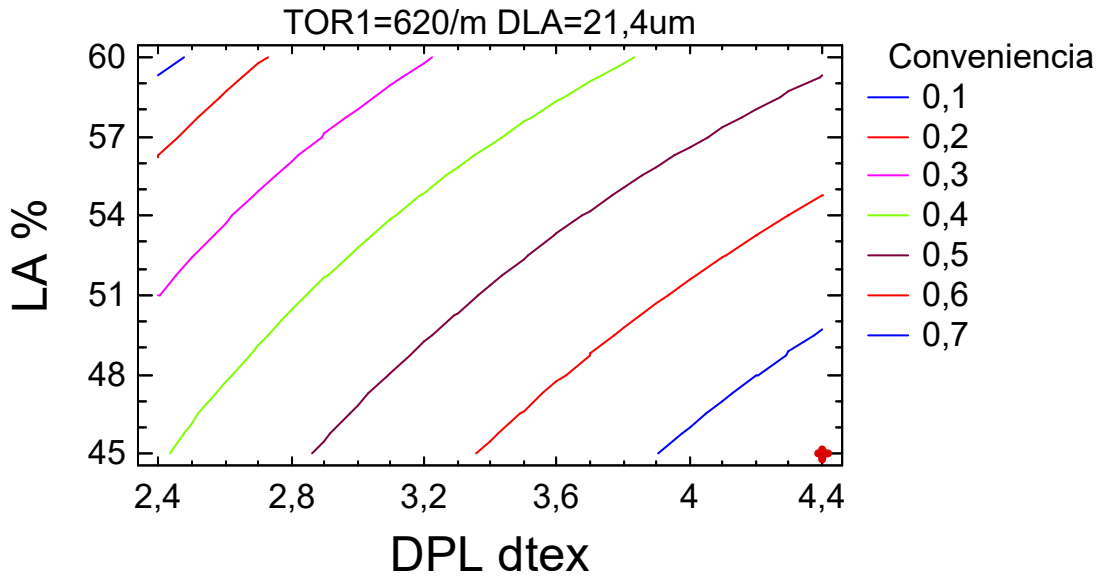
Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 PFB - maximizar  
 RA/1000 - maximizar

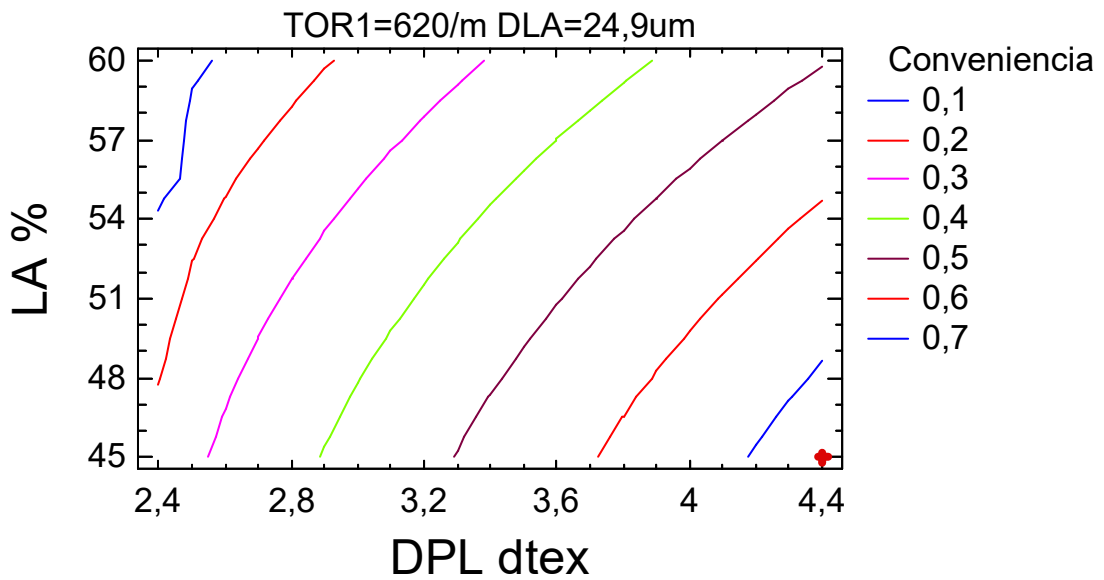
La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una **conveniencia máxima en la ejecución 6**. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares.

Anexo 3.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRR.

TIRR - SARJA 4 - CONVENIENCIA

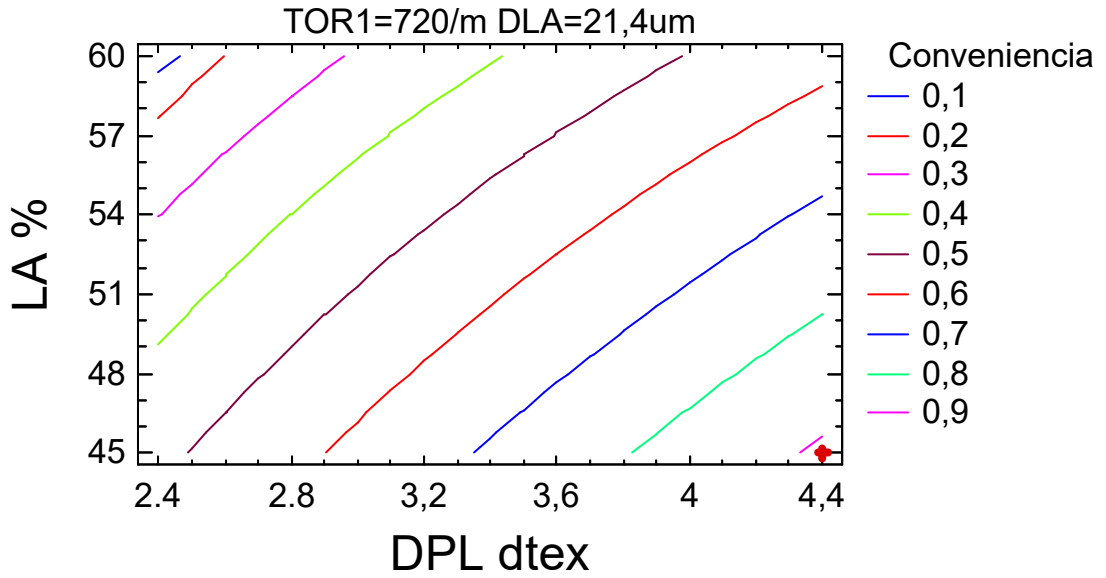


TIRR - SARJA 4 - CONVENIENCIA

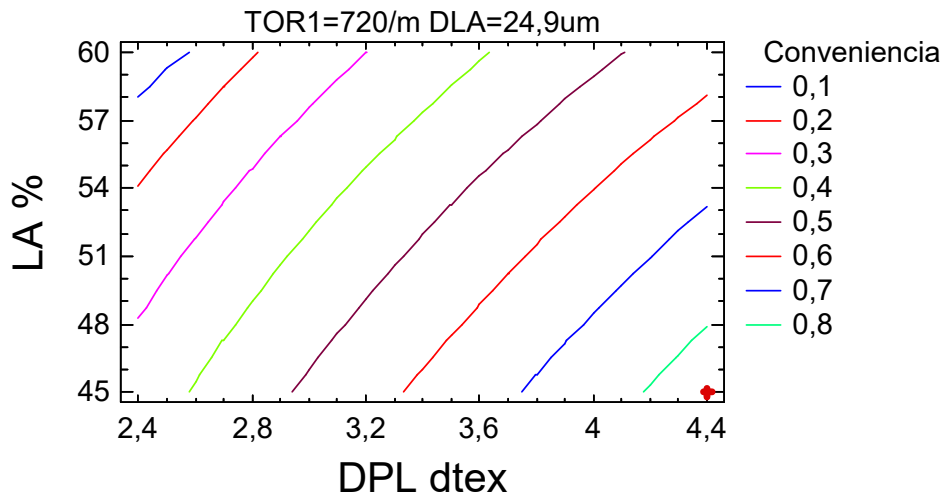


Anexo 3.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRR

TIRR - SARJA 4 - CONVENIENCIA



TIRR - SARJA 4 - CONVENIENCIA



### Anexo 3.2.1 - Análise de variância para a resistencia à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>TIRR</sub>), para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	156,25	1	156,25	0,80	0,4131
B:DLA	156,25	1	156,25	0,80	0,4131
C:DPL	158006,0	1	158006,0	805,13	0,0000
D:LA	113906,0	1	113906,0	580,41	0,0000
AB	156,25	1	156,25	0,80	0,4131
AC	6,25	1	6,25	0,03	0,8654
AD	156,25	1	156,25	0,80	0,4131
BC	756,25	1	756,25	3,85	0,1069
BD	506,25	1	506,25	2,58	0,1692
CD	10506,3	1	10506,3	53,54	0,0007
Error Total	981,25	5	196,25		

Total (corr.) 285294,0 15

R-cuadrado = 99,6561 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,9682 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 14,0089  
 Error absoluto de la media = 6,5625

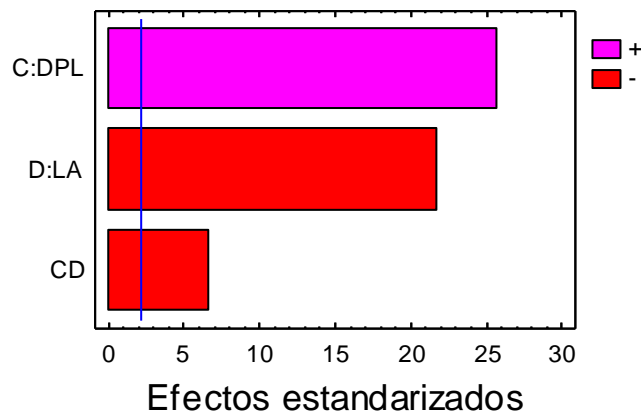
Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	158006,0	1	158006,0	659,50	0,0000
D:LA	113906,0	1	113906,0	475,43	0,0000
CD	10506,3	1	10506,3	43,85	0,0000
Error Total	2875,0	12	239,583		

Total (corr.) 285294,0 15

R-cuadrado = 98,9923 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,7403 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 15,4785  
 Error absoluto de la media = 9,375

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 3.2.2 - Análise de variância para a resistencia à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	400,0	1	400,0	10,00	0,0250
B:DLA	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
C:DPL	105625,0	1	105625,0	2640,63	0,0000
D:LA	40000,0	1	40000,0	1000,00	0,0000
AB	900,0	1	900,0	22,50	0,0051
AC	225,0	1	225,0	5,63	0,0638
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	1225,0	1	1225,0	30,63	0,0026
BD	900,0	1	900,0	22,50	0,0051
CD	4225,0	1	4225,0	105,63	0,0001
Error Total	200,0	5	40,0		

Total (corr.) 153800,0 15

R-cuadrado = 99,87 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,6099 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 6,32456  
 Error absoluto de la media = 2,8125

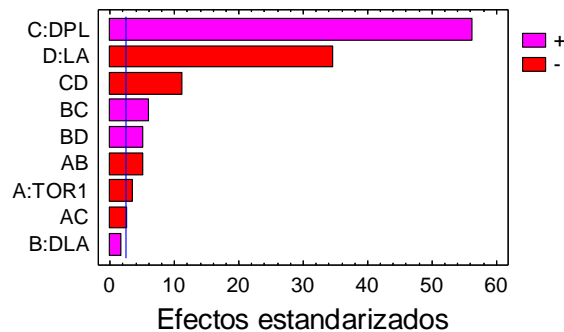
Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	400,0	1	400,0	12,00	0,0134
B:DLA	100,0	1	100,0	3,00	0,1340
C:DPL	105625,0	1	105625,0	3168,75	0,0000
D:LA	40000,0	1	40000,0	1200,00	0,0000
AB	900,0	1	900,0	27,00	0,0020
AC	225,0	1	225,0	6,75	0,0408
BC	1225,0	1	1225,0	36,75	0,0009
BD	900,0	1	900,0	27,00	0,0020
CD	4225,0	1	4225,0	126,75	0,0000
Error Total	200,0	6	33,3333		

Total (corr.) 153800,0 15

R-cuadrado = 99,87 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,6749 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 5,7735  
 Error absoluto de la media = 2,8125

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 3.2.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,0	1	9,0	7,66	0,0395
B:DLA	0,5625	1	0,5625	0,48	0,5198
C:DPL	169,0	1	169,0	143,83	0,0001
D:LA	33,0625	1	33,0625	28,14	0,0032
AB	1,5625	1	1,5625	1,33	0,3010
AC	0,25	1	0,25	0,21	0,6640
AD	1,5625	1	1,5625	1,33	0,3010
BC	3,0625	1	3,0625	2,61	0,1674
BD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
CD	22,5625	1	22,5625	19,20	0,0071
Error Total	5,875	5	1,175		
-----					
Total (corr.)	246,5	15			

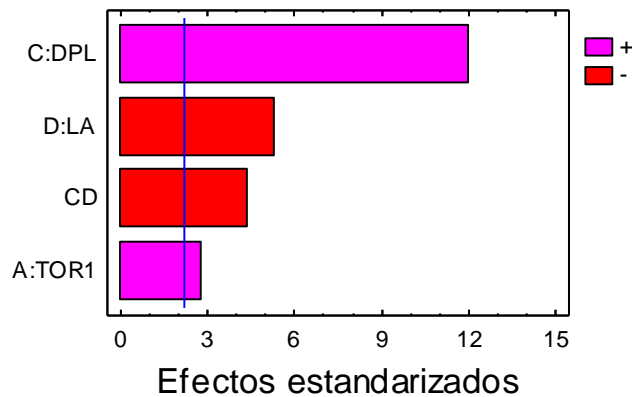
R-cuadrado = 97,6166 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,8499 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,08397

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,0	1	9,0	7,69	0,0181
C:DPL	169,0	1	169,0	144,39	0,0000
D:LA	33,0625	1	33,0625	28,25	0,0002
CD	22,5625	1	22,5625	19,28	0,0011
Error Total	12,875	11	1,17045		
-----					
Total (corr.)	246,5	15			

R-cuadrado = 94,7769 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,8776 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,08188  
 Error absoluto de la media = 0,734375

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 3.2.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	8,26563	1	8,26563	7,09	0,0447
B:DLA	0,015625	1	0,015625	0,01	0,9123
C:DPL	2,64063	1	2,64063	2,27	0,1926
D:LA	17,0156	1	17,0156	14,60	0,0124
AB	0,015625	1	0,015625	0,01	0,9123
AC	0,390625	1	0,390625	0,34	0,5878
AD	0,390625	1	0,390625	0,34	0,5878
BC	0,390625	1	0,390625	0,34	0,5878
BD	0,765625	1	0,765625	0,66	0,4545
CD	6,89063	1	6,89063	5,91	0,0593
Error Total	5,82813	5	1,16562		
Total (corr.)	42,6094	15			

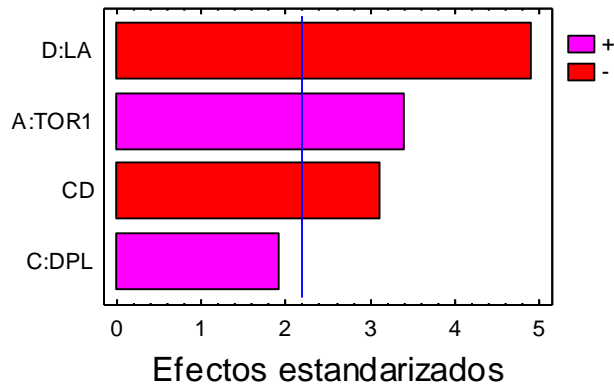
R-cuadrado = 86,322 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 58,9659 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,07964  
 Error absoluto de la media = 0,53125

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	8,26563	1	8,26563	11,66	0,0058
C:DPL	2,64063	1	2,64063	3,73	0,0798
D:LA	17,0156	1	17,0156	24,01	0,0005
CD	6,89063	1	6,89063	9,72	0,0098
Error Total	7,79688	11	0,708807		
Total (corr.)	42,6094	15			

R-cuadrado = 81,7015 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 75,0475 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,841907  
 Error absoluto de la media = 0,5625

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 3.2.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	22,5625	1	22,5625	6,33	0,0534
B:DLA	248,063	1	248,063	69,63	0,0004
C:DPL	885,063	1	885,063	248,44	0,0000
D:LA	1207,56	1	1207,56	338,96	0,0000
AB	0,0625	1	0,0625	0,02	0,8998
AC	22,5625	1	22,5625	6,33	0,0534
AD	3,0625	1	3,0625	0,86	0,3964
BC	1,5625	1	1,5625	0,44	0,5371
BD	0,5625	1	0,5625	0,16	0,7075
CD	60,0625	1	60,0625	16,86	0,0093
Error Total	17,8125	5	3,5625		
-----					
Total (corr.)	2468,94	15			

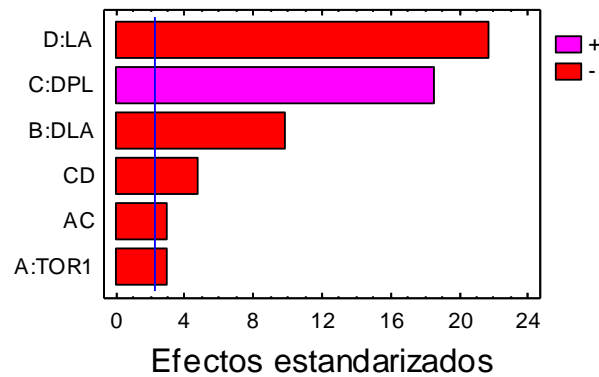
R-cuadrado = 99,2785 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,8356 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,88746  
 Error absoluto de la media = 0,859375

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	22,5625	1	22,5625	8,80	0,0158
B:DLA	248,063	1	248,063	96,80	0,0000
C:DPL	885,063	1	885,063	345,39	0,0000
D:LA	1207,56	1	1207,56	471,24	0,0000
AC	22,5625	1	22,5625	8,80	0,0158
CD	60,0625	1	60,0625	23,44	0,0009
Error Total	23,0625	9	2,5625		
-----					
Total (corr.)	2468,94	15			

R-cuadrado = 99,0659 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,4432 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,60078  
 Error absoluto de la media = 0,90625

Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 3.2.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	25,0	1	25,0	6,58	0,0503
B:DLA	256,0	1	256,0	67,37	0,0004
C:DPL	306,25	1	306,25	80,59	0,0003
D:LA	1156,0	1	1156,0	304,21	0,0000
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	0,25	1	0,25	0,07	0,8078
AD	4,0	1	4,0	1,05	0,3520
BC	20,25	1	20,25	5,33	0,0690
BD	4,0	1	4,0	1,05	0,3520
CD	90,25	1	90,25	23,75	0,0046
Error Total	19,0	5	3,8		

Total (corr.) 1881,0 15

R-cuadrado = 98,9899 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,9697 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,94936  
 Error absoluto de la media = 0,9375

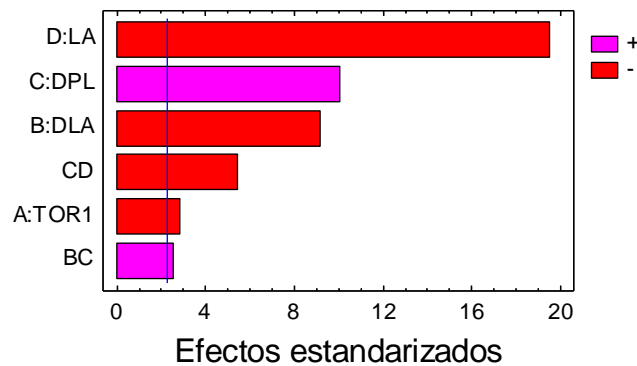
Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	25,0	1	25,0	8,26	0,0184
B:DLA	256,0	1	256,0	84,55	0,0000
C:DPL	306,25	1	306,25	101,15	0,0000
D:LA	1156,0	1	1156,0	381,80	0,0000
BC	20,25	1	20,25	6,69	0,0294
CD	90,25	1	90,25	29,81	0,0004
Error Total	27,25	9	3,02778		

Total (corr.) 1881,0 15

R-cuadrado = 98,5513 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,5855 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,74005  
 Error absoluto de la media = 1,01563

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 3.2.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
B:DLA	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
C:DPL	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
D:LA	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
BD	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
CD	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
Error Total	0,0625	5	0,0125		
Total (corr.)	0,4375	15			

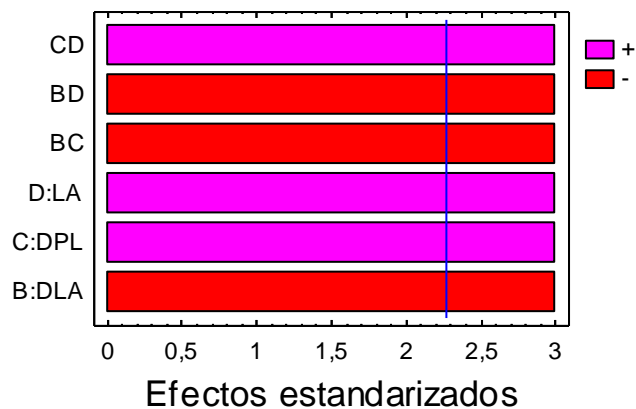
R-cuadrado = 85,7143 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 57,1429 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,111803  
 Error absoluto de la media = 0,0625

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
C:DPL	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
D:LA	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
BC	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
BD	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
CD	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
Error Total	0,0625	9	0,00694444		
Total (corr.)	0,4375	15			

R-cuadrado = 85,7143 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 76,1905 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,0833333  
 Error absoluto de la media = 0,0625

Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 3.2.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRR.

#### Observações:

De facto, os resultados experimentais apresentam todos grau 4, excepto dois tecidos que apresentam grau 4/5 e nas superfícies de resposta todos os resultados experimentais previstos ficam no grau 4.

Portanto, esta resposta não tem sentido que se introduza na optimização de resposta múltipla, porque qualquer tecido dará grau 4 na PFB ou em algum caso grau 4/5.

### Anexo 3.2.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>TIRR</sub>) para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1,5625	1	1,5625	0,28	0,6222
B:DLA	16,4025	1	16,4025	2,89	0,1498
C:DPL	5365,56	1	5365,56	945,56	0,0000
D:LA	495,063	1	495,063	87,24	0,0002
AB	3,8025	1	3,8025	0,67	0,4503
AC	7,5625	1	7,5625	1,33	0,3005
AD	33,0625	1	33,0625	5,83	0,0606
BC	0,0025	1	0,0025	0,00	0,9841
BD	9,3025	1	9,3025	1,64	0,2566
CD	68,0625	1	68,0625	11,99	0,0180
Error Total	28,3725	5	5,6745		

Total (corr.) 6028,76 15

R-cuadrado = 99,5294 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,5881 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,38212  
 Error absoluto de la media = 1,10469

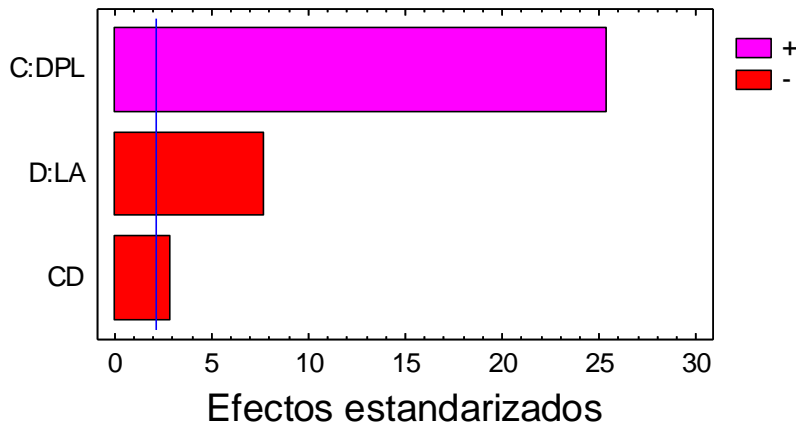
Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	5365,56	1	5365,56	643,42	0,0000
D:LA	495,063	1	495,063	59,37	0,0000
CD	68,0625	1	68,0625	8,16	0,0144
Error Total	100,07	12	8,33917		

Total (corr.) 6028,76 15

R-cuadrado = 98,3401 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,9252 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,88776  
 Error absoluto de la media = 2,15625

Gráfico de Pareto estandarizado para RA/1000



### Anexo 3.2.9 - Optimizaçõ de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TIRR.

Se efectúa la optimización sin PFB (todos los resultados dan 4 salvo dos que dan 4,5

Optimización de Respuesta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\TIRR\_SARJA3.sfx

Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	810,0	1200,0
FRTT	620,0	910,0
ARTB	36,5	50,0
ARTT	30,0	36,0
RRB	43,0	89,0
RRT	34,0	71,0
RA/1000	34,0	90,0

Respuesta	Conveniencias		Objetivo	Pesos		Impacto
	Bajo	Alto		Primero	Segundo	
FRTB	810,0	1200,0	Maximizar	1,0		3,0
FRTT	620,0	910,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTB	36,0	50,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTT	30,0	36,0	Maximizar	1,0		3,0
RRB	43,0	89,0	Maximizar	1,0		3,0
RRT	34,0	71,0	Maximizar	1,0		3,0
RA/1000	34,0	90,0	Maximizar	1,0		3,0

### Anexo 3.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TIRR.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	RA/1000	Pronosticado Conveniencia	Observado Conveniencia
1	950,0	700,0	39,0	31,0	66,0	59,0	41,0	0,316448	0,284092
2	960,0	710,0	39,5	33,0	66,0	55,0	41,0	0,368349	0,340372
3	950,0	690,0	38,0	33,5	59,0	51,0	46,0	0,270343	0,30531
4	940,0	670,0	39,5	34,0	58,0	47,0	44,0	0,29206	0,295333
5	1200,0	880,0	47,0	35,0	89,0	71,0	81,4	0,889022	0,904913
6	1200,0	890,0	49,0	36,0	82,0	68,0	83,0	0,917725	0,927249
7	1200,0	910,0	45,5	34,0	79,0	65,0	80,6	0,853558	0,818844
8	1200,0	870,0	50,0	35,0	74,0	62,0	90,0	0,862373	0,866369
9	830,0	620,0	39,0	32,0	54,0	49,0	38,0	0,0	0,0
10	840,0	630,0	40,0	33,5	53,0	45,0	34,0	0,124847	0,0
11	850,0	630,0	36,5	30,0	43,0	34,0	37,0	0,0715068	0,0
12	810,0	620,0	38,5	33,0	45,0	35,0	35,0	0,0	0,0
13	970,0	740,0	42,0	31,0	63,0	47,0	70,0	0,390717	0,382175
14	950,0	730,0	42,0	32,0	62,0	48,0	66,0	0,434373	0,403359
15	1000,0	790,0	43,0	31,0	60,0	44,0	71,0	0,361862	0,397592
16	1000,0	760,0	43,5	32,5	54,0	40,0	67,0	0,376102	0,382579

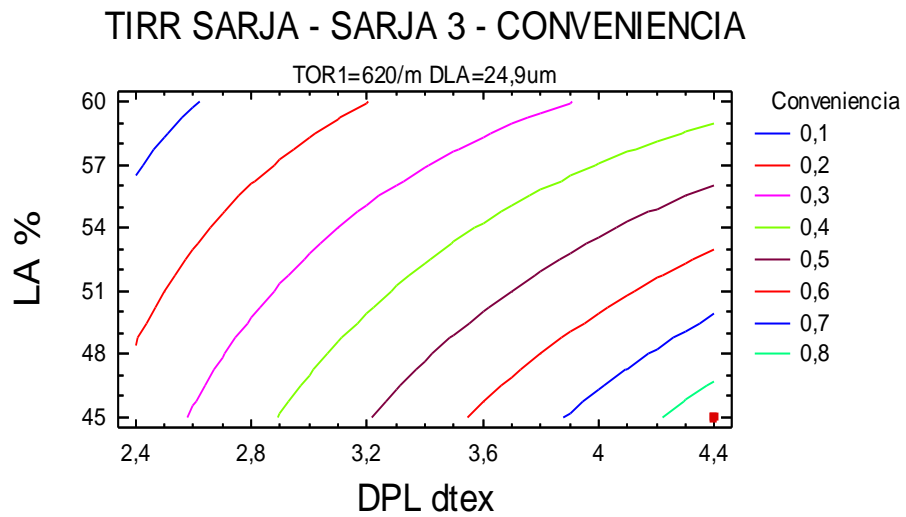
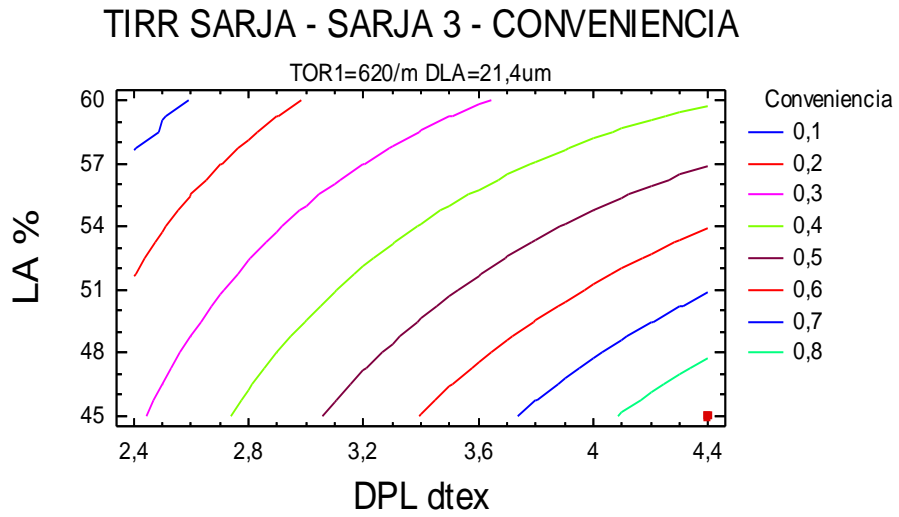
El StatAdvisor

Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

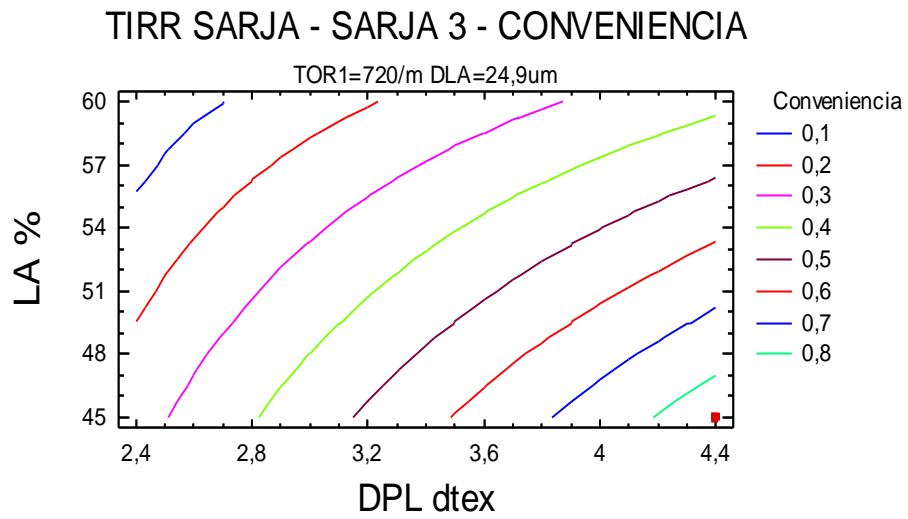
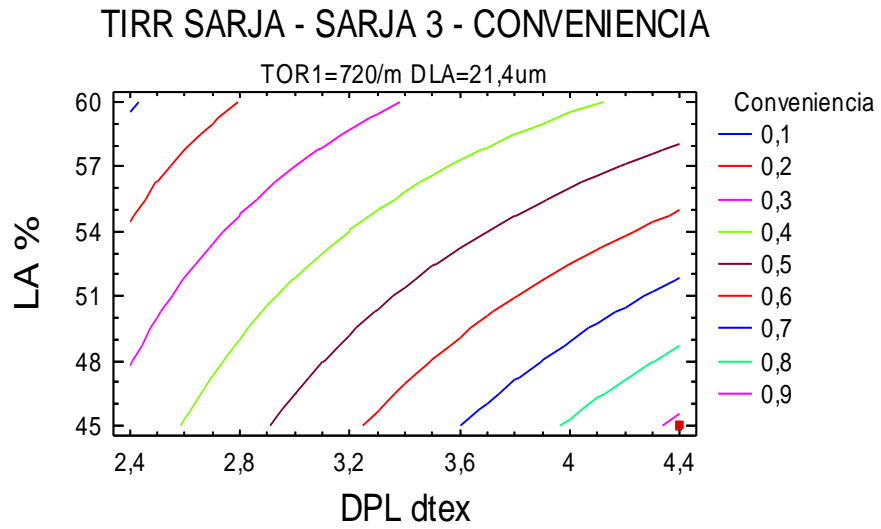
- FRTB - maximizar
- FRTT - maximizar
- ARTB - maximizar
- ARTT - maximizar
- RRB - maximizar
- RRT - maximizar
- RA/1000 - maximizar

La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una conveniencia máxima en la ejecución 6. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones

Anexo 3.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TIRR.



Anexo 3.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TIRR.



### Anexo 3.3.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>TIRR</sub>), para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	400,0	1	400,0	1,18	0,3276
B:DLA	225,0	1	225,0	0,66	0,4529
C:DPL	72900,0	1	72900,0	214,41	0,0000
D:LA	57600,0	1	57600,0	169,41	0,0000
AB	625,0	1	625,0	1,84	0,2332
AC	900,0	1	900,0	2,65	0,1647
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	1225,0	1	1225,0	3,60	0,1161
BD	625,0	1	625,0	1,84	0,2332
CD	3600,0	1	3600,0	10,59	0,0226
Error Total	1700,0	5	340,0		
-----					
Total (corr.)	139800,0	15			

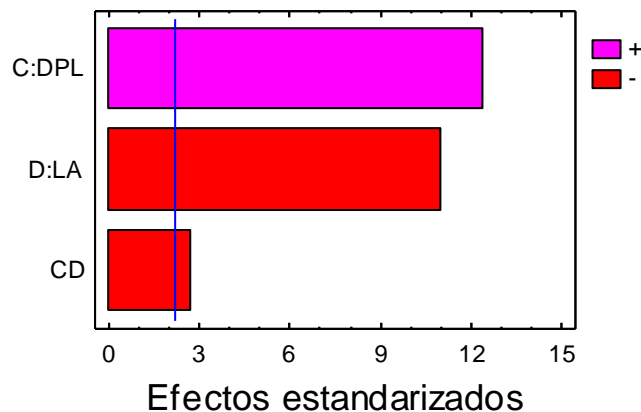
R-cuadrado = 98,784 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,3519 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 18,4391  
 Error absoluto de la media = 8,75

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	72900,0	1	72900,0	153,47	0,0000
D:LA	57600,0	1	57600,0	121,26	0,0000
CD	3600,0	1	3600,0	7,58	0,0175
Error Total	5700,0	12	475,0		
-----					
Total (corr.)	139800,0	15			

R-cuadrado = 95,9227 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,9034 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 21,7945  
 Error absoluto de la media = 15,625

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 3.3.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>TIRR</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1056,25	1	1056,25	2,48	0,1763
B:DLA	56,25	1	56,25	0,13	0,7313
C:DPL	107256,0	1	107256,0	251,63	0,0000
D:LA	33306,3	1	33306,3	78,14	0,0003
AB	56,25	1	56,25	0,13	0,7313
AC	156,25	1	156,25	0,37	0,5713
AD	156,25	1	156,25	0,37	0,5713
BC	56,25	1	56,25	0,13	0,7313
BD	56,25	1	56,25	0,13	0,7313
CD	2256,25	1	2256,25	5,29	0,0697
Error Total	2131,25	5	426,25		
-----					
Total (corr.)	146544,0	15			

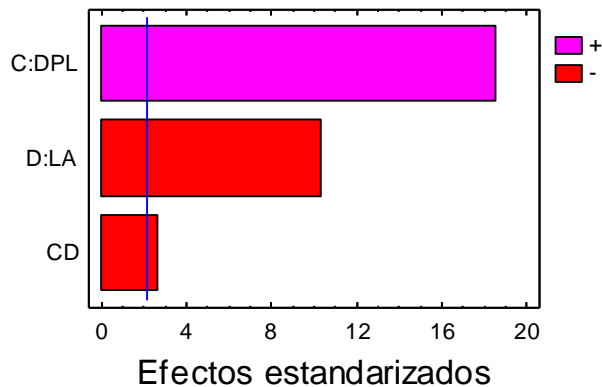
R-cuadrado = 98,5457 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,637 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 20,6458  
 Error absoluto de la media = 10,625

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	107256,0	1	107256,0	345,52	0,0000
D:LA	33306,3	1	33306,3	107,30	0,0000
CD	2256,25	1	2256,25	7,27	0,0195
Error Total	3725,0	12	310,417		
-----					
Total (corr.)	146544,0	15			

R-cuadrado = 97,4581 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,8226 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 17,6186  
 Error absoluto de la media = 13,4375

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 3.3.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	7,5625	1	7,5625	15,13	0,0115
B:DLA	0,5625	1	0,5625	1,13	0,3374
C:DPL	95,0625	1	95,0625	190,13	0,0000
D:LA	7,5625	1	7,5625	15,13	0,0115
AB	1,0	1	1,0	2,00	0,2164
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	0,25	1	0,25	0,50	0,5111
BD	1,0	1	1,0	2,00	0,2164
CD	0,25	1	0,25	0,50	0,5111
Error Total	2,5	5	0,5		
Total (corr.)	115,75	15			

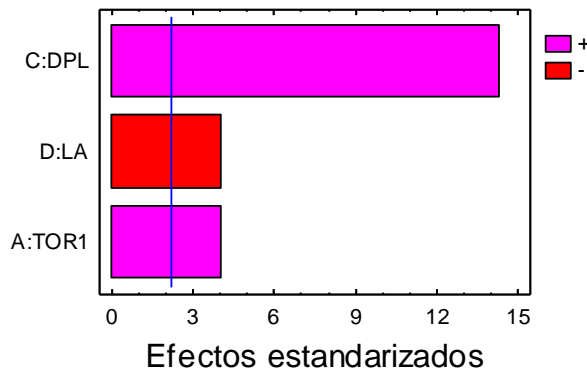
R-cuadrado = 97,8402 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 93,5205 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,707107  
 Error absoluto de la media = 0,375

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	7,5625	1	7,5625	16,31	0,0016
C:DPL	95,0625	1	95,0625	205,08	0,0000
D:LA	7,5625	1	7,5625	16,31	0,0016
Error Total	5,5625	12	0,463542		
Total (corr.)	115,75	15			

R-cuadrado = 95,1944 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 93,993 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,680839  
 Error absoluto de la media = 0,4375

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 3.3.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>TIRR</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	10,5625	1	10,5625	10,83	0,0217
B:DLA	0,25	1	0,25	0,26	0,6341
C:DPL	5,0625	1	5,0625	5,19	0,0717
D:LA	18,0625	1	18,0625	18,53	0,0077
AB	1,5625	1	1,5625	1,60	0,2613
AC	0,25	1	0,25	0,26	0,6341
AD	0,25	1	0,25	0,26	0,6341
BC	1,5625	1	1,5625	1,60	0,2613
BD	1,5625	1	1,5625	1,60	0,2613
CD	2,25	1	2,25	2,31	0,1892
Error Total	4,875	5	0,975		

Total (corr.) 46,25 15

R-cuadrado = 89,4595 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 68,3784 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,987421  
 Error absoluto de la media = 0,4375

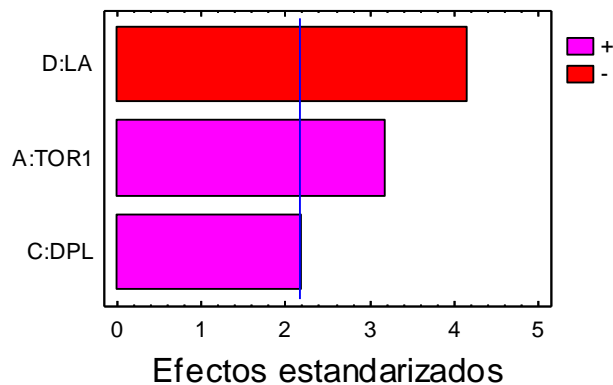
Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	10,5625	1	10,5625	10,09	0,0080
C:DPL	5,0625	1	5,0625	4,84	0,0482
D:LA	18,0625	1	18,0625	17,25	0,0013
Error Total	12,5625	12	1,04688		

Total (corr.) 46,25 15

R-cuadrado = 72,8378 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 66,0473 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,02317  
 Error absoluto de la media = 0,679688

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 3.3.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	45,5625	1	45,5625	4,08	0,0993
B:DLA	150,063	1	150,063	13,44	0,0145
C:DPL	203,063	1	203,063	18,19	0,0080
D:LA	1207,56	1	1207,56	108,18	0,0001
AB	5,0625	1	5,0625	0,45	0,5305
AC	45,5625	1	45,5625	4,08	0,0993
AD	22,5625	1	22,5625	2,02	0,2144
BC	1,5625	1	1,5625	0,14	0,7236
BD	14,0625	1	14,0625	1,26	0,3127
CD	85,5625	1	85,5625	7,67	0,0394
Error Total	55,8125	5	11,1625		
Total (corr.)	1836,44	15			

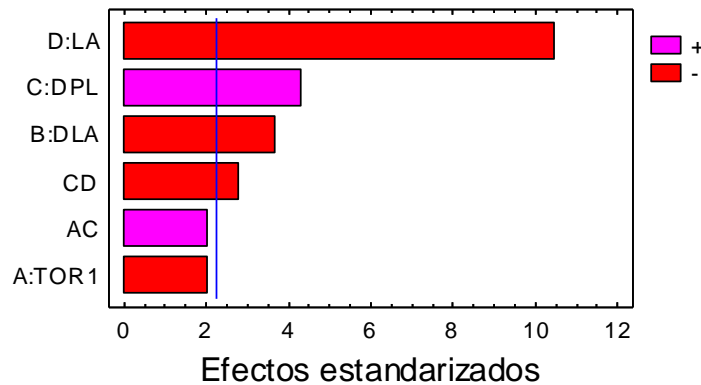
R-cuadrado = 96,9608 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 90,8825 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,34103  
 Error absoluto de la media = 1,53125

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	45,5625	1	45,5625	4,14	0,0724
B:DLA	150,063	1	150,063	13,63	0,0050
C:DPL	203,063	1	203,063	18,45	0,0020
D:LA	1207,56	1	1207,56	109,71	0,0000
AC	45,5625	1	45,5625	4,14	0,0724
CD	85,5625	1	85,5625	7,77	0,0211
Error Total	99,0625	9	11,0069		
Total (corr.)	1836,44	15			

R-cuadrado = 94,6057 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 91,0095 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,31767  
 Error absoluto de la media = 1,92188

Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 3.3.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>TIRR</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	18,0625	1	18,0625	2,49	0,1756
B:DLA	126,563	1	126,563	17,43	0,0087
C:DPL	217,563	1	217,563	29,96	0,0028
D:LA	855,563	1	855,563	117,81	0,0001
AB	7,5625	1	7,5625	1,04	0,3543
AC	18,0625	1	18,0625	2,49	0,1756
AD	1,5625	1	1,5625	0,22	0,6623
BC	5,0625	1	5,0625	0,70	0,4418
BD	7,5625	1	7,5625	1,04	0,3543
CD	95,0625	1	95,0625	13,09	0,0153
Error Total	36,3125	5	7,2625		
Total (corr.)	1388,94	15			

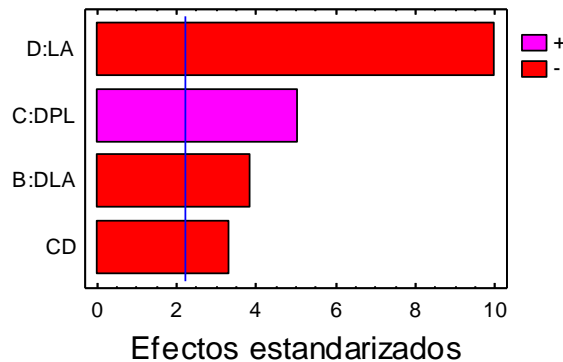
R-cuadrado = 97,3856 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,1568 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,6949  
 Error absoluto de la media = 1,4375

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	126,563	1	126,563	14,78	0,0027
C:DPL	217,563	1	217,563	25,41	0,0004
D:LA	855,563	1	855,563	99,92	0,0000
CD	95,0625	1	95,0625	11,10	0,0067
Error Total	94,1875	11	8,5625		
Total (corr.)	1388,94	15			

R-cuadrado = 93,2187 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 90,7528 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,92617  
 Error absoluto de la media = 1,85938

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 3.3.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TIRR</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,0625	1	0,0625	0,83	0,4032
B:DLA	0,0625	1	0,0625	0,83	0,4032
C:DPL	0,25	1	0,25	3,33	0,1275
D:LA	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	0,0625	1	0,0625	0,83	0,4032
AD	0,0625	1	0,0625	0,83	0,4032
BC	0,0625	1	0,0625	0,83	0,4032
BD	0,0625	1	0,0625	0,83	0,4032
CD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
Error Total	0,375	5	0,075		
Total (corr.)	1,0	15			

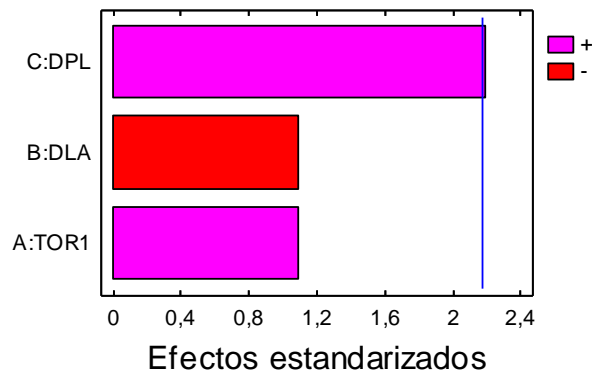
R-cuadrado = 62,5 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 0,0 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,273861  
 Error absoluto de la media = 0,125

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,0625	1	0,0625	1,20	0,2948
B:DLA	0,0625	1	0,0625	1,20	0,2948
C:DPL	0,25	1	0,25	4,80	0,0489
Error Total	0,625	12	0,0520833		
Total (corr.)	1,0	15			

R-cuadrado = 37,5 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 21,875 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,228218  
 Error absoluto de la media = 0,15625

Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 3.3.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>TIRR</sub>) para o ligamento de tafetá com acabamento TIRR.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1,26563	1	1,26563	0,05	0,8289
B:DLA	20,4756	1	20,4756	0,84	0,4019
C:DPL	6573,16	1	6573,16	269,11	0,0000
D:LA	560,506	1	560,506	22,95	0,0049
AB	0,600625	1	0,600625	0,02	0,8815
AC	20,4756	1	20,4756	0,84	0,4019
AD	2,97562	1	2,97562	0,12	0,7413
BC	0,140625	1	0,140625	0,01	0,9425
BD	5,40563	1	5,40563	0,22	0,6579
CD	9,45563	1	9,45563	0,39	0,5611
Error Total	122,128	5	24,4256		
Total (corr.)	7316,58	15			

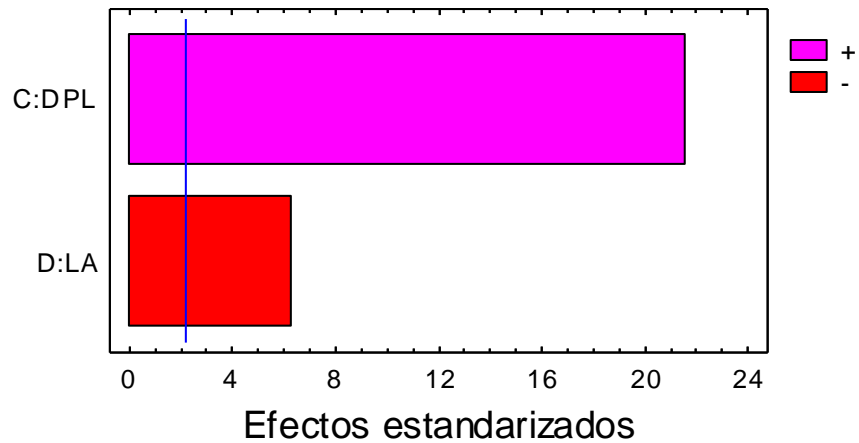
R-cuadrado = 98,3308 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,9924 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 4,94223  
 Error absoluto de la media = 2,26953

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	6573,16	1	6573,16	467,14	0,0000
D:LA	560,506	1	560,506	39,83	0,0000
Error Total	182,923	13	14,071		
Total (corr.)	7316,58	15			

R-cuadrado = 97,4999 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,1153 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,75113  
 Error absoluto de la media = 2,82266

Gráfico de Pareto estandarizado para RA/1000



### Anexo 3.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

Optimización de Respuesta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\TIRR\_TAFETA.sfx

Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 PFB  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	540,0	830,0
FRTT	500,0	800,0
ARTB	34,0	42,0
ARTT	34,5	41,5
RRB	35,0	73,0
RRT	31,0	65,0
PFB	3,5	4,5
RA/1000	37,0	96,0

Respuesta	Conveniencias		Objetivo	Pesos		Impacto
	Bajo	Alto		Primero	Segundo	
FRTB	540,0	830,0	Maximizar	1,0		3,0
FRTT	500,0	800,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTB	34,0	42,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTT	34,0	41,0	Maximizar	1,0		3,0
RRB	35,0	73,0	Maximizar	1,0		3,0
RRT	31,0	65,0	Maximizar	1,0		3,0
PFB	3,0	4,0	Maximizar	1,0		3,0
RA/1000	37,0	96,0	Maximizar	1,0		3,0

## Anexo 3.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.

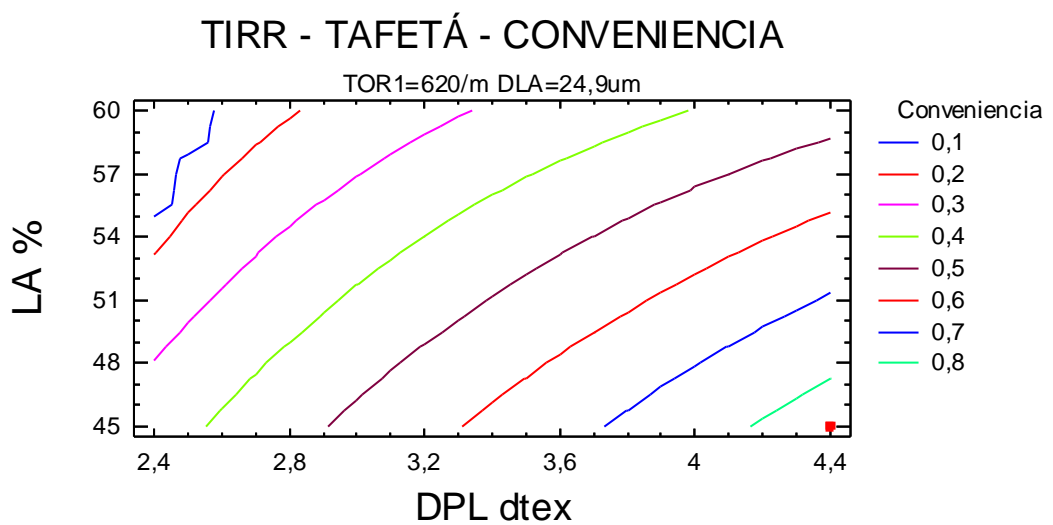
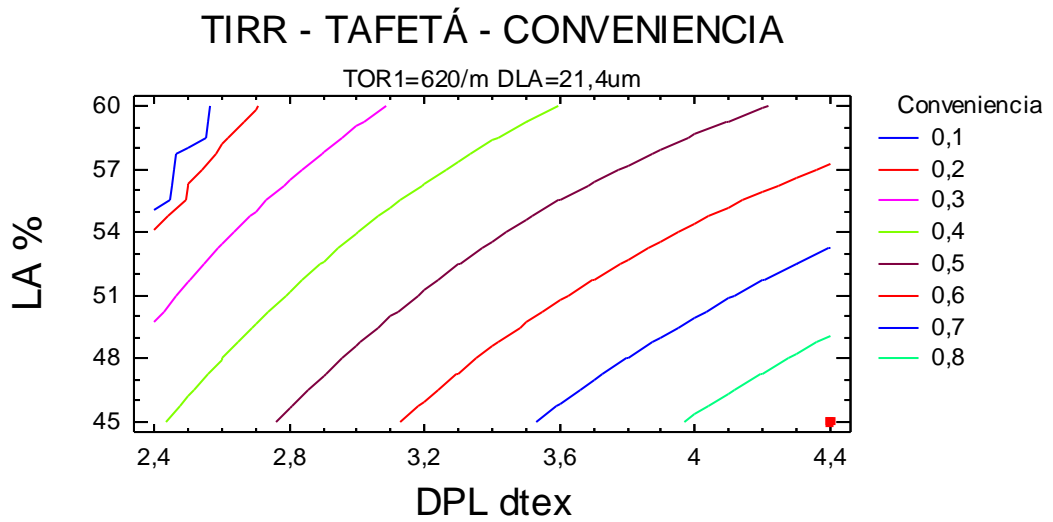
Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA/1000	Pronosticado Conveniencia	Observado Conveniencia
1	660,0	590,0	35,0	38,0	64,0	52,0	3,5	57,7	0,417953	0,405651
2	640,0	570,0	36,5	38,0	50,0	49,0	4,0	53,6	0,472144	0,412899
3	670,0	610,0	35,0	37,0	58,0	51,0	4,0	50,7	0,382101	0,405288
4	620,0	570,0	36,5	40,0	52,0	45,0	4,0	55,2	0,427464	0,420618
5	800,0	800,0	39,5	39,0	73,0	64,0	4,0	90,2	0,893848	0,887619
6	830,0	770,0	42,0	41,0	69,0	65,0	4,5	91,5	0,95018	0,963685
7	810,0	760,0	41,0	39,0	64,0	60,0	4,0	96,0	0,85318	0,870019
8	810,0	760,0	41,0	41,5	65,0	57,0	4,0	95,5	0,906949	0,897936
9	570,0	540,0	34,0	38,0	50,0	46,0	4,0	38,0	0,0	0,0
10	560,0	520,0	36,5	38,0	48,0	44,0	4,0	37,0	0,184917	0,0
11	560,0	510,0	34,0	34,5	40,0	37,0	3,5	49,7	0,0	0,0
12	540,0	500,0	34,0	37,0	35,0	31,0	4,0	39,0	0,138746	0,0
13	630,0	650,0	39,0	36,0	47,0	43,0	4,5	83,0	0,526564	0,470656
14	640,0	640,0	40,0	38,0	49,0	44,0	4,0	83,0	0,575667	0,543148
15	700,0	670,0	38,0	37,0	43,0	40,0	4,0	80,0	0,458406	0,477905
16	680,0	670,0	40,0	38,0	44,0	41,0	4,0	86,0	0,501153	0,535705

## El StatAdvisor

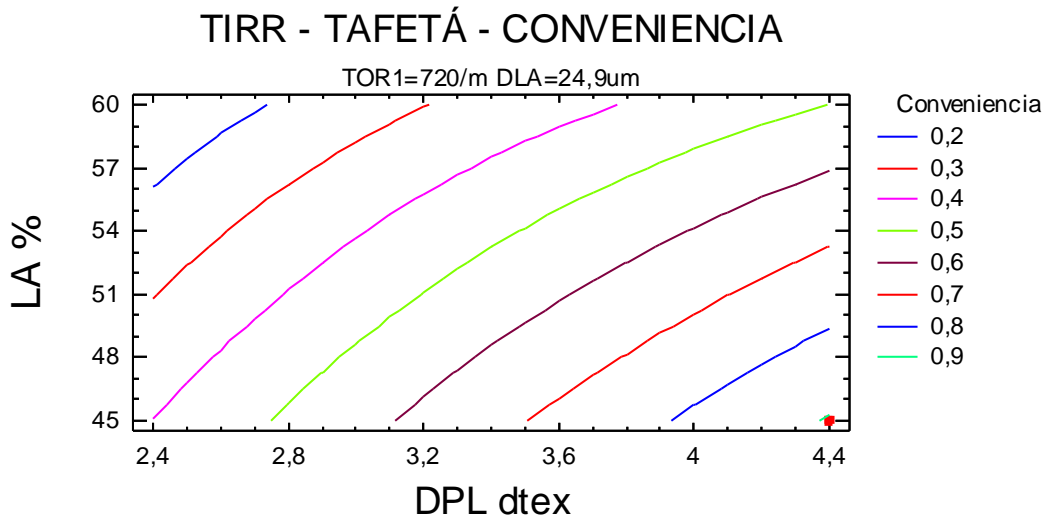
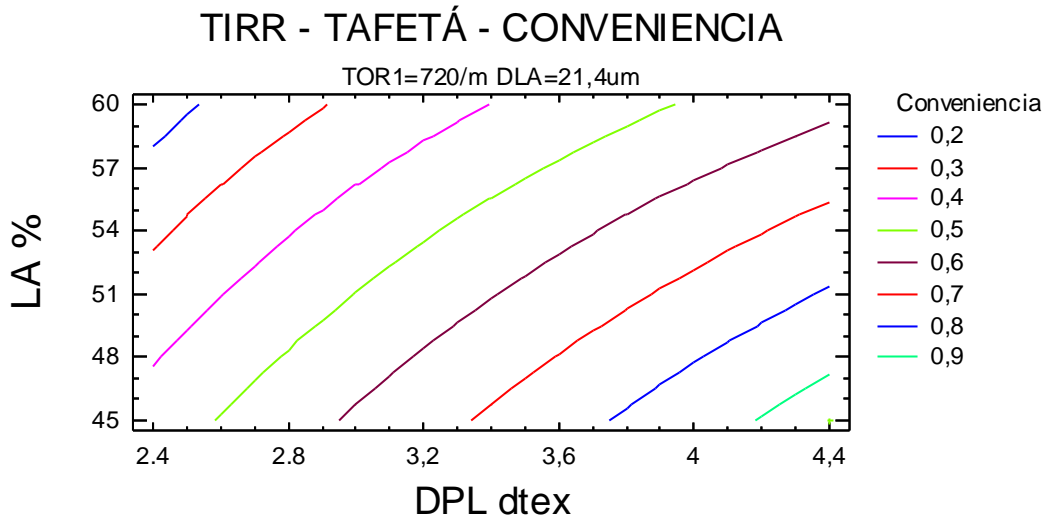
Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 PFB - maximizar  
 RA/1000 - maximi

Anexo 3.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.



Anexo 3.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRR.



### Anexo 4.1.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>TIRA</sub>), para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	6,25	1	6,25	0,01	0,9114
B:DLA	6,25	1	6,25	0,01	0,9114
C:DPL	162006,0	1	162006,0	355,08	0,0000
D:LA	187056,0	1	187056,0	409,99	0,0000
AB	156,25	1	156,25	0,34	0,5838
AC	756,25	1	756,25	1,66	0,2543
AD	6,25	1	6,25	0,01	0,9114
BC	16256,3	1	16256,3	35,63	0,0019
BD	10506,3	1	10506,3	23,03	0,0049
CD	9506,25	1	9506,25	20,84	0,0060
Error Total	2281,25	5	456,25		
Total (corr.)	388544,0	15			

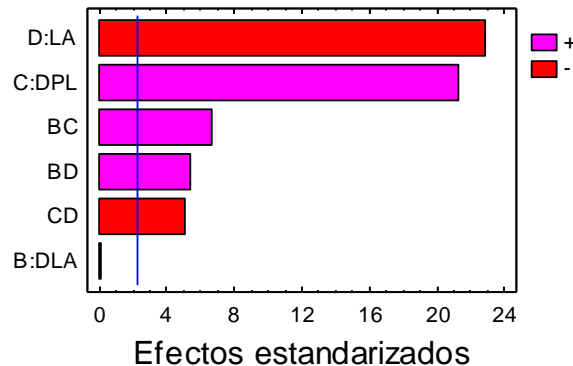
R-cuadrado = 99,4129 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,2386 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 21,36  
 Error absoluto de la media = 9,84375

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	6,25	1	6,25	0,02	0,8975
C:DPL	162006,0	1	162006,0	454,75	0,0000
D:LA	187056,0	1	187056,0	525,07	0,0000
BC	16256,3	1	16256,3	45,63	0,0001
BD	10506,3	1	10506,3	29,49	0,0004
CD	9506,25	1	9506,25	26,68	0,0006
Error Total	3206,25	9	356,25		
Total (corr.)	388544,0	15			

R-cuadrado = 99,1748 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,6247 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 18,8746  
 Error absoluto de la media = 11,1719

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 4.1.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>TIRA</sub>), para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1225,0	1	1225,0	2,50	0,1747
B:DLA	100,0	1	100,0	0,20	0,6704
C:DPL	115600,0	1	115600,0	235,92	0,0000
D:LA	75625,0	1	75625,0	154,34	0,0001
AB	225,0	1	225,0	0,46	0,5281
AC	225,0	1	225,0	0,46	0,5281
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	100,0	1	100,0	0,20	0,6704
BD	3025,0	1	3025,0	6,17	0,0555
CD	3025,0	1	3025,0	6,17	0,0555
Error Total	2450,0	5	490,0		

Total (corr.) 201600,0 15

R-cuadrado = 98,7847 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,3542 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 22,1359  
 Error absoluto de la media = 10,3125

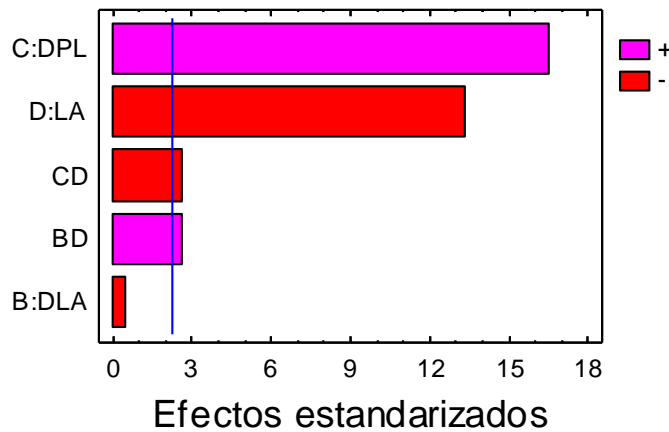
Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	100,0	1	100,0	0,24	0,6371
C:DPL	115600,0	1	115600,0	273,61	0,0000
D:LA	75625,0	1	75625,0	178,99	0,0000
BD	3025,0	1	3025,0	7,16	0,0233
CD	3025,0	1	3025,0	7,16	0,0233
Error Total	4225,0	10	422,5		

Total (corr.) 201600,0 15

R-cuadrado = 97,9043 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,8564 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 20,5548  
 Error absoluto de la media = 13,2813

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 4.1.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	18,0625	1	18,0625	25,80	0,0038
B:DLA	0,25	1	0,25	0,36	0,5761
C:DPL	156,25	1	156,25	223,21	0,0000
D:LA	16,0	1	16,0	22,86	0,0050
AB	0,0625	1	0,0625	0,09	0,7771
AC	1,5625	1	1,5625	2,23	0,1954
AD	10,5625	1	10,5625	15,09	0,0116
BC	2,25	1	2,25	3,21	0,1330
BD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
CD	16,0	1	16,0	22,86	0,0050
Error Total	3,5	5	0,7		

Total (corr.) 224,5 15

R-cuadrado = 98,441 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,3229 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,83666  
 Error absoluto de la media = 0,375

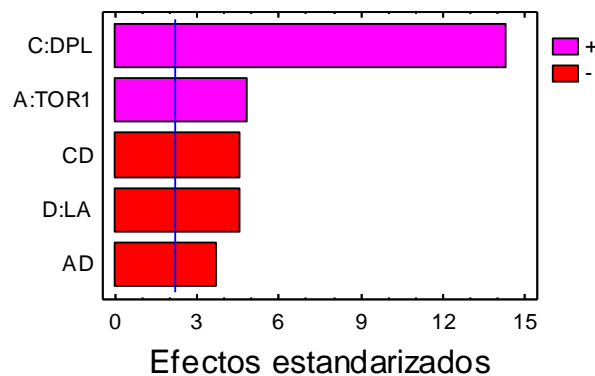
Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	18,0625	1	18,0625	23,69	0,0007
C:DPL	156,25	1	156,25	204,92	0,0000
D:LA	16,0	1	16,0	20,98	0,0010
AD	10,5625	1	10,5625	13,85	0,0040
CD	16,0	1	16,0	20,98	0,0010
Error Total	7,625	10	0,7625		

Total (corr.) 224,5 15

R-cuadrado = 96,6036 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,9053 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,873212  
 Error absoluto de la media = 0,578125

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 4.1.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	4,51563	1	4,51563	17,00	0,0091
B:DLA	1,26563	1	1,26563	4,76	0,0808
C:DPL	2,64063	1	2,64063	9,94	0,0253
D:LA	13,1406	1	13,1406	49,47	0,0009
AB	0,390625	1	0,390625	1,47	0,2794
AC	0,015625	1	0,015625	0,06	0,8180
AD	0,140625	1	0,140625	0,53	0,4995
BC	4,51563	1	4,51563	17,00	0,0091
BD	1,26563	1	1,26563	4,76	0,0808
CD	1,89063	1	1,89063	7,12	0,0445
Error Total	1,32813	5	0,265625		

Total (corr.) 31,1094 15

R-cuadrado = 95,7308 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 87,1924 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,515388  
 Error absoluto de la media = 0,238281

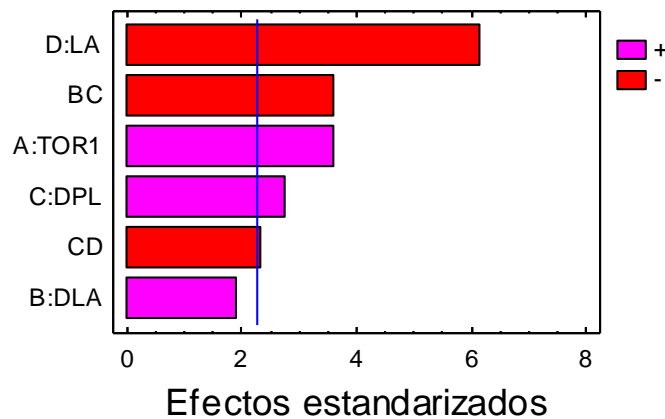
Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	4,51563	1	4,51563	12,94	0,0058
B:DLA	1,26563	1	1,26563	3,63	0,0893
C:DPL	2,64063	1	2,64063	7,57	0,0224
D:LA	13,1406	1	13,1406	37,66	0,0002
BC	4,51563	1	4,51563	12,94	0,0058
CD	1,89063	1	1,89063	5,42	0,0449
Error Total	3,14063	9	0,348958		

Total (corr.) 31,1094 15

R-cuadrado = 89,9046 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 83,1743 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,590727  
 Error absoluto de la media = 0,304688

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 4.1.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,25	1	0,25	0,08	0,7878
B:DLA	132,25	1	132,25	42,66	0,0013
C:DPL	784,0	1	784,0	252,90	0,0000
D:LA	121,0	1	121,0	39,03	0,0015
AB	1,0	1	1,0	0,32	0,5946
AC	6,25	1	6,25	2,02	0,2149
AD	2,25	1	2,25	0,73	0,4331
BC	2,25	1	2,25	0,73	0,4331
BD	6,25	1	6,25	2,02	0,2149
CD	1,0	1	1,0	0,32	0,5946
Error Total	15,5	5	3,1		
-----					
Total (corr.)	1072,0	15			

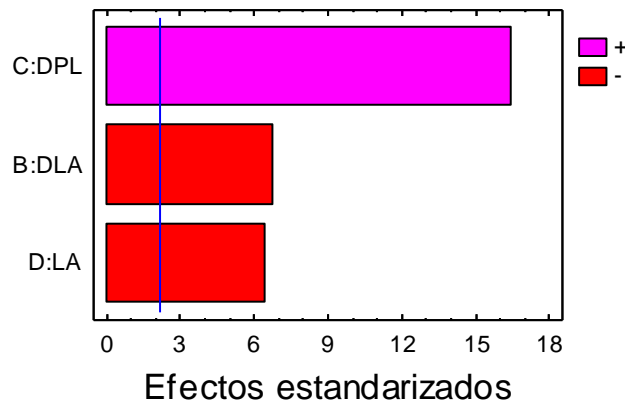
R-cuadrado = 98,5541 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,6623 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,76068  
 Error absoluto de la media = 0,8125

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	132,25	1	132,25	45,67	0,0000
C:DPL	784,0	1	784,0	270,73	0,0000
D:LA	121,0	1	121,0	41,78	0,0000
Error Total	34,75	12	2,89583		
-----					
Total (corr.)	1072,0	15			

R-cuadrado = 96,7584 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,948 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,70171  
 Error absoluto de la media = 1,26563

Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 4.1.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	20,25	1	20,25	23,82	0,0045
B:DLA	81,0	1	81,0	95,29	0,0002
C:DPL	380,25	1	380,25	447,35	0,0000
D:LA	132,25	1	132,25	155,59	0,0001
AB	4,0	1	4,0	4,71	0,0822
AC	2,25	1	2,25	2,65	0,1647
AD	0,25	1	0,25	0,29	0,6109
BC	1,0	1	1,0	1,18	0,3276
BD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
CD	12,25	1	12,25	14,41	0,0127
Error Total	4,25	5	0,85		
-----					
Total (corr.)	637,75	15			

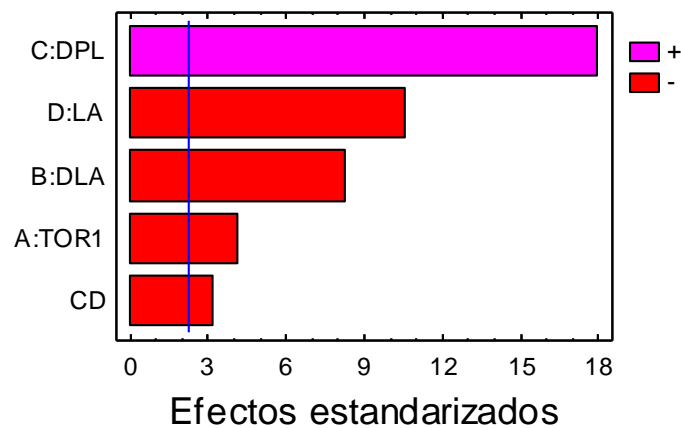
R-cuadrado = 99,3336 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,0008 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,921954

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	20,25	1	20,25	17,23	0,0020
B:DLA	81,0	1	81,0	68,94	0,0000
C:DPL	380,25	1	380,25	323,62	0,0000
D:LA	132,25	1	132,25	112,55	0,0000
CD	12,25	1	12,25	10,43	0,0090
Error Total	11,75	10	1,175		
-----					
Total (corr.)	637,75	15			

R-cuadrado = 98,1576 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,2364 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,08397  
 Error absoluto de la media = 0,765625

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 4.1.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,25	1	0,25	1,67	0,2532
B:DLA	0,25	1	0,25	1,67	0,2532
C:DPL	0,25	1	0,25	1,67	0,2532
D:LA	0,5625	1	0,5625	3,75	0,1106
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,0625	1	0,0625	0,42	0,5471
BC	0,25	1	0,25	1,67	0,2532
BD	0,0625	1	0,0625	0,42	0,5471
CD	0,5625	1	0,5625	3,75	0,1106
Error Total	0,75	5	0,15		
Total (corr.)	3,0	15			

R-cuadrado = 75,0 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 25,0 por ciento

Error Estándar de Est. = 0,387298

Error absoluto de la media = 0,1875

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	0,25	1	0,25	1,85	0,1992
D:LA	0,5625	1	0,5625	4,15	0,0642
CD	0,5625	1	0,5625	4,15	0,0642
Error Total	1,625	12	0,135417		
Total (corr.)	3,0	15			

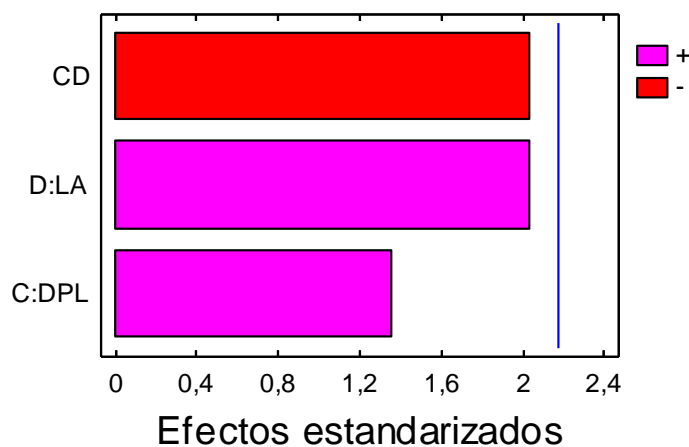
R-cuadrado = 45,8333 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 32,2917 por ciento

Error Estándar de Est. = 0,36799

Error absoluto de la media = 0,21875

Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 4.1.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>TIRA</sub>) para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para RA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	8,41E6	1	8,41E6	0,50	0,5116
B:DLA	1,296E7	1	1,296E7	0,77	0,4207
C:DPL	6,90561E9	1	6,90561E9	409,59	0,0000
D:LA	7,2361E8	1	7,2361E8	42,92	0,0012
AB	8,41E6	1	8,41E6	0,50	0,5116
AC	160000,0	1	160000,0	0,01	0,9262
AD	6,76E6	1	6,76E6	0,40	0,5544
BC	4,761E7	1	4,761E7	2,82	0,1537
BD	1,21E6	1	1,21E6	0,07	0,7995
CD	4,096E7	1	4,096E7	2,43	0,1798
Error Total	8,43E7	5	1,686E7		
Total (corr.)	7,84E9	15			

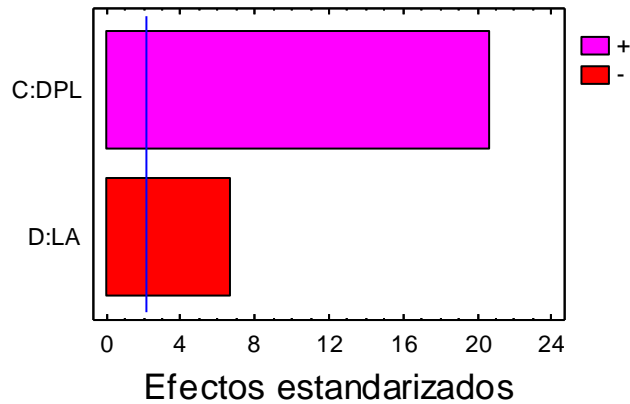
R-cuadrado = 98,9247 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,7742 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 4106,09  
 Error absoluto de la media = 1862,5

Análisis de la Varianza para RA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	6,90561E9	1	6,90561E9	425,91	0,0000
D:LA	7,2361E8	1	7,2361E8	44,63	0,0000
Error Total	2,1078E8	13	1,62138E7		
Total (corr.)	7,84E9	15			

R-cuadrado = 97,3115 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,8979 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 4026,64  
 Error absoluto de la media = 2781,25

Gráfico de Pareto estandarizado para RA



## Anexo 4.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRA.

### Optimización de Resposta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\TIRA\_TAFETA.sfx

Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 PFB  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	860,0	1300,0
FRTT	650,0	990,0
ARTB	42,5	55,0
ARTT	30,0	36,0
RRB	28,0	58,0
RRT	27,0	49,0
PFB	2,5	4,0
RA/1000	38,0	99,0

Respuesta	Bajo	Conveniencias		Objetivo	Pesos		Impacto
		Alto			Primero	Segundo	
FRTB	860,0	1300,0		Maximizar	1,0		3,0
FRTT	650,0	990,0		Maximizar	1,0		3,0
ARTB	42,0	55,0		Maximizar	1,0		3,0
ARTT	30,0	36,0		Maximizar	1,0		3,0
RRB	28,0	58,0		Maximizar	1,0		3,0
RRT	27,0	49,0		Maximizar	1,0		3,0
PFB	2,0	4,0		Maximizar	1,0		3,0
RA/1000	38,0	99,0		Maximizar	1,0		3,0

## Anexo 4.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRA.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA/1000	Conveniencia	Conveniencia
1	1100,0	780,0	42,5	31,5	42,0	37,0	3,5	58,0	0,280041	0,318011
2	1100,0	770,0	46,5	32,5	43,0	35,0	4,0	57,6	0,411388	0,447982
3	1000,0	770,0	43,0	33,0	36,0	31,0	2,5	57,0	0,238322	0,252085
4	1000,0	740,0	44,5	34,0	35,0	31,0	3,0	60,0	0,327002	0,308765
5	1300,0	980,0	50,0	34,0	58,0	49,0	3,5	95,0	0,873903	0,852535
6	1300,0	990,0	54,5	36,0	54,0	45,0	4,0	94,0	0,929271	0,943118
7	1300,0	960,0	50,0	33,0	48,0	45,0	4,0	99,0	0,801411	0,790851
8	1300,0	920,0	55,0	34,0	50,0	41,0	4,0	98,0	0,851985	0,83792
9	910,0	650,0	45,0	30,0	35,0	34,0	4,0	43,0	0,0	0,0
10	880,0	660,0	44,5	31,5	37,0	30,0	4,0	44,0	0,0	0,15017
11	880,0	660,0	43,0	32,0	28,0	27,0	4,0	38,0	0,116846	0,0
12	860,0	650,0	44,0	33,0	32,0	27,0	4,0	41,0	0,0	0,0
13	940,0	800,0	48,0	31,0	49,0	41,0	4,0	77,0	0,502943	0,452486
14	1000,0	750,0	48,0	32,0	49,0	38,0	4,0	89,0	0,531768	0,504747
15	1100,0	830,0	48,0	32,0	47,0	36,0	3,5	92,0	0,486505	0,543753
16	1100,0	810,0	49,5	32,0	45,0	35,0	4,0	87,0	0,520766	0,548318

El StatAdvisor

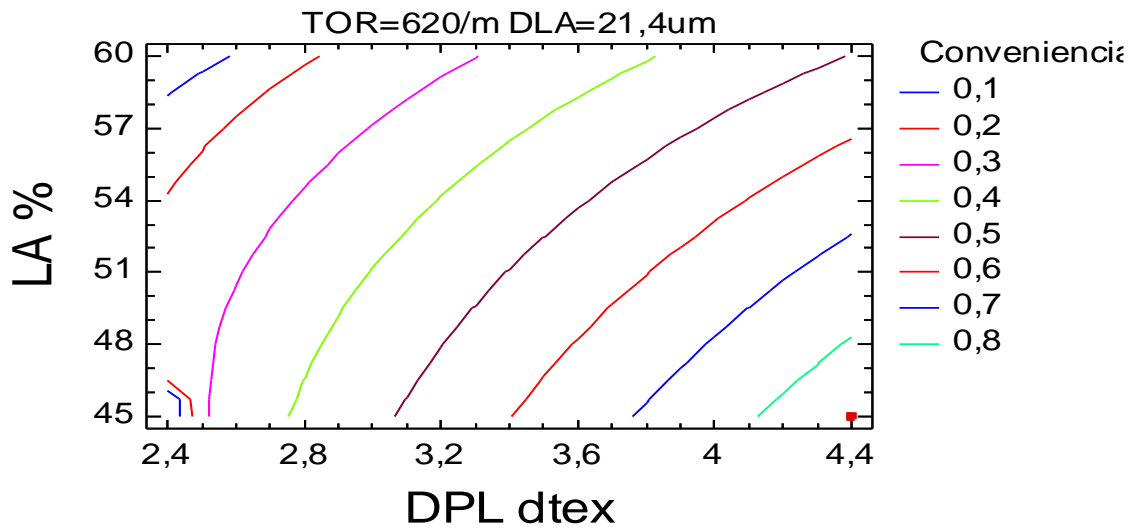
Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 PFB - maximizar  
 RA/1000 - maximizar

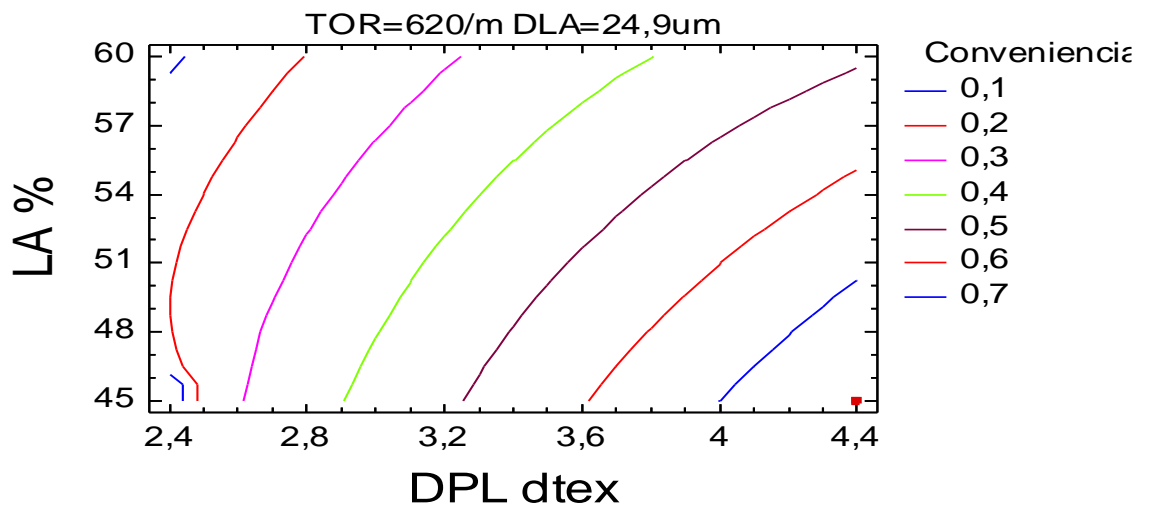
La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una conveniencia máxima en la ejecución 6. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares.

Anexo 4.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRA.

TECIDO TIRA - SARJA 4 - CONVENIENCIA

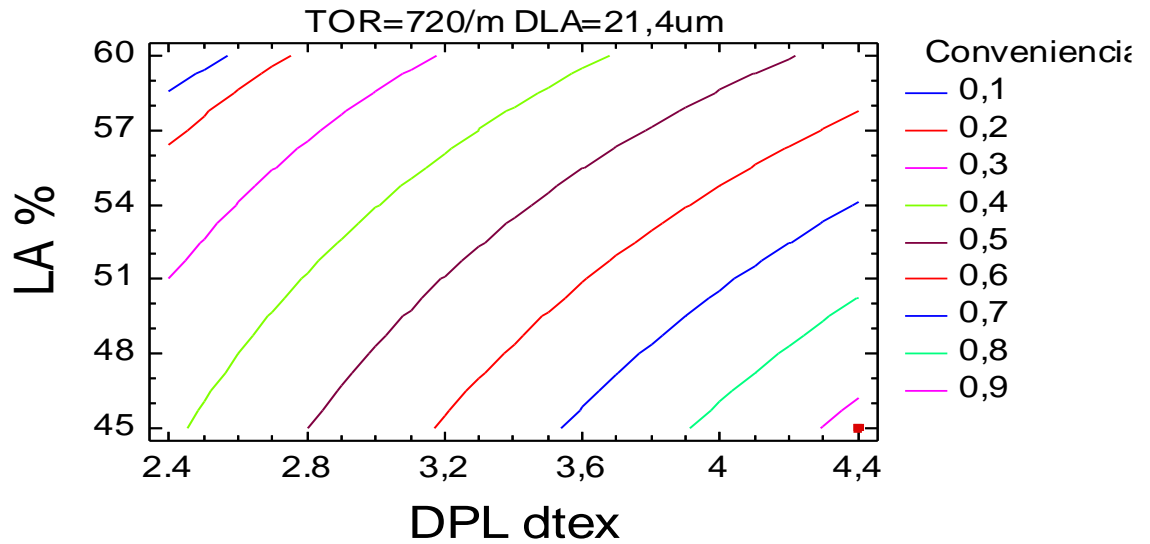


TECIDO TIRA - SARJA 4 - CONVENIENCIA

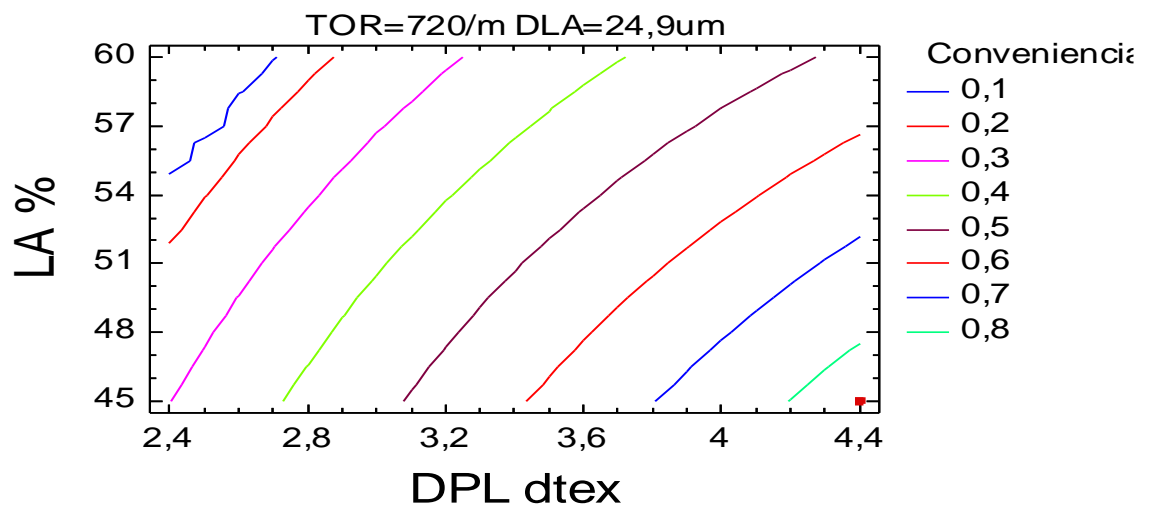


Anexo 4.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TIRA.

TECIDO TIRA - SARJA 4 - CONVENIENCIA



TECIDO TIRA - SARJA 4 - CONVENIENCIA



### Anexo 4.2.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>TIRA</sub>), para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	225,0	1	225,0	1,07	0,3481
B:DLA	625,0	1	625,0	2,98	0,1451
C:DPL	211600,0	1	211600,0	1007,62	0,0000
D:LA	211600,0	1	211600,0	1007,62	0,0000
AB	400,0	1	400,0	1,90	0,2261
AC	225,0	1	225,0	1,07	0,3481
AD	225,0	1	225,0	1,07	0,3481
BC	625,0	1	625,0	2,98	0,1451
BD	1225,0	1	1225,0	5,83	0,0605
CD	36100,0	1	36100,0	171,90	0,0000
Error Total	1050,0	5	210,0		

Total (corr.) 463900,0 15

R-cuadrado = 99,7737 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,321 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 14,4914  
 Error absoluto de la media = 6,5625

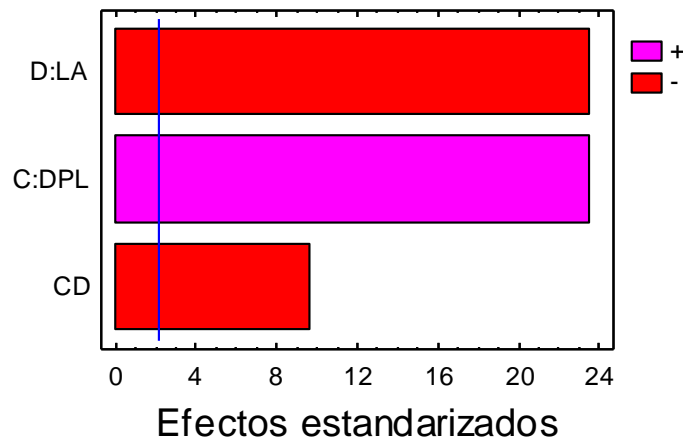
Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	211600,0	1	211600,0	552,00	0,0000
D:LA	211600,0	1	211600,0	552,00	0,0000
CD	36100,0	1	36100,0	94,17	0,0000
Error Total	4600,0	12	383,333		

Total (corr.) 463900,0 15

R-cuadrado = 99,0084 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,7605 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 19,5789  
 Error absoluto de la media = 9,375

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 4.2.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1056,25	1	1056,25	4,29	0,0931
B:DLA	6,25	1	6,25	0,03	0,8797
C:DPL	117306,0	1	117306,0	476,37	0,0000
D:LA	33306,3	1	33306,3	135,25	0,0001
AB	1056,25	1	1056,25	4,29	0,0931
AC	156,25	1	156,25	0,63	0,4618
AD	6,25	1	6,25	0,03	0,8797
BC	1056,25	1	1056,25	4,29	0,0931
BD	1406,25	1	1406,25	5,71	0,0624
CD	2756,25	1	2756,25	11,19	0,0204
Error Total	1231,25	5	246,25		
Total (corr.)	159344,0	15			

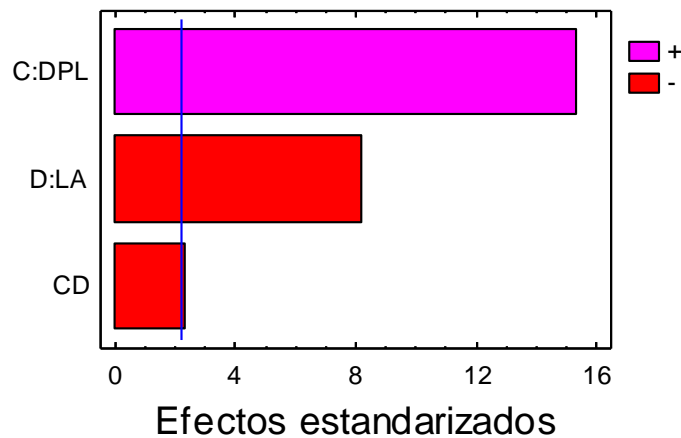
R-cuadrado = 99,2273 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,6819 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 15,6924  
 Error absoluto de la media = 7,5

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	117306,0	1	117306,0	235,59	0,0000
D:LA	33306,3	1	33306,3	66,89	0,0000
CD	2756,25	1	2756,25	5,54	0,0365
Error Total	5975,0	12	497,917		
Total (corr.)	159344,0	15			

R-cuadrado = 96,2502 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,3128 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 22,314  
 Error absoluto de la media = 15,3125

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 4.2.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	16,0	1	16,0	16,00	0,0103
B:DLA	0,5625	1	0,5625	0,56	0,4870
C:DPL	182,25	1	182,25	182,25	0,0000
D:LA	25,0	1	25,0	25,00	0,0041
AB	0,5625	1	0,5625	0,56	0,4870
AC	1,0	1	1,0	1,00	0,3632
AD	2,25	1	2,25	2,25	0,1939
BC	10,5625	1	10,5625	10,56	0,0227
BD	0,0625	1	0,0625	0,06	0,8125
CD	16,0	1	16,0	16,00	0,0103
Error Total	5,0	5	1,0		
Total (corr.)	259,25	15			

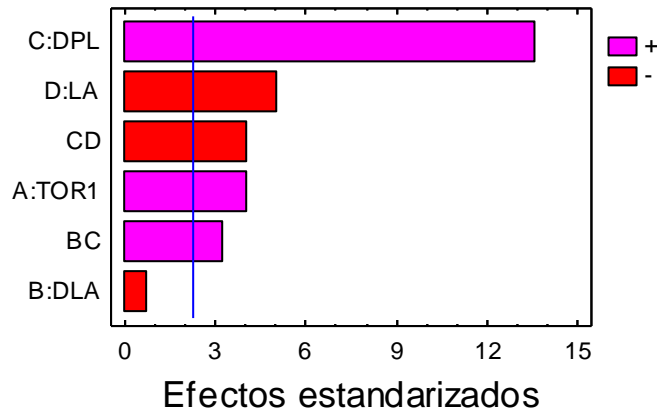
R-cuadrado = 98,0714 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,2141 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,0  
 Error absoluto de la media = 0,46875

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	16,0	1	16,0	16,23	0,0030
B:DLA	0,5625	1	0,5625	0,57	0,4694
C:DPL	182,25	1	182,25	184,82	0,0000
D:LA	25,0	1	25,0	25,35	0,0007
BC	10,5625	1	10,5625	10,71	0,0096
CD	16,0	1	16,0	16,23	0,0030
Error Total	8,875	9	0,986111		
Total (corr.)	259,25	15			

R-cuadrado = 96,5767 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,2944 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,993031  
 Error absoluto de la media = 0,578125

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 4.2.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	8,26563	1	8,26563	5,55	0,0652
B:DLA	0,765625	1	0,765625	0,51	0,5056
C:DPL	5,64063	1	5,64063	3,78	0,1093
D:LA	6,89063	1	6,89063	4,62	0,0842
AB	0,390625	1	0,390625	0,26	0,6305
AC	0,140625	1	0,140625	0,09	0,7711
AD	1,26563	1	1,26563	0,85	0,3991
BC	0,140625	1	0,140625	0,09	0,7711
BD	0,140625	1	0,140625	0,09	0,7711
CD	8,26563	1	8,26563	5,55	0,0652
Error Total	7,45313	5	1,49063		
Total (corr.)	39,3594	15			

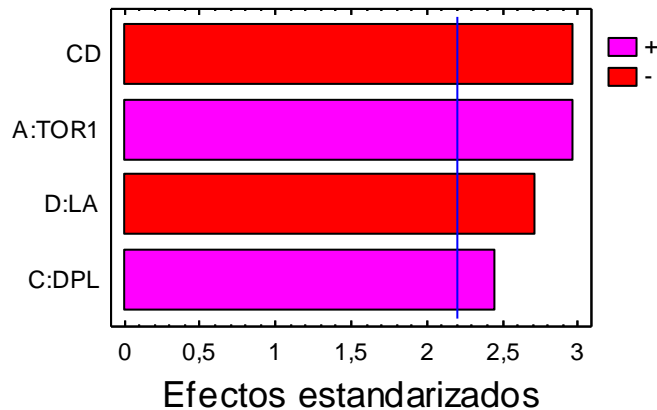
R-cuadrado = 81,0639 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 43,1917 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,22091  
 Error absoluto de la media = 0,59375

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	8,26563	1	8,26563	8,83	0,0127
C:DPL	5,64063	1	5,64063	6,03	0,0320
D:LA	6,89063	1	6,89063	7,36	0,0202
CD	8,26563	1	8,26563	8,83	0,0127
Error Total	10,2969	11	0,93608		
Total (corr.)	39,3594	15			

R-cuadrado = 73,8388 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 64,3257 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,967512  
 Error absoluto de la media = 0,6875

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 4.2.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	4,0	1	4,0	0,33	0,5887
B:DLA	42,25	1	42,25	3,52	0,1194
C:DPL	256,0	1	256,0	21,33	0,0057
D:LA	324,0	1	324,0	27,00	0,0035
AB	20,25	1	20,25	1,69	0,2506
AC	9,0	1	9,0	0,75	0,4261
AD	1,0	1	1,0	0,08	0,7844
BC	0,25	1	0,25	0,02	0,8909
BD	2,25	1	2,25	0,19	0,6830
CD	9,0	1	9,0	0,75	0,4261
Error Total	60,0	5	12,0		
Total (corr.)	728,0	15			

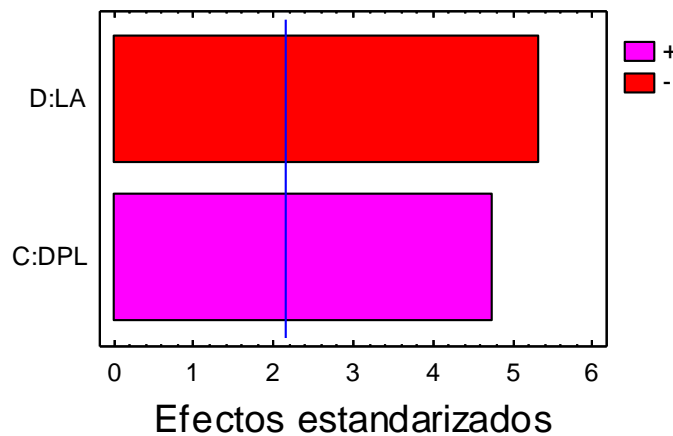
R-cuadrado = 91,7582 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 75,2747 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,4641  
 Error absoluto de la media = 1,65625

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	256,0	1	256,0	22,49	0,0004
D:LA	324,0	1	324,0	28,46	0,0001
Error Total	148,0	13	11,3846		
Total (corr.)	728,0	15			

R-cuadrado = 79,6703 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 76,5427 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,37411  
 Error absoluto de la media = 2,625

### Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 4.2.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	18,0625	1	18,0625	10,25	0,0240
B:DLA	95,0625	1	95,0625	53,94	0,0007
C:DPL	138,063	1	138,063	78,33	0,0003
D:LA	351,563	1	351,563	199,47	0,0000
AB	0,0625	1	0,0625	0,04	0,8580
AC	0,5625	1	0,5625	0,32	0,5965
AD	1,5625	1	1,5625	0,89	0,3897
BC	5,0625	1	5,0625	2,87	0,1509
BD	0,0625	1	0,0625	0,04	0,8580
CD	33,0625	1	33,0625	18,76	0,0075
Error Total	8,8125	5	1,7625		
-----					
Total (corr.)	651,938	15			

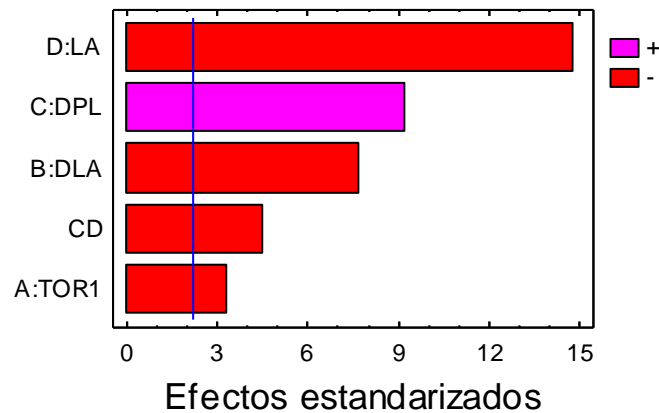
R-cuadrado = 98,6483 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,9448 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,32759  
 Error absoluto de la media = 0,6875

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	18,0625	1	18,0625	11,20	0,0074
B:DLA	95,0625	1	95,0625	58,95	0,0000
C:DPL	138,063	1	138,063	85,62	0,0000
D:LA	351,563	1	351,563	218,02	0,0000
CD	33,0625	1	33,0625	20,50	0,0011
Error Total	16,125	10	1,6125		
-----					
Total (corr.)	651,938	15			

R-cuadrado = 97,5266 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,2899 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,26984  
 Error absoluto de la media = 0,8125

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 4.2.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TIRA</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
B:DLA	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
C:DPL	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
D:LA	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
AB	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
BC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BD	0,0625	1	0,0625	5,00	0,0756
CD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
Error Total	0,0625	5	0,0125		
Total (corr.)	0,4375	15			

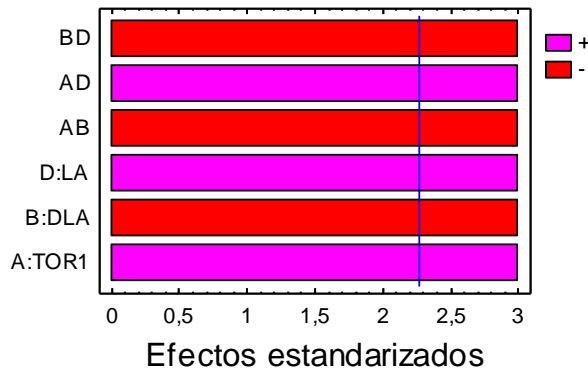
R-cuadrado = 85,7143 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 57,1429 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,111803  
 Error absoluto de la media = 0,0625

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
B:DLA	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
D:LA	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
AB	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
AD	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
BD	0,0625	1	0,0625	9,00	0,0150
Error Total	0,0625	9	0,00694444		
Total (corr.)	0,4375	15			

R-cuadrado = 85,7143 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 76,1905 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,0833333  
 Error absoluto de la media = 0,0625

Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 4.2.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>TIRA</sub>) para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1,50062	1	1,50062	0,28	0,6169
B:DLA	19,1406	1	19,1406	3,62	0,1154
C:DPL	5539,08	1	5539,08	1048,15	0,0000
D:LA	435,766	1	435,766	82,46	0,0003
AB	7,98063	1	7,98063	1,51	0,2738
AC	29,9756	1	29,9756	5,67	0,0630
AD	22,3256	1	22,3256	4,22	0,0950
BC	0,005625	1	0,005625	0,00	0,9752
BD	23,7656	1	23,7656	4,50	0,0874
CD	47,9556	1	47,9556	9,07	0,0297
Error Total	26,4231	5	5,28462		
Total (corr.)	6153,92	15			

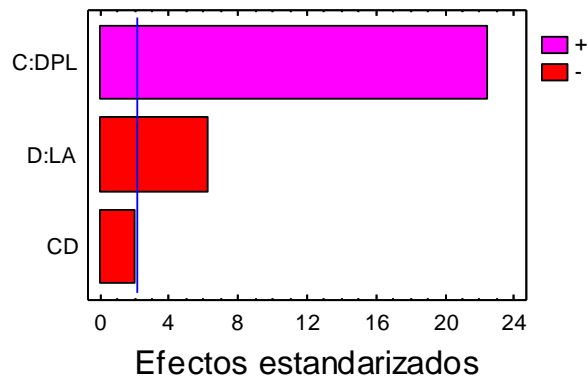
R-cuadrado = 99,5706 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,7119 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,29883  
 Error absoluto de la media = 1,06875

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	5539,08	1	5539,08	506,94	0,0000
D:LA	435,766	1	435,766	39,88	0,0000
CD	47,9556	1	47,9556	4,39	0,0581
Error Total	131,117	12	10,9265		
Total (corr.)	6153,92	15			

R-cuadrado = 97,8694 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,3367 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,30552  
 Error absoluto de la media = 2,05625

Gráfico de Pareto estandarizado para RA



## Anexo 4.2.9 - OptimizaçãO de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

### Optimizaci3n de Resposta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\TIRA\_SARJA3.sfx

#### Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 PFB  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	830,0	1300,0
FRTT	630,0	930,0
ARTB	39,0	53,0
ARTT	31,5	36,0
RRB	28,0	54,0
RRT	21,0	44,0
PFB	4,0	4,5
RA/1000	36,0	93,4

Respuesta	Conveniencias		Objetivo	Pesos		
	Bajo	Alto		Primero	Segundo	Impacto
FRTB	830,0	1300,0	Maximizar	1,0		3,0
FRTT	630,0	930,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTB	39,0	53,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTT	31,0	36,0	Maximizar	1,0		3,0
RRB	28,0	54,0	Maximizar	1,0		3,0
RRT	21,0	44,0	Maximizar	1,0		3,0
PFB	0,0	0,0	Maximizar	0,0		0,0
RA/1000	36,0	93,0	Maximizar	1,0		3,0

## Anexo 4.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA/1000	Pronosticado Conveniencia	Observado Conveniencia
1	980,0	720,0	41,0	32,0	41,0	36,0	4,0	43,2	0,288109	0,272883
2	980,0	720,0	43,0	32,0	37,0	32,0	4,0	41,3	0,340943	0,261768
3	970,0	710,0	40,0	33,0	36,0	31,0	4,0	48,0	0,215639	0,251654
4	970,0	690,0	42,0	35,0	43,0	28,0	4,0	46,4	0,291278	0,31777
5	1300,0	910,0	49,0	36,0	54,0	44,0	4,0	81,4	0,853974	0,913539
6	1300,0	920,0	51,0	36,0	49,0	42,0	4,0	85,1	0,896312	0,912393
7	1300,0	930,0	48,0	34,5	46,0	39,0	4,0	81,7	0,839927	0,792006
8	1300,0	870,0	53,0	36,0	46,0	37,0	4,0	93,4	0,875577	0,872621
9	840,0	650,0	42,0	32,0	36,0	30,0	4,0	40,0	0,0908344	0,126334
10	830,0	650,0	43,0	35,0	35,0	28,0	4,5	36,0	0,10594	0,0
11	840,0	650,0	39,0	32,0	28,0	22,0	4,0	38,0	0,0	0,0
12	850,0	630,0	40,0	33,5	28,0	21,0	4,0	37,0	0,0719529	0,0
13	980,0	770,0	44,0	31,5	44,0	30,0	4,0	72,0	0,402634	0,347078
14	920,0	760,0	45,5	33,0	37,0	29,0	4,5	71,0	0,459	0,379769
15	1000,0	830,0	46,0	32,5	39,0	28,0	4,0	72,0	0,381035	0,434877
16	1000,0	800,0	47,5	34,5	37,0	26,0	4,0	71,0	0,417028	0,454804

El StatAdvisor

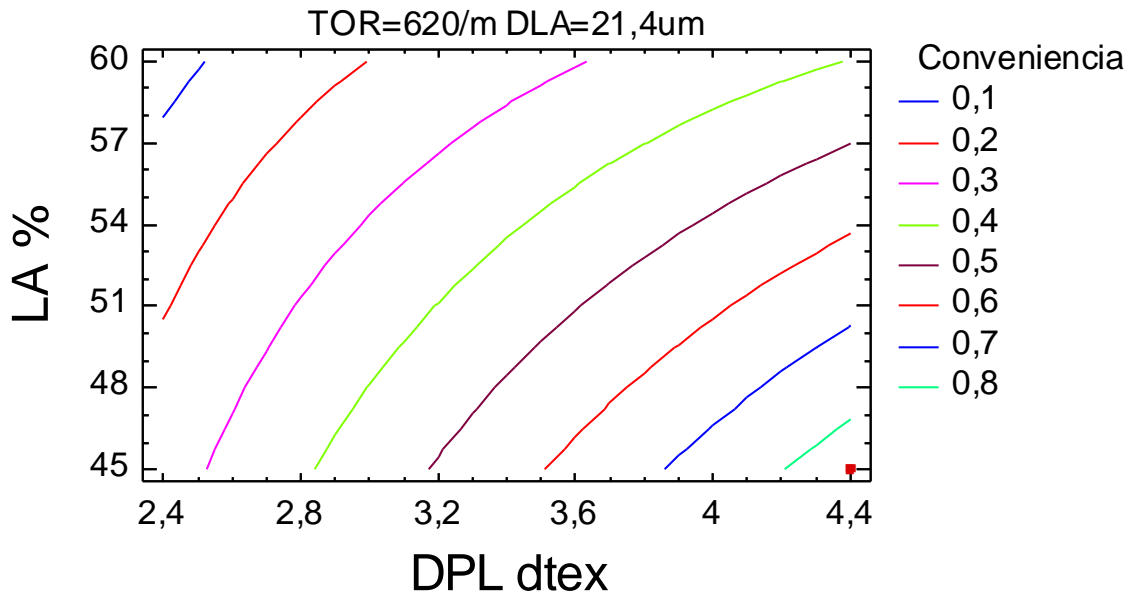
Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 PFB - maximizar  
 RA/1000 - maximizar

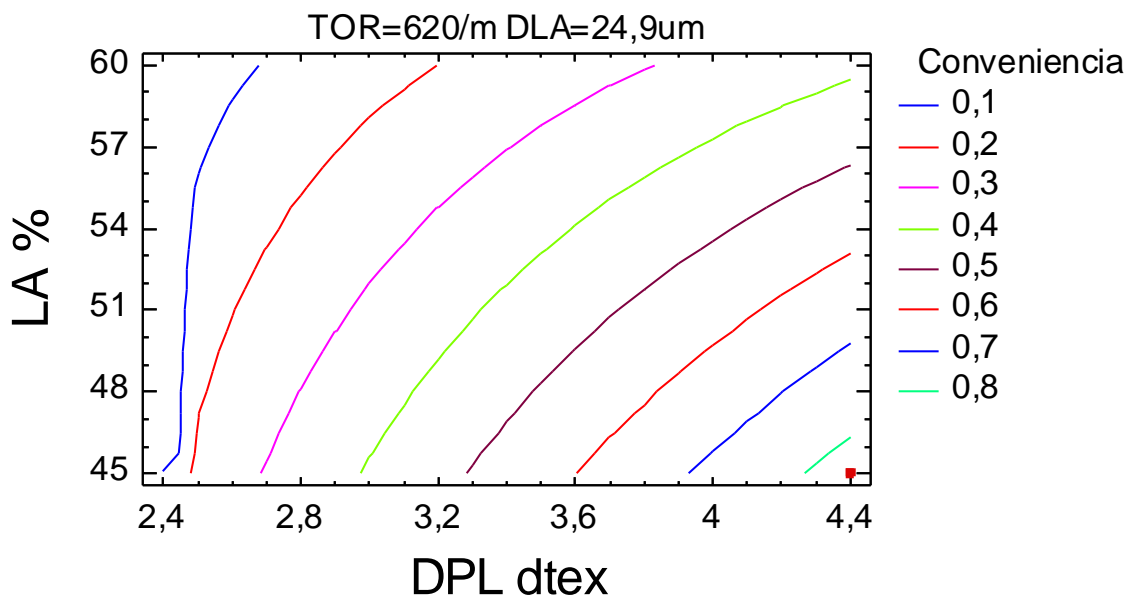
La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una conveniencia máxima en la ejecución 6. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares.

Anexo 4.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

### TECIDO TIRA - SARJA 3 - CONVENIENCIA

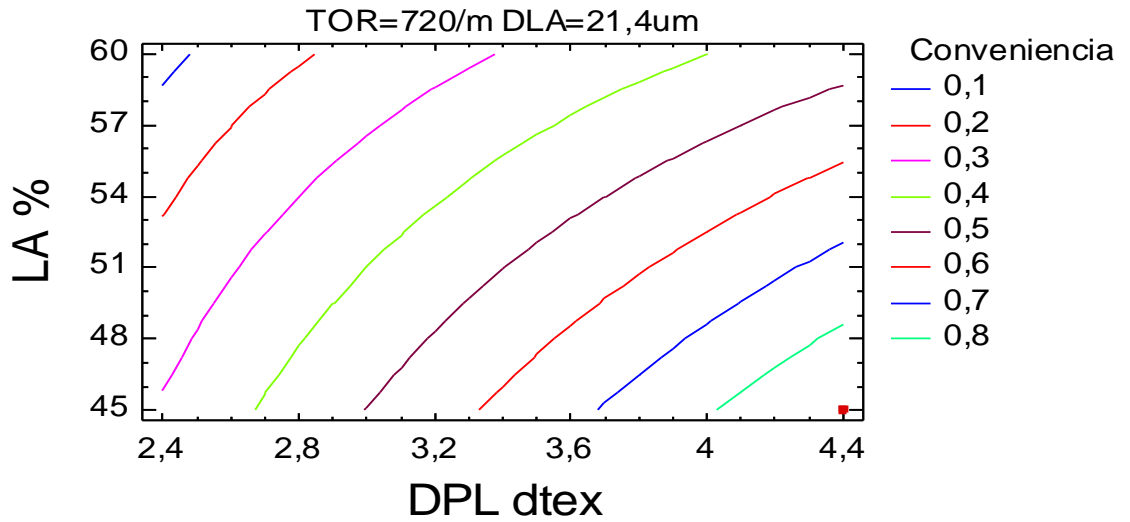


### TECIDO TIRA - SARJA 3 - CONVENIENCIA

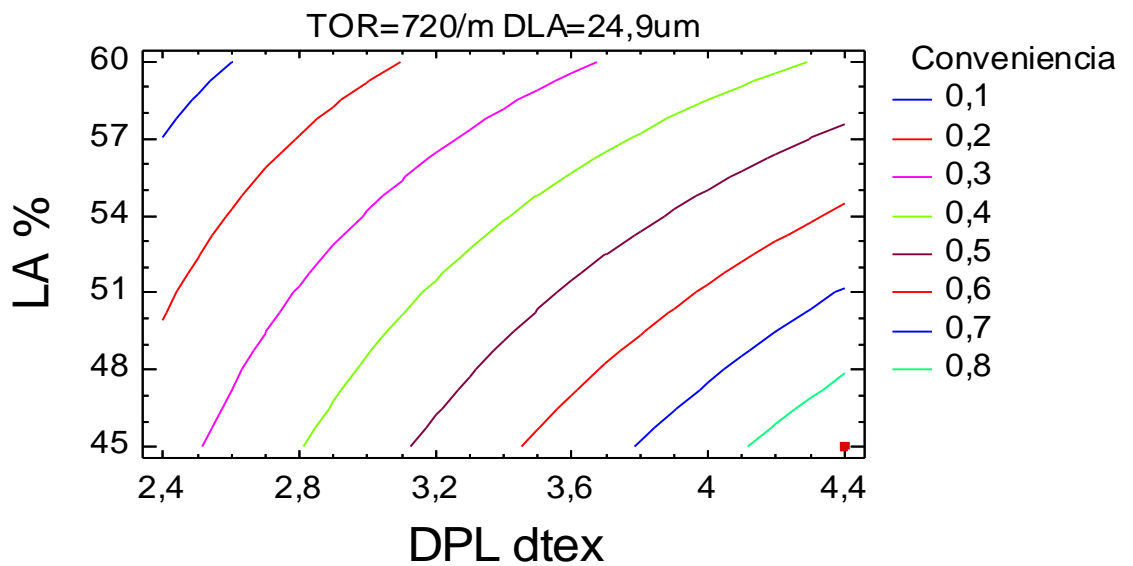


Anexo 4.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TIRA.

TECIDO TIRA - SARJA 3 - CONVENIENCIA



TECIDO TIRA - SARJA 3 - CONVENIENCIA



### Anexo 4.3.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>TIRA</sub>), para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	400,0	1	400,0	1,45	0,2818
B:DLA	100,0	1	100,0	0,36	0,5728
C:DPL	70225,0	1	70225,0	255,36	0,0000
D:LA	52900,0	1	52900,0	192,36	0,0000
AB	25,0	1	25,0	0,09	0,7752
AC	100,0	1	100,0	0,36	0,5728
AD	25,0	1	25,0	0,09	0,7752
BC	1600,0	1	1600,0	5,82	0,0607
BD	225,0	1	225,0	0,82	0,4072
CD	1600,0	1	1600,0	5,82	0,0607
Error Total	1375,0	5	275,0		
Total (corr.)	128575,0	15			

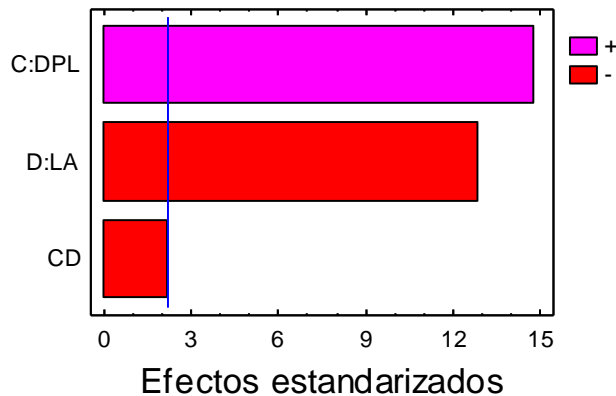
R-cuadrado = 98,9306 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,7918 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 16,5831  
 Error absoluto de la media = 7,65625

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	70225,0	1	70225,0	218,88	0,0000
D:LA	52900,0	1	52900,0	164,88	0,0000
CD	1600,0	1	1600,0	4,99	0,0454
Error Total	3850,0	12	320,833		
Total (corr.)	128575,0	15			

R-cuadrado = 97,0056 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,257 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 17,9118  
 Error absoluto de la media = 12,1875

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 4.3.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>TIRA</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	756,25	1	756,25	3,50	0,1204
B:DLA	506,25	1	506,25	2,34	0,1866
C:DPL	127806,0	1	127806,0	591,01	0,0000
D:LA	47306,3	1	47306,3	218,76	0,0000
AB	156,25	1	156,25	0,72	0,4341
AC	56,25	1	56,25	0,26	0,6317
AD	56,25	1	56,25	0,26	0,6317
BC	756,25	1	756,25	3,50	0,1204
BD	156,25	1	156,25	0,72	0,4341
CD	2256,25	1	2256,25	10,43	0,0232
Error Total	1081,25	5	216,25		
Total (corr.)	180894,0	15			

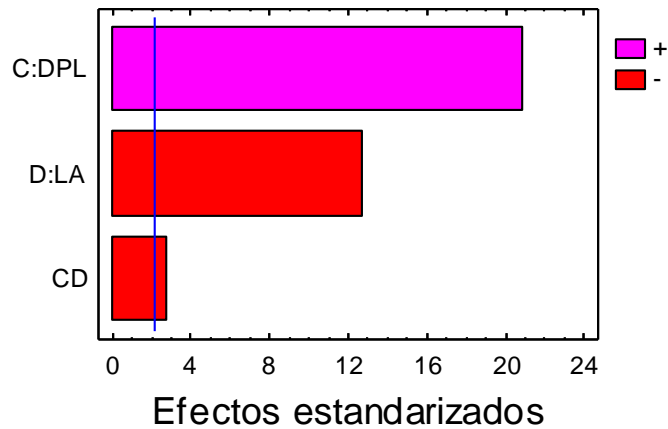
R-cuadrado = 99,4023 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,2068 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 14,7054  
 Error absoluto de la media = 8,125

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	127806,0	1	127806,0	435,09	0,0000
D:LA	47306,3	1	47306,3	161,04	0,0000
CD	2256,25	1	2256,25	7,68	0,0169
Error Total	3525,0	12	293,75		
Total (corr.)	180894,0	15			

R-cuadrado = 98,0513 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,5642 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 17,1391  
 Error absoluto de la media = 12,8125

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 4.3.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>TIRA</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	13,1406	1	13,1406	31,62	0,0025
B:DLA	0,765625	1	0,765625	1,84	0,2328
C:DPL	107,641	1	107,641	258,98	0,0000
D:LA	15,0156	1	15,0156	36,13	0,0018
AB	0,765625	1	0,765625	1,84	0,2328
AC	2,64063	1	2,64063	6,35	0,0531
AD	0,140625	1	0,140625	0,34	0,5860
BC	1,89063	1	1,89063	4,55	0,0861
BD	0,765625	1	0,765625	1,84	0,2328
CD	2,64063	1	2,64063	6,35	0,0531
Error Total	2,07813	5	0,415625		
Total (corr.)	147,484	15			

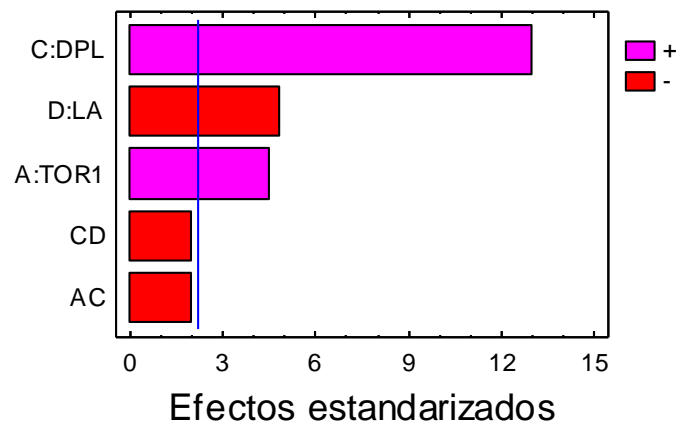
R-cuadrado = 98,591 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,7729 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,64469  
 Error absoluto de la media = 0,296875

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	13,1406	1	13,1406	20,51	0,0011
C:DPL	107,641	1	107,641	168,02	0,0000
D:LA	15,0156	1	15,0156	23,44	0,0007
AC	2,64063	1	2,64063	4,12	0,0698
CD	2,64063	1	2,64063	4,12	0,0698
Error Total	6,40625	10	0,640625		
Total (corr.)	147,484	15			

R-cuadrado = 95,6563 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 93,4845 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,800391  
 Error absoluto de la media = 0,445313

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 4.3.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>TIRA</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,76563	1	9,76563	7,87	0,0377
B:DLA	0,765625	1	0,765625	0,62	0,4677
C:DPL	2,64063	1	2,64063	2,13	0,2044
D:LA	23,7656	1	23,7656	19,16	0,0072
AB	0,765625	1	0,765625	0,62	0,4677
AC	0,765625	1	0,765625	0,62	0,4677
AD	0,390625	1	0,390625	0,31	0,5989
BC	1,89063	1	1,89063	1,52	0,2719
BD	0,015625	1	0,015625	0,01	0,9150
CD	2,64063	1	2,64063	2,13	0,2044
Error Total	6,20313	5	1,24063		
Total (corr.)	49,6094	15			

R-cuadrado = 87,4961 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 62,4882 por ciento

Error Estándar de Est. = 1,11383

Error absoluto de la media = 0,535156

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,76563	1	9,76563	7,90	0,0147
D:LA	23,7656	1	23,7656	19,22	0,0007
Error Total	16,0781	13	1,23678		
Total (corr.)	49,6094	15			

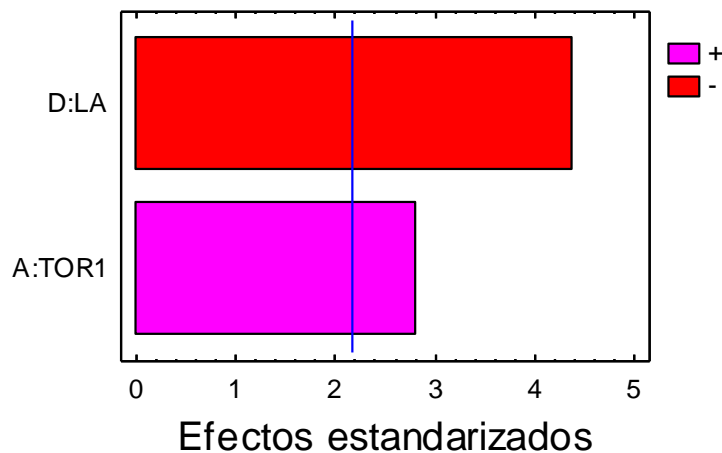
R-cuadrado = 67,5906 por ciento

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 62,6045 por ciento

Error Estándar de Est. = 1,11211

Error absoluto de la media = 0,847656

### Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 4.3.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>TIRA</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	18,0625	1	18,0625	5,90	0,0595
B:DLA	60,0625	1	60,0625	19,61	0,0068
C:DPL	217,563	1	217,563	71,04	0,0004
D:LA	612,563	1	612,563	200,02	0,0000
AB	3,0625	1	3,0625	1,00	0,3632
AC	10,5625	1	10,5625	3,45	0,1224
AD	0,5625	1	0,5625	0,18	0,6861
BC	0,0625	1	0,0625	0,02	0,8920
BD	0,0625	1	0,0625	0,02	0,8920
CD	10,5625	1	10,5625	3,45	0,1224
Error Total	15,3125	5	3,0625		
Total (corr.)	948,438	15			

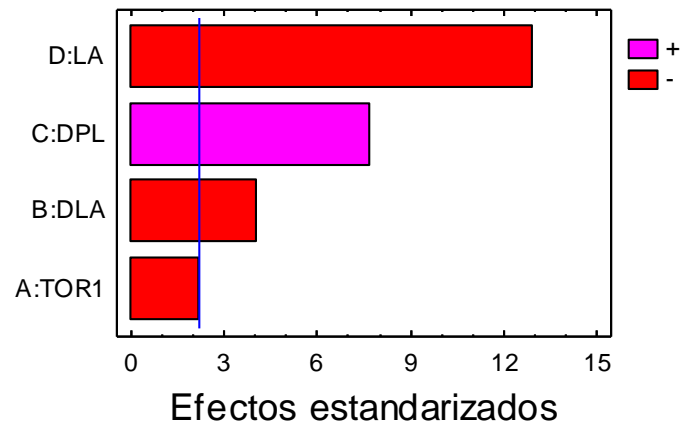
R-cuadrado = 98,3855 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,1565 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,75  
 Error absoluto de la media = 0,8125

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	18,0625	1	18,0625	4,94	0,0481
B:DLA	60,0625	1	60,0625	16,44	0,0019
C:DPL	217,563	1	217,563	59,55	0,0000
D:LA	612,563	1	612,563	167,67	0,0000
Error Total	40,1875	11	3,65341		
Total (corr.)	948,438	15			

R-cuadrado = 95,7628 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,222 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,91139  
 Error absoluto de la media = 1,13281

Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 4.3.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>TIRA</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	20,25	1	20,25	15,00	0,0117
B:DLA	64,0	1	64,0	47,41	0,0010
C:DPL	196,0	1	196,0	145,19	0,0001
D:LA	576,0	1	576,0	426,67	0,0000
AB	1,0	1	1,0	0,74	0,4288
AC	4,0	1	4,0	2,96	0,1458
AD	1,0	1	1,0	0,74	0,4288
BC	0,25	1	0,25	0,19	0,6849
BD	0,25	1	0,25	0,19	0,6849
CD	6,25	1	6,25	4,63	0,0841
Error Total	6,75	5	1,35		
Total (corr.)	875,75	15			

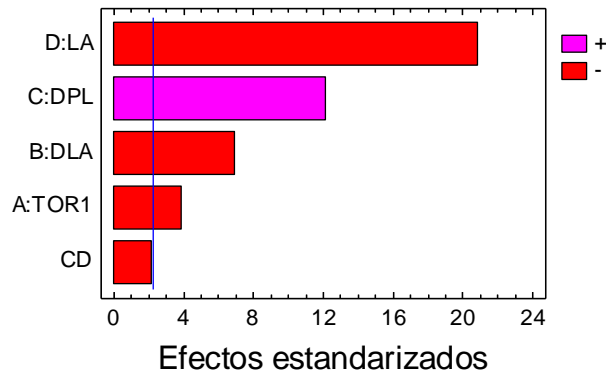
R-cuadrado = 99,2292 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,6877 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,1619  
 Error absoluto de la media = 0,53125

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	20,25	1	20,25	15,28	0,0029
B:DLA	64,0	1	64,0	48,30	0,0000
C:DPL	196,0	1	196,0	147,92	0,0000
D:LA	576,0	1	576,0	434,72	0,0000
CD	6,25	1	6,25	4,72	0,0550
Error Total	13,25	10	1,325		
Total (corr.)	875,75	15			

R-cuadrado = 98,487 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,7305 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,15109  
 Error absoluto de la media = 0,765625

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 4.3.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TIRA</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,0625	1	0,0625	2,50	0,1747
B:DLA	0,25	1	0,25	10,00	0,0250
C:DPL	0,0625	1	0,0625	2,50	0,1747
D:LA	0,0625	1	0,0625	2,50	0,1747
AB	0,0625	1	0,0625	2,50	0,1747
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	0,0625	1	0,0625	2,50	0,1747
BD	0,0625	1	0,0625	2,50	0,1747
CD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
Error Total	0,125	5	0,025		

Total (corr.) 0,75 15

R-cuadrado = 83,3333 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 50,0 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,158114  
 Error absoluto de la media = 0,0625

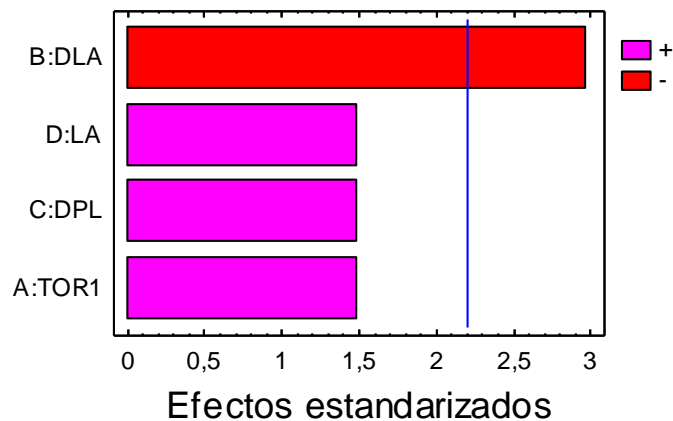
Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,0625	1	0,0625	2,20	0,1661
B:DLA	0,25	1	0,25	8,80	0,0128
C:DPL	0,0625	1	0,0625	2,20	0,1661
D:LA	0,0625	1	0,0625	2,20	0,1661
Error Total	0,3125	11	0,0284091		

Total (corr.) 0,75 15

R-cuadrado = 58,3333 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 43,1818 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,16855  
 Error absoluto de la media = 0,125

Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 4.3.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>TIRA</sub>) para o ligamento de tafetá com acabamento TIRA.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	15,6025	1	15,6025	1,83	0,2343
B:DLA	16,0	1	16,0	1,87	0,2292
C:DPL	7353,06	1	7353,06	861,52	0,0000
D:LA	481,802	1	481,802	56,45	0,0007
AB	7,0225	1	7,0225	0,82	0,4060
AC	4,41	1	4,41	0,52	0,5044
AD	11,56	1	11,56	1,35	0,2970
BC	22,5625	1	22,5625	2,64	0,1649
BD	0,4225	1	0,4225	0,05	0,8327
CD	15,21	1	15,21	1,78	0,2394
Error Total	42,675	5	8,535		
Total (corr.)	7970,33	15			

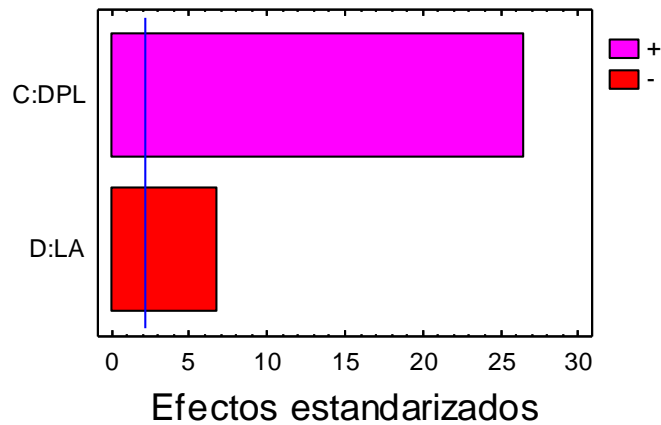
R-cuadrado = 99,4646 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,3937 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,92147  
 Error absoluto de la media = 1,35938

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	7353,06	1	7353,06	705,64	0,0000
D:LA	481,802	1	481,802	46,24	0,0000
Error Total	135,465	13	10,4204		
Total (corr.)	7970,33	15			

R-cuadrado = 98,3004 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,0389 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,22806  
 Error absoluto de la media = 2,33438

Gráfico de Pareto estandarizado para RA



### Anexo 4.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

La inclusión o exclusión de PFB prácticamente no modifica los valores de deseabilidad

Optimización de Respuesta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\TIRA\_TAFETAcorr.sfx

Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 PFB  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	550,0	810,0
FRTT	520,0	850,0
ARTB	35,5	45,0
ARTT	36,5	42,5
RRB	21,0	46,0
RRT	18,0	41,0
PFB	4,0	4,5
RA/1000	37,0	97,7

Respuesta	Conveniencias		Objetivo	Pesos		Impacto
	Bajo	Alto		Primero	Segundo	
FRTB	550,0	810,0	Maximizar	1,0	3,0	
FRTT	520,0	850,0	Maximizar	1,0	3,0	
ARTB	35,0	45,0	Maximizar	1,0	3,0	
ARTT	36,0	42,0	Maximizar	1,0	3,0	
RRB	21,0	46,0	Maximizar	1,0	3,0	
RRT	18,0	41,0	Maximizar	1,0	3,0	
PFB	4,0	4,0	Maximizar	1,0	3,0	
RA/1000	37,0	97,0	Maximizar	1,0	3,0	

## Anexo 4.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA/1000	Pronosticado Conveniencia	Observado Conveniencia
1	660,0	640,0	37,0	39,5	40,0	36,0	4,0	54,4	0,458502	0,485678
2	660,0	620,0	40,0	39,5	32,0	31,0	4,0	52,7	0,515772	0,471277
3	670,0	620,0	37,0	38,0	34,0	30,0	4,0	54,3	0,0	0,405387
4	630,0	610,0	39,0	41,0	32,0	27,0	4,0	58,0	0,0	0,450137
5	800,0	850,0	43,0	40,5	46,0	41,0	4,0	94,3	0,908369	0,928197
6	810,0	820,0	45,0	42,5	46,0	41,0	4,5	96,5	0,948492	0,987124
7	810,0	820,0	44,0	39,5	41,0	39,0	4,0	97,7	0,0	0,876584
8	810,0	810,0	45,0	42,0	41,0	36,0	4,0	94,6	0,903605	0,923313
9	580,0	560,0	36,0	38,5	28,0	24,0	4,0	37,0	0,138718	0,0
10	560,0	550,0	40,0	39,5	24,0	20,0	4,5	40,7	0,161663	0,168707
11	550,0	520,0	35,5	36,5	22,0	19,0	4,0	46,0	0,0	0,0
12	550,0	520,0	37,0	37,0	21,0	18,0	4,0	44,0	0,0	0,0
13	660,0	690,0	41,5	36,5	31,0	29,0	4,5	83,0	0,518409	0,45165
14	640,0	670,0	41,5	38,0	31,0	27,0	4,5	92,0	0,560607	0,514254
15	700,0	710,0	41,0	37,5	29,0	24,0	4,0	84,0	0,467699	0,488789
16	690,0	700,0	42,0	39,5	27,0	24,0	4,0	88,0	0,489949	0,531646

El StatAdvisor

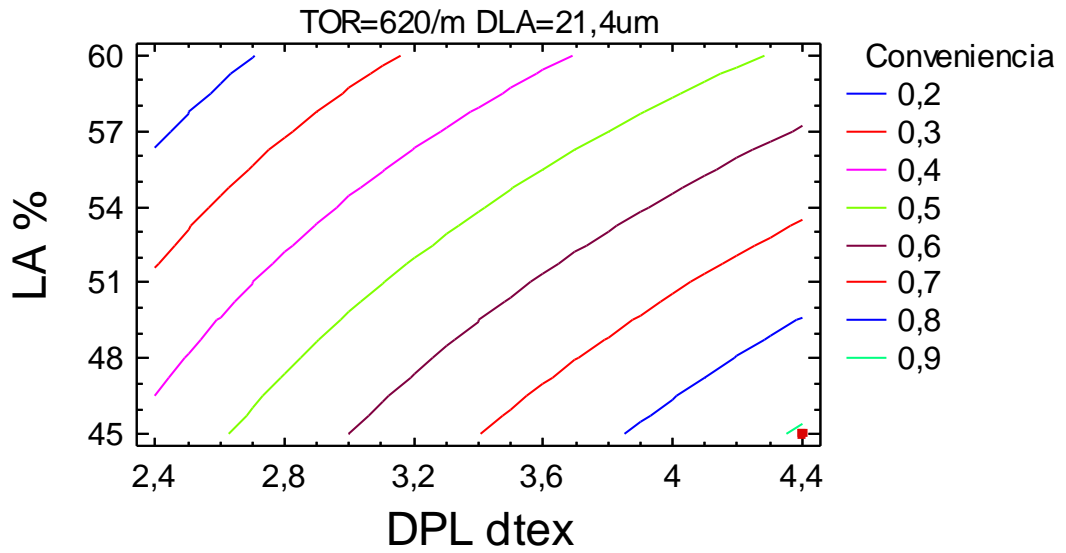
-----  
 Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 PFB - maximizar  
 RA/1000 - maximizar

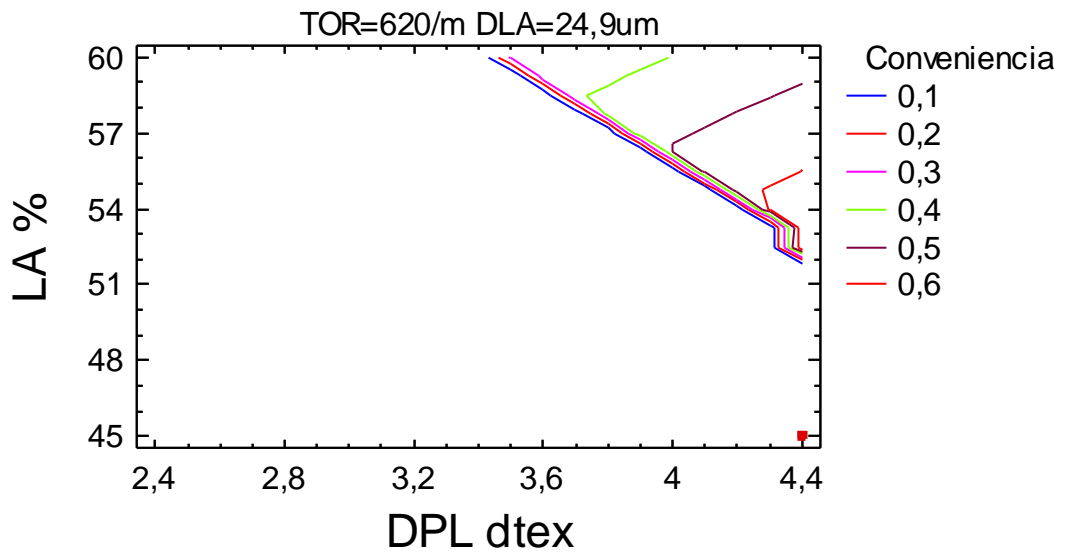
La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una conveniencia máxima en la ejecución 6. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares.

Anexo 4.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

TECIDO TIRA - TAFETA - CONVENIENCIA

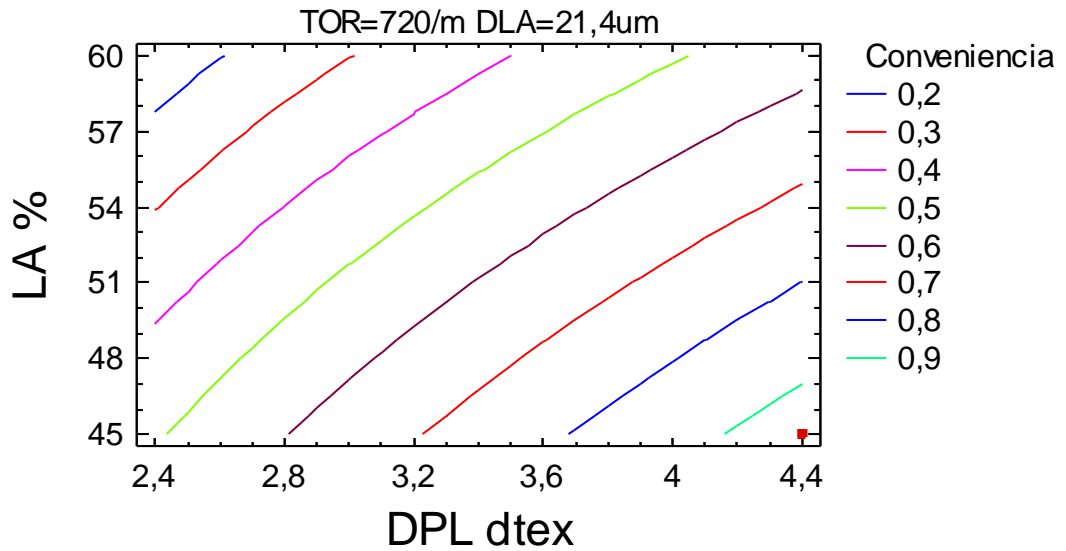


TECIDO TIRA - TAFETA - CONVENIENCIA

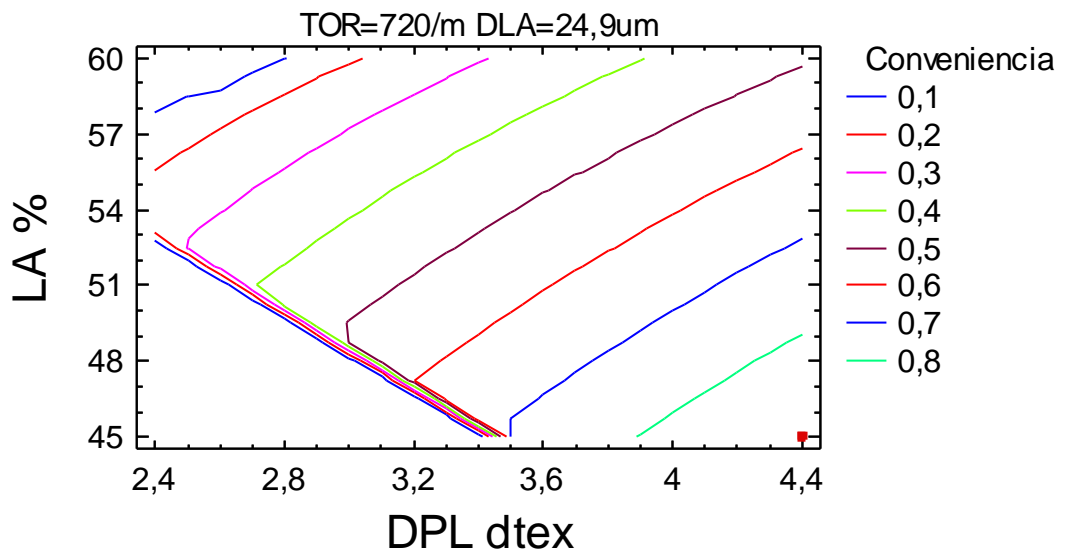


Anexo 4.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TIRA.

### TECIDO TIRA - TAFETA - CONVENIENCIA



### TECIDO TIRA - TAFETA - CONVENIENCIA



### Anexo 5.1.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>TLS</sub>), para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
B:DLA	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
C:DPL	211600,0	1	211600,0	5290,00	0,0000
D:LA	211600,0	1	211600,0	5290,00	0,0000
AB	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AC	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
AD	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
BC	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
BD	100,0	1	100,0	2,50	0,1747
CD	19600,0	1	19600,0	490,00	0,0000
Error Total	200,0	5	40,0		
Total (corr.)	443600,0	15			

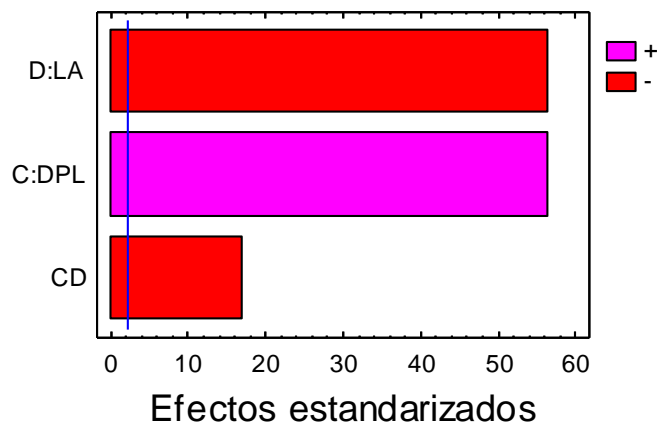
R-cuadrado = 99,9549 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,8647 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 6,32456  
 Error absoluto de la media = 2,5

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	211600,0	1	211600,0	3174,00	0,0000
D:LA	211600,0	1	211600,0	3174,00	0,0000
CD	19600,0	1	19600,0	294,00	0,0000
Error Total	800,0	12	66,6667		
Total (corr.)	443600,0	15			

R-cuadrado = 99,8197 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,7746 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 8,16497  
 Error absoluto de la media = 2,5

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 5.1.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	400,0	1	400,0	1,63	0,2574
B:DLA	25,0	1	25,0	0,10	0,7623
C:DPL	140625,0	1	140625,0	573,98	0,0000
D:LA	75625,0	1	75625,0	308,67	0,0000
AB	400,0	1	400,0	1,63	0,2574
AC	400,0	1	400,0	1,63	0,2574
AD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
BC	25,0	1	25,0	0,10	0,7623
BD	4225,0	1	4225,0	17,24	0,0089
CD	3025,0	1	3025,0	12,35	0,0170
Error Total	1225,0	5	245,0		

Total (corr.) 225975,0 15

R-cuadrado = 99,4579 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,3737 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 15,6525  
 Error absoluto de la media = 7,1875

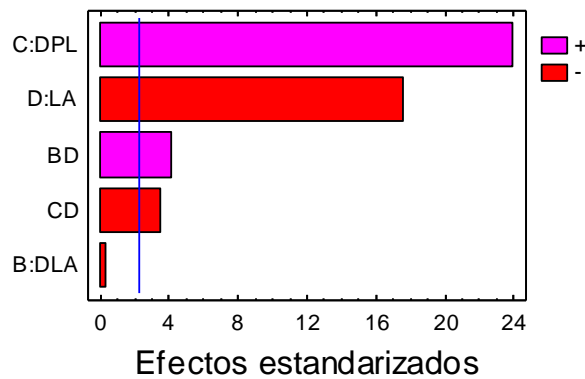
Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	25,0	1	25,0	0,10	0,7560
C:DPL	140625,0	1	140625,0	573,98	0,0000
D:LA	75625,0	1	75625,0	308,67	0,0000
BD	4225,0	1	4225,0	17,24	0,0020
CD	3025,0	1	3025,0	12,35	0,0056
Error Total	2450,0	10	245,0		

Total (corr.) 225975,0 15

R-cuadrado = 98,9158 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,3737 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 15,6525  
 Error absoluto de la media = 8,125

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 5.1.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	17,0156	1	17,0156	18,58	0,0076
B:DLA	1,26563	1	1,26563	1,38	0,2926
C:DPL	129,391	1	129,391	141,31	0,0001
D:LA	8,26563	1	8,26563	9,03	0,0299
AB	0,140625	1	0,140625	0,15	0,7113
AC	0,015625	1	0,015625	0,02	0,9012
AD	4,51563	1	4,51563	4,93	0,0771
BC	5,64063	1	5,64063	6,16	0,0557
BD	0,140625	1	0,140625	0,15	0,7113
CD	8,26563	1	8,26563	9,03	0,0299
Error Total	4,57813	5	0,915625		
Total (corr.)	179,234	15			

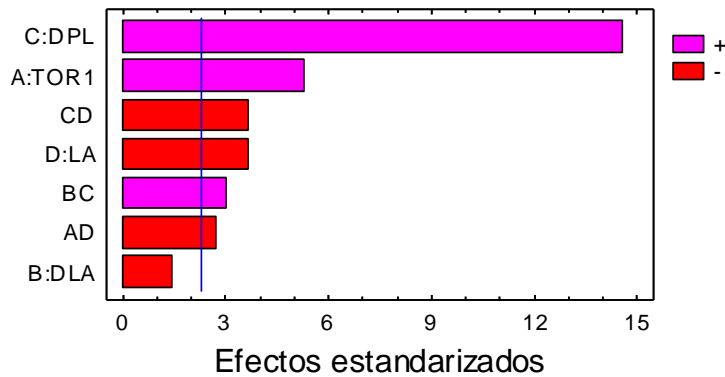
R-cuadrado = 97,4457 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,3372 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,956883  
 Error absoluto de la media = 0,441406

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	17,0156	1	17,0156	27,92	0,0007
B:DLA	1,26563	1	1,26563	2,08	0,1875
C:DPL	129,391	1	129,391	212,33	0,0000
D:LA	8,26563	1	8,26563	13,56	0,0062
AD	4,51563	1	4,51563	7,41	0,0262
BC	5,64063	1	5,64063	9,26	0,0160
CD	8,26563	1	8,26563	13,56	0,0062
Error Total	4,875	8	0,609375		
Total (corr.)	179,234	15			

R-cuadrado = 97,2801 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,9002 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,780625  
 Error absoluto de la media = 0,445313

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 5.1.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	5,64063	1	5,64063	2,04	0,2126
B:DLA	0,140625	1	0,140625	0,05	0,8305
C:DPL	3,51563	1	3,51563	1,27	0,3107
D:LA	28,8906	1	28,8906	10,45	0,0232
AB	0,390625	1	0,390625	0,14	0,7225
AC	0,140625	1	0,140625	0,05	0,8305
AD	0,015625	1	0,015625	0,01	0,9430
BC	0,140625	1	0,140625	0,05	0,8305
BD	0,140625	1	0,140625	0,05	0,8305
CD	2,64063	1	2,64063	0,95	0,3734
Error Total	13,8281	5	2,76563		
Total (corr.)	55,4844	15			

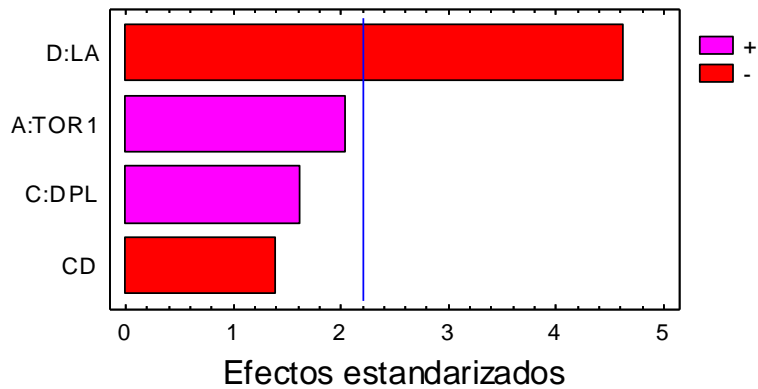
R-cuadrado = 75,0774 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 25,2323 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,66302  
 Error absoluto de la media = 0,90625

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	5,64063	1	5,64063	4,19	0,0652
C:DPL	3,51563	1	3,51563	2,61	0,1342
D:LA	28,8906	1	28,8906	21,48	0,0007
CD	2,64063	1	2,64063	1,96	0,1888
Error Total	14,7969	11	1,34517		
Total (corr.)	55,4844	15			

R-cuadrado = 73,3315 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 63,6338 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,15981  
 Error absoluto de la media = 0,90625

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 5.1.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>TL5</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	7,5625	1	7,5625	1,03	0,3573
B:DLA	105,063	1	105,063	14,27	0,0129
C:DPL	495,063	1	495,063	67,24	0,0004
D:LA	232,563	1	232,563	31,59	0,0025
AB	7,5625	1	7,5625	1,03	0,3573
AC	1,5625	1	1,5625	0,21	0,6644
AD	0,5625	1	0,5625	0,08	0,7933
BC	7,5625	1	7,5625	1,03	0,3573
BD	7,5625	1	7,5625	1,03	0,3573
CD	10,5625	1	10,5625	1,43	0,2847
Error Total	36,8125	5	7,3625		

Total (corr.) 912,438 15

R-cuadrado = 95,9655 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 87,8964 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,71339  
 Error absoluto de la media = 1,25

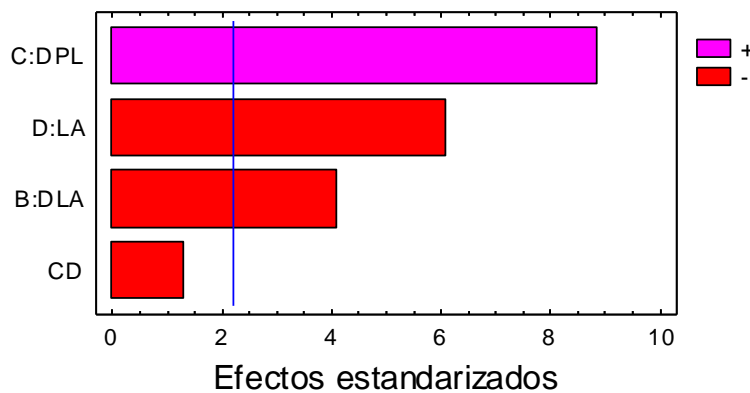
Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	105,063	1	105,063	16,70	0,0018
C:DPL	495,063	1	495,063	78,71	0,0000
D:LA	232,563	1	232,563	36,97	0,0001
CD	10,5625	1	10,5625	1,68	0,2215
Error Total	69,1875	11	6,28977		

Total (corr.) 912,438 15

R-cuadrado = 92,4173 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 89,6599 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,50794  
 Error absoluto de la media = 1,71094

Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 5.1.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	3,0625	1	3,0625	3,18	0,1345
B:DLA	60,0625	1	60,0625	62,40	0,0005
C:DPL	280,563	1	280,563	291,49	0,0000
D:LA	162,563	1	162,563	168,90	0,0000
AB	10,5625	1	10,5625	10,97	0,0212
AC	1,5625	1	1,5625	1,62	0,2586
AD	0,0625	1	0,0625	0,06	0,8090
BC	0,0625	1	0,0625	0,06	0,8090
BD	10,5625	1	10,5625	10,97	0,0212
CD	27,5625	1	27,5625	28,64	0,0031
Error Total	4,8125	5	0,9625		
Total (corr.)	561,438	15			

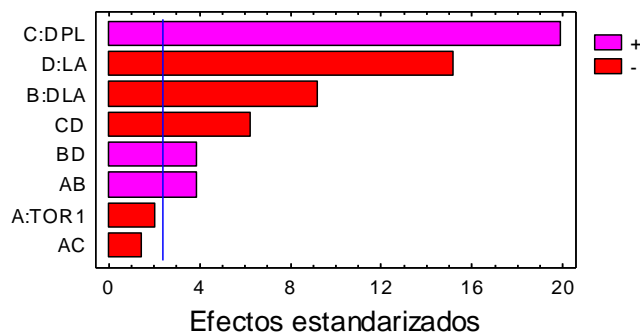
R-cuadrado = 99,1428 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,4285 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,981071  
 Error absoluto de la media = 0,46875

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	3,0625	1	3,0625	4,34	0,0757
B:DLA	60,0625	1	60,0625	85,15	0,0000
C:DPL	280,563	1	280,563	397,76	0,0000
D:LA	162,563	1	162,563	230,47	0,0000
AB	10,5625	1	10,5625	14,97	0,0061
AC	1,5625	1	1,5625	2,22	0,1803
BD	10,5625	1	10,5625	14,97	0,0061
CD	27,5625	1	27,5625	39,08	0,0004
Error Total	4,9375	7	0,705357		
Total (corr.)	561,438	15			

R-cuadrado = 99,1206 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,1155 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,839855  
 Error absoluto de la media = 0,46875

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 5.1.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 4 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	2,25	1	2,25	60,00	0,0006
B:DLA	0,25	1	0,25	6,67	0,0493
C:DPL	0,5625	1	0,5625	15,00	0,0117
D:LA	1,0	1	1,0	26,67	0,0036
AB	0,0625	1	0,0625	1,67	0,2532
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,5625	1	0,5625	15,00	0,0117
BC	0,25	1	0,25	6,67	0,0493
BD	0,0625	1	0,0625	1,67	0,2532
CD	0,25	1	0,25	6,67	0,0493
Error Total	0,1875	5	0,0375		
Total (corr.)	5,4375	15			

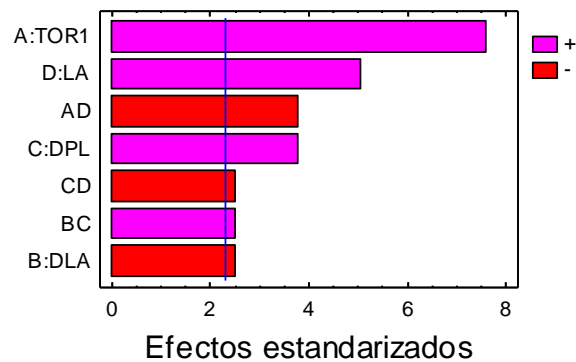
R-cuadrado = 96,5517 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 89,6552 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,193649  
 Error absoluto de la media = 0,09375

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	2,25	1	2,25	57,60	0,0001
B:DLA	0,25	1	0,25	6,40	0,0353
C:DPL	0,5625	1	0,5625	14,40	0,0053
D:LA	1,0	1	1,0	25,60	0,0010
AD	0,5625	1	0,5625	14,40	0,0053
BC	0,25	1	0,25	6,40	0,0353
CD	0,25	1	0,25	6,40	0,0353
Error Total	0,3125	8	0,0390625		
Total (corr.)	5,4375	15			

R-cuadrado = 94,2529 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 89,2241 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,197642  
 Error absoluto de la media = 0,109375

Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 5.1.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>TLS</sub>) para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	3,0625	1	3,0625	0,11	0,7582
B:DLA	76,5625	1	76,5625	2,64	0,1649
C:DPL	5365,56	1	5365,56	185,26	0,0000
D:LA	410,063	1	410,063	14,16	0,0131
AB	10,5625	1	10,5625	0,36	0,5723
AC	1,5625	1	1,5625	0,05	0,8255
AD	0,5625	1	0,5625	0,02	0,8946
BC	14,0625	1	14,0625	0,49	0,5170
BD	3,0625	1	3,0625	0,11	0,7582
CD	95,0625	1	95,0625	3,28	0,1298
Error Total	144,813	5	28,9625		

Total (corr.) 6124,94 15

R-cuadrado = 97,6357 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,9071 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 5,38168  
 Error absoluto de la media = 2,49219

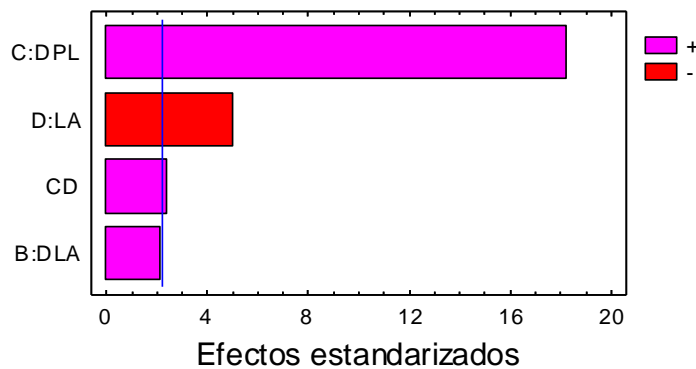
Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	76,5625	1	76,5625	4,74	0,0521
C:DPL	5365,56	1	5365,56	332,16	0,0000
D:LA	410,063	1	410,063	25,39	0,0004
CD	95,0625	1	95,0625	5,88	0,0337
Error Total	177,688	11	16,1534		

Total (corr.) 6124,94 15

R-cuadrado = 97,0989 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,044 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 4,01913  
 Error absoluto de la media = 2,58594

Gráfico de Pareto estandarizado para RA/1000



## Anexo 5.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TLS.

Optimizaci3n de Resposta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\TLS\_SARJA4corr.sfx

Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 PFB  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	920,0	1400,0
FRTT	610,0	970,0
ARTB	40,5	51,5
ARTT	29,5	36,0
RRB	29,0	58,0
RRT	28,0	49,0
PFB	2,0	4,0
RA/1000	33,0	85,0

Respuesta	Conveniencias		Objetivo	Pesos		
	Bajo	Alto		Primero	Segundo	Impacto
FRTB	920,0	1400,0	Maximizar	1,0		3,0
FRTT	610,0	970,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTB	40,0	51,0	Maximizar	1,0		3,0
ARTT	29,0	36,0	Maximizar	1,0		3,0
RRB	29,0	58,0	Maximizar	1,0		3,0
RRT	28,0	49,0	Maximizar	1,0		3,0
PFB	2,0	4,0	Maximizar	1,0		3,0
RA/1000	33,0	85,0	Maximizar	1,0		3,0

## Anexo 5.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TLS.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA/1000	Pronosticado Conveniencia	Observado Conveniencia
1	1100,0	740,0	41,0	31,0	43,0	38,0	2,5	48,0	0,347767	0,29561
2	1100,0	760,0	45,0	32,5	41,0	36,0	4,0	45,0	0,454172	0,435412
3	1100,0	720,0	41,5	33,0	40,0	31,0	2,0	53,0	0,157183	0,0
4	1100,0	720,0	43,0	34,5	37,0	31,0	3,0	55,0	0,35587	0,34585
5	1400,0	970,0	48,0	35,0	58,0	49,0	3,0	81,0	0,81392	0,855795
6	1400,0	970,0	51,5	36,0	52,0	46,0	4,0	80,0	0,94088	0,940935
7	1400,0	960,0	48,0	33,0	49,0	42,0	3,0	85,0	0,760429	0,743005
8	1400,0	900,0	51,5	34,0	53,0	43,0	4,0	82,0	0,887457	0,867422
9	960,0	620,0	43,5	31,0	41,0	32,0	3,5	38,0	0,0	0,181854
10	940,0	610,0	44,5	32,0	37,0	30,0	4,0	35,0	0,0	0,0
11	940,0	640,0	40,5	29,5	29,0	28,0	3,5	35,0	0,0971701	0,0
12	920,0	630,0	42,0	31,0	30,0	31,0	3,5	33,0	0,135977	0,0
13	1100,0	770,0	46,0	30,0	45,0	39,0	3,5	67,0	0,49405	0,455111
14	1100,0	760,0	46,5	30,0	46,0	36,0	4,0	77,0	0,532949	0,47269
15	1100,0	810,0	47,0	31,0	43,0	35,0	3,5	85,0	0,468121	0,509927
16	1100,0	800,0	48,0	33,0	41,0	34,0	4,0	78,0	0,52761	0,550343

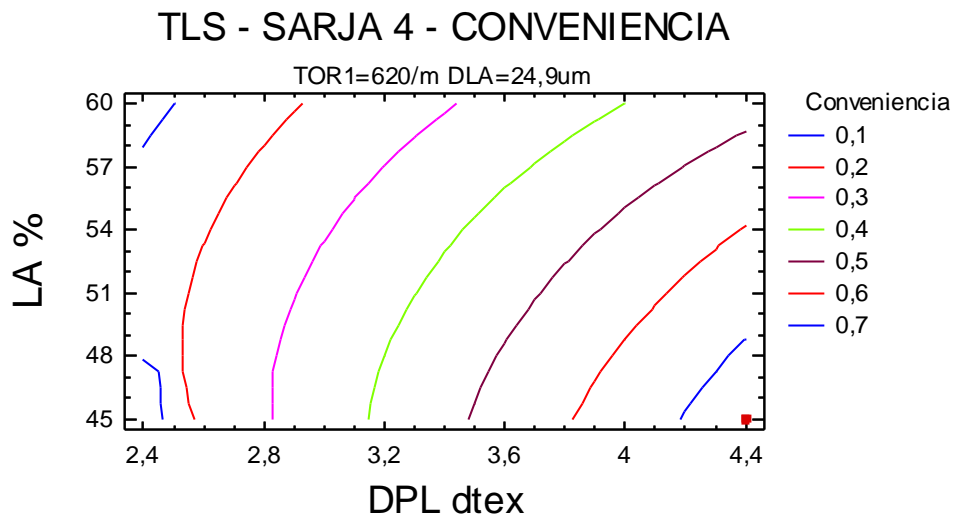
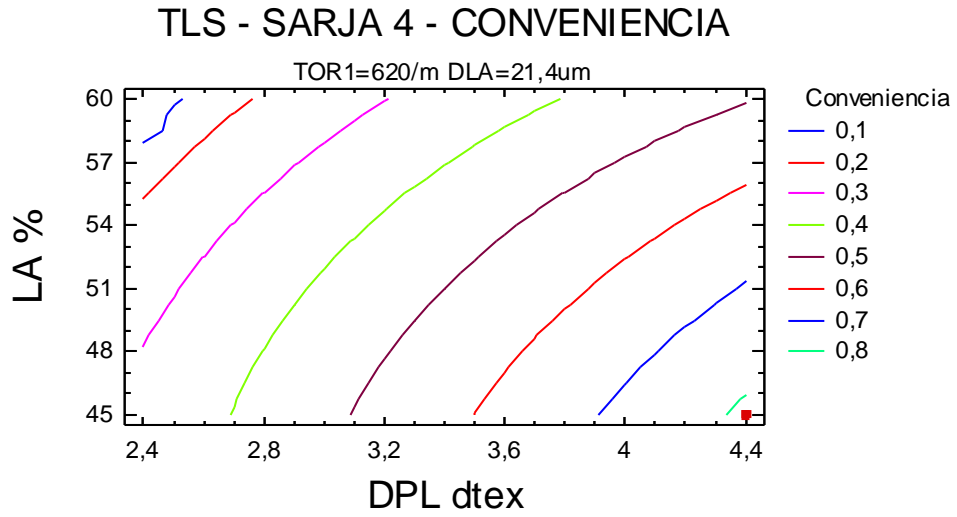
El StatAdvisor

Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

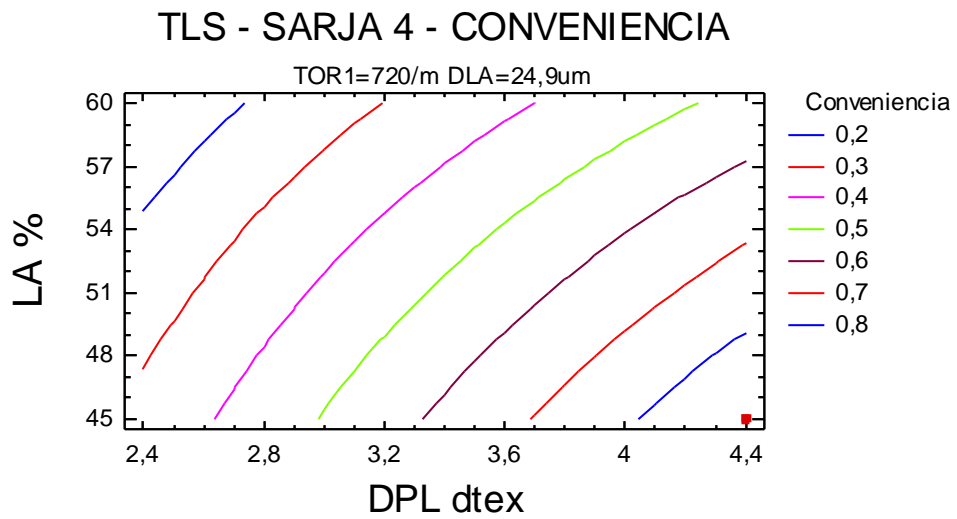
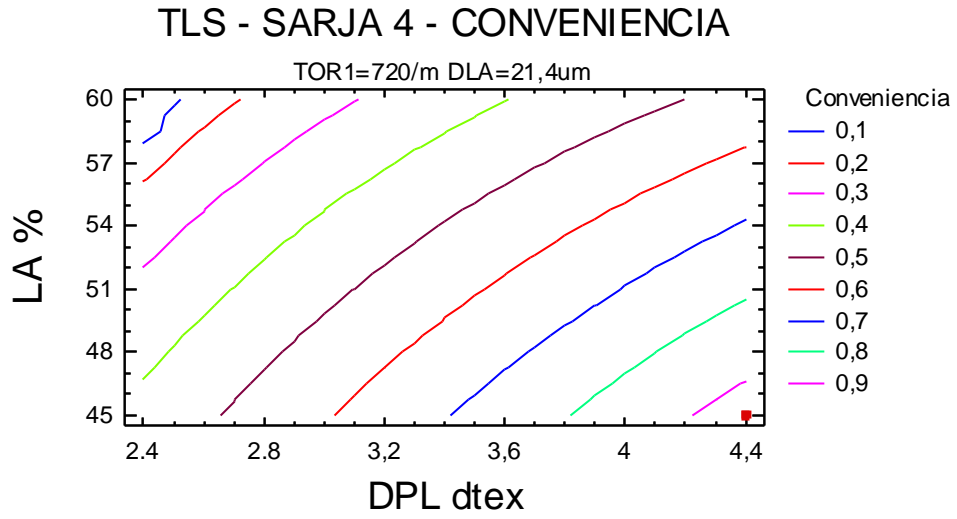
FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 PFB - maximizar  
 RA/1000 - maximizar

La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una conveniencia máxima en la ejecución 6. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares

Anexo 5.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TLS.



Anexo 5.1.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento de sarja de 4 com acabamento TLS.



### Anexo 5.2.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>TLS</sub>), para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1806,25	1	1806,25	1,26	0,3131
B:DLA	756,25	1	756,25	0,53	0,5006
C:DPL	213906,0	1	213906,0	148,93	0,0001
D:LA	82656,3	1	82656,3	57,55	0,0006
AB	156,25	1	156,25	0,11	0,7549
AC	56,25	1	56,25	0,04	0,8509
AD	756,25	1	756,25	0,53	0,5006
BC	506,25	1	506,25	0,35	0,5786
BD	7656,25	1	7656,25	5,33	0,0690
CD	3906,25	1	3906,25	2,72	0,1600
Error Total	7181,25	5	1436,25		

Total (corr.) 319344,0 15

R-cuadrado = 97,7512 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 93,2537 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 37,8979  
 Error absoluto de la media = 17,5781

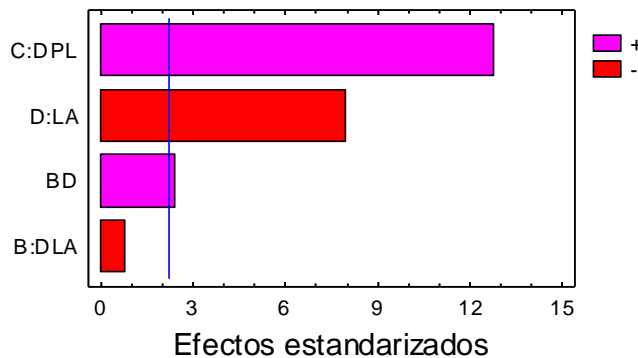
Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	756,25	1	756,25	0,58	0,4627
C:DPL	213906,0	1	213906,0	163,76	0,0000
D:LA	82656,3	1	82656,3	63,28	0,0000
BD	7656,25	1	7656,25	5,86	0,0339
Error Total	14368,8	11	1306,25		

Total (corr.) 319344,0 15

R-cuadrado = 95,5005 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 93,8644 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 36,1421  
 Error absoluto de la media = 23,8281

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 5.2.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	756,25	1	756,25	2,18	0,1995
B:DLA	6,25	1	6,25	0,02	0,8984
C:DPL	131406,0	1	131406,0	379,51	0,0000
D:LA	66306,3	1	66306,3	191,50	0,0000
AB	1056,25	1	1056,25	3,05	0,1411
AC	156,25	1	156,25	0,45	0,5315
AD	56,25	1	56,25	0,16	0,7036
BC	1406,25	1	1406,25	4,06	0,1000
BD	2256,25	1	2256,25	6,52	0,0511
CD	5256,25	1	5256,25	15,18	0,0115
Error Total	1731,25	5	346,25		

Total (corr.) 210394,0 15

R-cuadrado = 99,1771 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,5314 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 18,6078  
 Error absoluto de la media = 8,51563

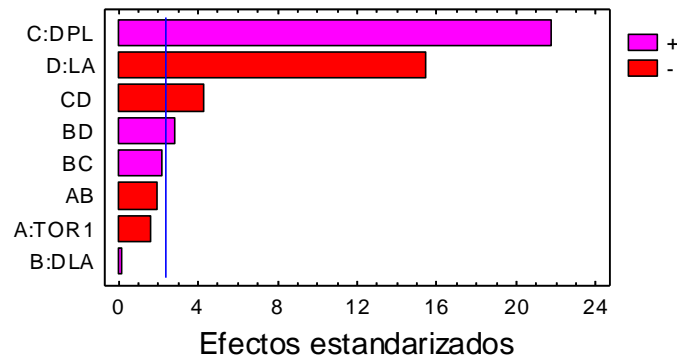
Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	756,25	1	756,25	2,72	0,1429
B:DLA	6,25	1	6,25	0,02	0,8850
C:DPL	131406,0	1	131406,0	473,23	0,0000
D:LA	66306,3	1	66306,3	238,79	0,0000
AB	1056,25	1	1056,25	3,80	0,0921
BC	1406,25	1	1406,25	5,06	0,0592
BD	2256,25	1	2256,25	8,13	0,0247
CD	5256,25	1	5256,25	18,93	0,0034
Error Total	1943,75	7	277,679		

Total (corr.) 210394,0 15

R-cuadrado = 99,0761 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,0203 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 16,6637  
 Error absoluto de la media = 8,67188

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 5.2.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,0	1	9,0	6,05	0,0572
B:DLA	1,5625	1	1,5625	1,05	0,3524
C:DPL	175,563	1	175,563	118,03	0,0001
D:LA	12,25	1	12,25	8,24	0,0350
AB	2,25	1	2,25	1,51	0,2735
AC	0,25	1	0,25	0,17	0,6988
AD	0,5625	1	0,5625	0,38	0,5655
BC	5,0625	1	5,0625	3,40	0,1244
BD	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
CD	25,0	1	25,0	16,81	0,0094
Error Total	7,4375	5	1,4875		
Total (corr.)	238,938	15			

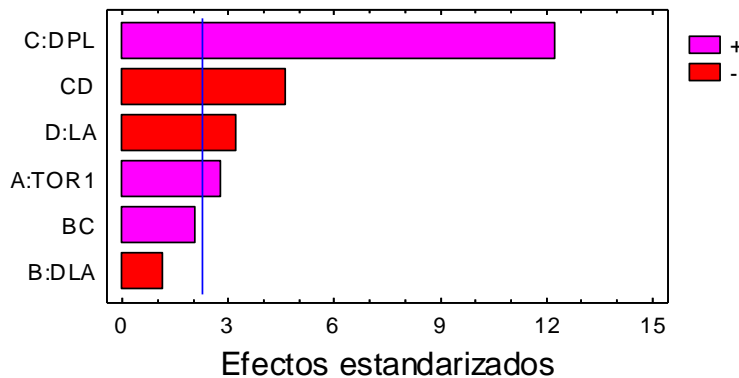
R-cuadrado = 96,8873 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 90,6618 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,21963  
 Error absoluto de la media = 0,539063

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,0	1	9,0	7,71	0,0215
B:DLA	1,5625	1	1,5625	1,34	0,2770
C:DPL	175,563	1	175,563	150,48	0,0000
D:LA	12,25	1	12,25	10,50	0,0102
BC	5,0625	1	5,0625	4,34	0,0669
CD	25,0	1	25,0	21,43	0,0012
Error Total	10,5	9	1,16667		
Total (corr.)	238,938	15			

R-cuadrado = 95,6055 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 92,6759 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,08012  
 Error absoluto de la media = 0,6875

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 5.2.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	6,25	1	6,25	3,07	0,1403
B:DLA	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
C:DPL	1,5625	1	1,5625	0,77	0,4213
D:LA	42,25	1	42,25	20,74	0,0061
AB	0,5625	1	0,5625	0,28	0,6217
AC	0,0	1	0,0	0,00	1,0000
AD	0,0625	1	0,0625	0,03	0,8678
BC	0,25	1	0,25	0,12	0,7404
BD	0,0625	1	0,0625	0,03	0,8678
CD	12,25	1	12,25	6,01	0,0578
Error Total	10,1875	5	2,0375		
Total (corr.)	73,4375	15			

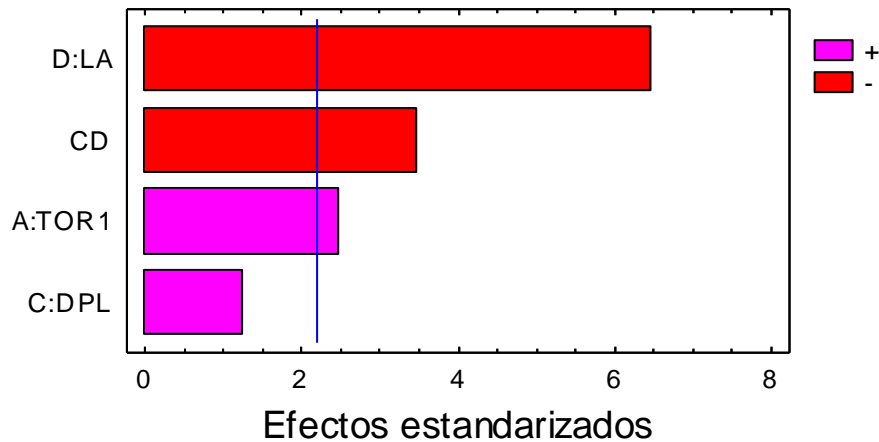
R-cuadrado = 86,1277 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 58,383 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,42741  
 Error absoluto de la media = 0,6875

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	6,25	1	6,25	6,18	0,0303
C:DPL	1,5625	1	1,5625	1,54	0,2397
D:LA	42,25	1	42,25	41,78	0,0000
CD	12,25	1	12,25	12,11	0,0051
Error Total	11,125	11	1,01136		
Total (corr.)	73,4375	15			

R-cuadrado = 84,8511 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 79,3424 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,00567  
 Error absoluto de la media = 0,703125

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 5.2.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	42,25	1	42,25	14,57	0,0124
B:DLA	144,0	1	144,0	49,66	0,0009
C:DPL	441,0	1	441,0	152,07	0,0001
D:LA	156,25	1	156,25	53,88	0,0007
AB	2,25	1	2,25	0,78	0,4187
AC	20,25	1	20,25	6,98	0,0458
AD	4,0	1	4,0	1,38	0,2931
BC	4,0	1	4,0	1,38	0,2931
BD	30,25	1	30,25	10,43	0,0232
CD	12,25	1	12,25	4,22	0,0950
Error Total	14,5	5	2,9		
Total (corr.)	871,0	15			

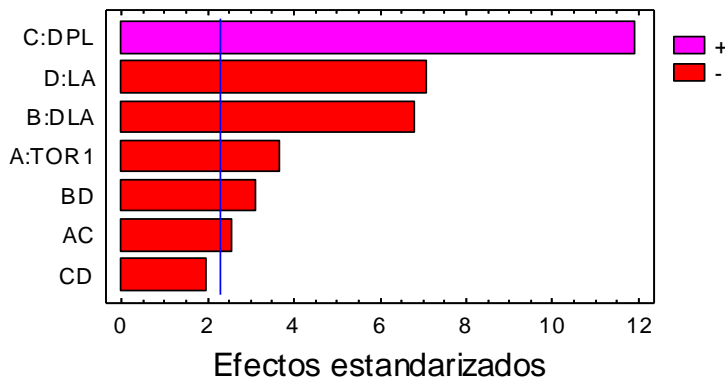
R-cuadrado = 98,3352 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,0057 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,70294  
 Error absoluto de la media = 0,8125

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	42,25	1	42,25	13,66	0,0061
B:DLA	144,0	1	144,0	46,55	0,0001
C:DPL	441,0	1	441,0	142,55	0,0000
D:LA	156,25	1	156,25	50,51	0,0001
AC	20,25	1	20,25	6,55	0,0337
BD	30,25	1	30,25	9,78	0,0141
CD	12,25	1	12,25	3,96	0,0818
Error Total	24,75	8	3,09375		
Total (corr.)	871,0	15			

R-cuadrado = 97,1584 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,6721 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,75891  
 Error absoluto de la media = 1,0

Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 5.2.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	14,0625	1	14,0625	18,44	0,0078
B:DLA	150,063	1	150,063	196,80	0,0000
C:DPL	162,563	1	162,563	213,20	0,0000
D:LA	248,063	1	248,063	325,33	0,0000
AB	3,0625	1	3,0625	4,02	0,1014
AC	0,0625	1	0,0625	0,08	0,7861
AD	0,0625	1	0,0625	0,08	0,7861
BC	14,0625	1	14,0625	18,44	0,0078
BD	3,0625	1	3,0625	4,02	0,1014
CD	14,0625	1	14,0625	18,44	0,0078
Error Total	3,8125	5	0,7625		
Total (corr.)	612,938	15			

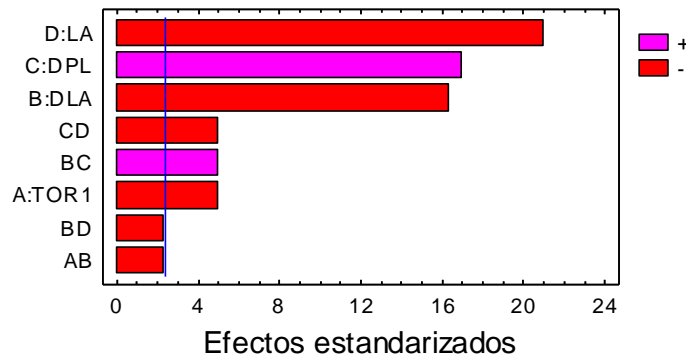
R-cuadrado = 99,378 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,134 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,873212  
 Error absoluto de la media = 0,40625

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	14,0625	1	14,0625	25,00	0,0016
B:DLA	150,063	1	150,063	266,78	0,0000
C:DPL	162,563	1	162,563	289,00	0,0000
D:LA	248,063	1	248,063	441,00	0,0000
AB	3,0625	1	3,0625	5,44	0,0524
BC	14,0625	1	14,0625	25,00	0,0016
BD	3,0625	1	3,0625	5,44	0,0524
CD	14,0625	1	14,0625	25,00	0,0016
Error Total	3,9375	7	0,5625		
Total (corr.)	612,938	15			

R-cuadrado = 99,3576 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,6234 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,75  
 Error absoluto de la media = 0,414063

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



Anexo 5.2.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TLS</sub>) para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
B:DLA	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
C:DPL	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
D:LA	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
AB	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
AC	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
AD	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
BC	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
BD	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
CD	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3632
Error Total	0,078125	5	0,015625		

Total (corr.) 0,234375 15

R-cuadrado = 66,6667 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 2,22045E-14 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,125  
 Error absoluto de la media = 0,0585938

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3388
B:DLA	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3388
C:DPL	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3388
D:LA	0,015625	1	0,015625	1,00	0,3388
Error Total	0,171875	11	0,015625		

Total (corr.) 0,234375 15

R-cuadrado = 26,6667 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 1,11022E-14 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,125  
 Error absoluto de la media = 0,0703125

Observações:

Removendo todas as interações, nenhum efeito principal é significativo. Portanto os resultados de PFB não dependem das variáveis TOR1, DLA, DPL e LA.

Todos os resultados experimentais apresentaram grau 4, excepto um único que apresentou grau 4-5.

### Anexo 5.2.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>TLS</sub>) para o ligamento de sarja de 3 com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1,5625	1	1,5625	0,32	0,5980
B:DLA	49,0	1	49,0	9,92	0,0254
C:DPL	4489,0	1	4489,0	909,16	0,0000
D:LA	370,563	1	370,563	75,05	0,0003
AB	2,25	1	2,25	0,46	0,5296
AC	30,25	1	30,25	6,13	0,0562
AD	10,5625	1	10,5625	2,14	0,2034
BC	0,0625	1	0,0625	0,01	0,9148
BD	12,25	1	12,25	2,48	0,1760
CD	42,25	1	42,25	8,56	0,0328
Error Total	24,6875	5	4,9375		
Total (corr.)	5032,44	15			

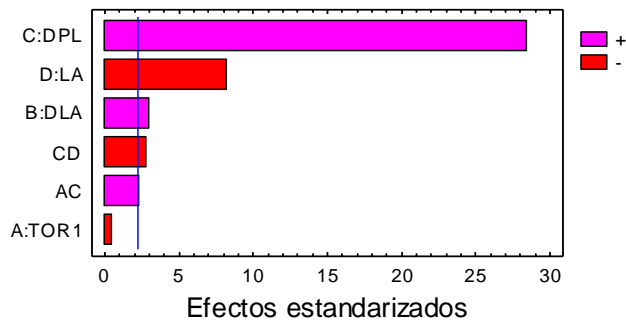
R-cuadrado = 99,5094 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,5283 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,22205  
 Error absoluto de la media = 1,0

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1,5625	1	1,5625	0,28	0,6081
B:DLA	49,0	1	49,0	8,85	0,0156
C:DPL	4489,0	1	4489,0	811,06	0,0000
D:LA	370,563	1	370,563	66,95	0,0000
AC	30,25	1	30,25	5,47	0,0442
CD	42,25	1	42,25	7,63	0,0220
Error Total	49,8125	9	5,53472		
Total (corr.)	5032,44	15			

R-cuadrado = 99,0102 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,3503 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,3526  
 Error absoluto de la media = 1,45313

Gráfico de Pareto estandarizado para RA/1000



## Anexo 5.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.

### Optimización de Respuesta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\TLS\_SARJA3.sfx

#### Datos/Variables:

FRTB  
FRTT  
ARTB  
ARTT  
RRB  
RRT  
RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	860,0	1300,0
FRTT	600,0	940,0
ARTB	37,0	49,5
ARTT	29,5	36,5
RRB	28,0	54,0
RRT	20,0	42,0
RA/1000	28,0	81,0

Respuesta	Bajo	Conveniencias		Objetivo	Pesos		Impacto
		Alto			Primero	Segundo	
FRTB	860,0	1300,0		Maximizar	1,0		3,0
FRTT	600,0	940,0		Maximizar	1,0		3,0
ARTB	37,0	49,0		Maximizar	1,0		3,0
ARTT	29,0	36,0		Maximizar	1,0		3,0
RRB	28,0	54,0		Maximizar	1,0		3,0
RRT	20,0	42,0		Maximizar	1,0		3,0
RA/1000	28,0	81,0		Maximizar	1,0		3,0

## Anexo 5.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	RA/1000	Pronosticado Conveniencia	Observado Conveniencia
1	1000,0	730,0	39,0	31,0	38,0	36,0	36,0	0,343141	0,304835
2	990,0	720,0	39,0	33,0	37,0	34,0	34,0	0,362299	0,305377
3	990,0	710,0	37,5	33,5	37,0	30,0	41,5	0,0	0,269261
4	970,0	680,0	39,0	34,0	35,0	27,0	40,0	0,253675	0,280265
5	1300,0	930,0	47,0	35,5	54,0	42,0	72,5	0,896588	0,936253
6	1300,0	940,0	49,0	36,5	49,0	42,0	72,0	0,911673	0,944503
7	1200,0	940,0	45,5	34,0	47,0	39,0	73,0	0,866419	0,799883
8	1200,0	900,0	49,5	35,0	46,0	37,0	81,0	0,848604	0,846962
9	870,0	600,0	40,0	32,0	37,0	31,0	34,0	0,0	0,0
10	870,0	640,0	41,5	32,0	36,0	30,0	28,0	0,0	0,0
11	900,0	630,0	37,0	29,5	28,0	22,0	34,0	0,0741594	0,0
12	860,0	600,0	39,0	32,0	28,0	20,0	30,0	0,0	0,0
13	1100,0	750,0	43,0	29,5	50,0	33,0	59,0	0,41848	0,425216
14	1000,0	720,0	42,5	30,0	41,0	32,0	62,0	0,484587	0,386417
15	1100,0	800,0	43,5	29,5	40,0	30,0	64,0	0,402495	0,404406
16	1100,0	780,0	45,0	32,0	33,0	26,0	62,0	0,413938	0,431294

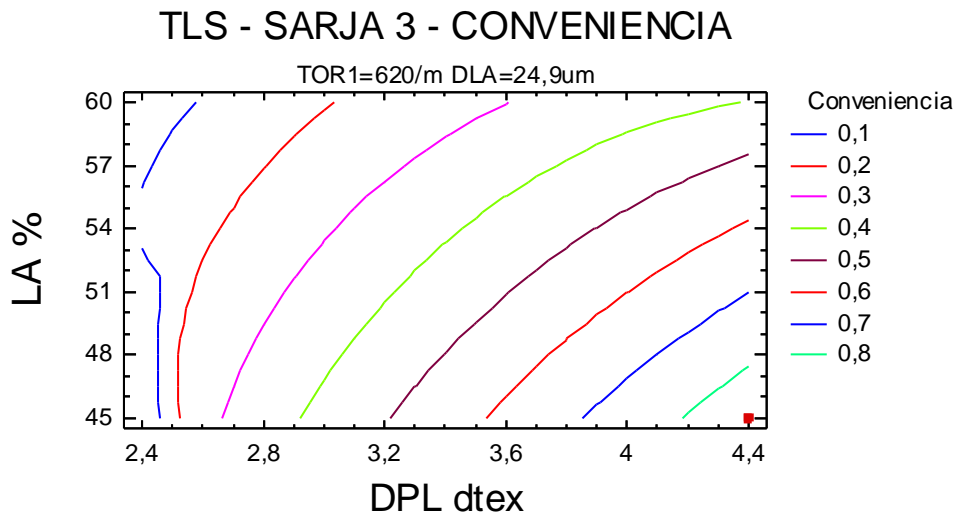
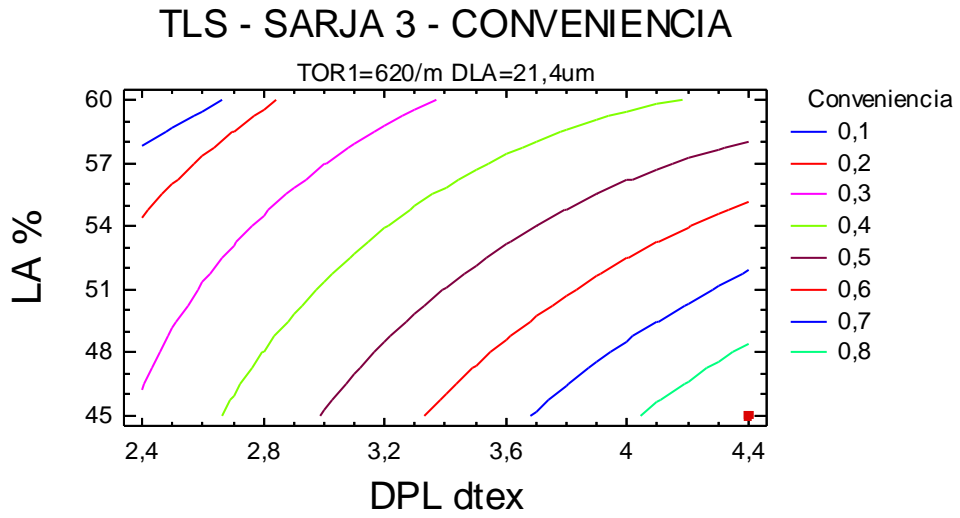
## El StatAdvisor

Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

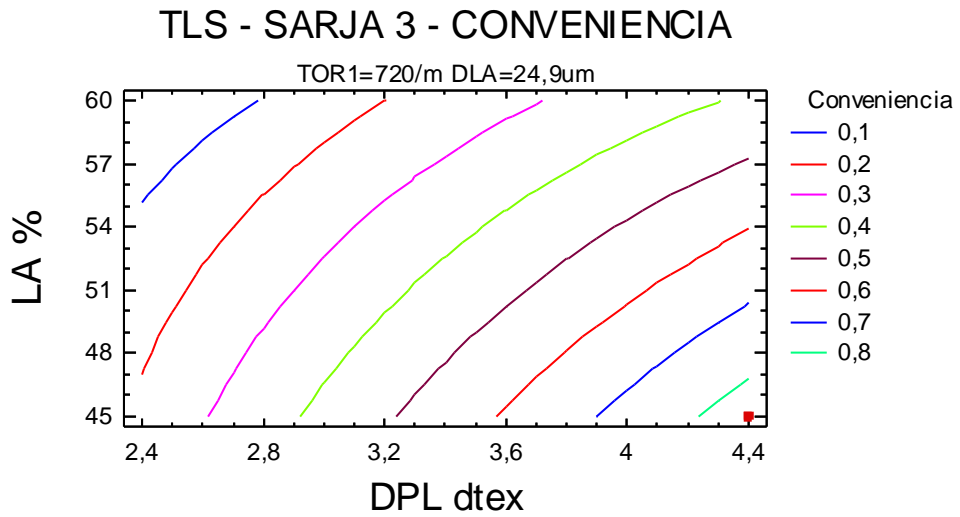
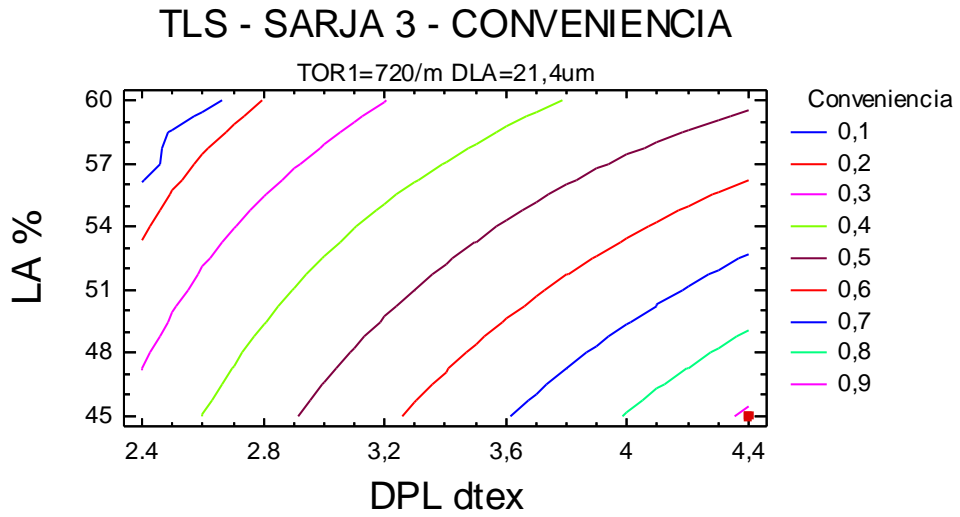
FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 RA/1000 - maximizar

La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una conveniencia máxima en la ejecución 6. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares.

Anexo 5.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.



Anexo 5.2.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento sarja de 3 com acabamento TLS.



### Anexo 5.3.1 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à teia (FRTB<sub>TLS</sub>), para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	1056,25	1	1056,25	3,69	0,1128
B:DLA	6,25	1	6,25	0,02	0,8883
C:DPL	88506,3	1	88506,3	309,19	0,0000
D:LA	63756,3	1	63756,3	222,73	0,0000
AB	306,25	1	306,25	1,07	0,3484
AC	6,25	1	6,25	0,02	0,8883
AD	56,25	1	56,25	0,20	0,6761
BC	506,25	1	506,25	1,77	0,2410
BD	506,25	1	506,25	1,77	0,2410
CD	1406,25	1	1406,25	4,91	0,0775
Error Total	1431,25	5	286,25		

Total (corr.) 157544,0 15

R-cuadrado = 99,0915 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,2746 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 16,9189  
 Error absoluto de la media = 7,5

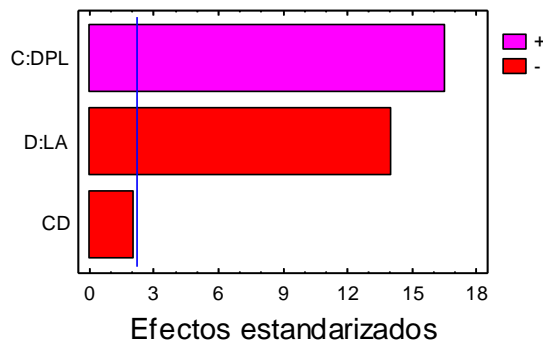
Análisis de la Varianza para FRTB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	88506,3	1	88506,3	274,08	0,0000
D:LA	63756,3	1	63756,3	197,44	0,0000
CD	1406,25	1	1406,25	4,35	0,0589
Error Total	3875,0	12	322,917		

Total (corr.) 157544,0 15

R-cuadrado = 97,5404 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 96,9255 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 17,9699  
 Error absoluto de la media = 11,5625

Gráfico de Pareto estandarizado para FRTB



### Anexo 5.3.2 - Análise de variância para a resistência à rotura por tracção à trama (FRTT<sub>TLS</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	756,25	1	756,25	3,20	0,1336
B:DLA	156,25	1	156,25	0,66	0,4530
C:DPL	117306,0	1	117306,0	496,53	0,0000
D:LA	43056,3	1	43056,3	182,25	0,0000
AB	56,25	1	56,25	0,24	0,6462
AC	56,25	1	56,25	0,24	0,6462
AD	56,25	1	56,25	0,24	0,6462
BC	506,25	1	506,25	2,14	0,2031
BD	56,25	1	56,25	0,24	0,6462
CD	1056,25	1	1056,25	4,47	0,0881
Error Total	1181,25	5	236,25		

Total (corr.) 164244,0 15

R-cuadrado = 99,2808 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,8424 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 15,3704  
 Error absoluto de la media = 7,1875

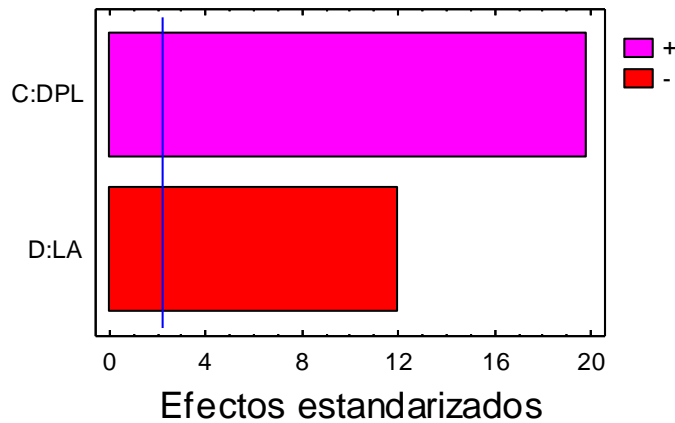
Análisis de la Varianza para FRTT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	117306,0	1	117306,0	392,91	0,0000
D:LA	43056,3	1	43056,3	144,21	0,0000
Error Total	3881,25	13	298,558		

Total (corr.) 164244,0 15

R-cuadrado = 97,6369 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,2733 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 17,2788  
 Error absoluto de la media = 12,5

### Gráfico de Pareto estandarizado para FRTT



### Anexo 5.3.3 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à teia (ARTB<sub>TLS</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	4,51563	1	4,51563	27,26	0,0034
B:DLA	0,140625	1	0,140625	0,85	0,3991
C:DPL	112,891	1	112,891	681,60	0,0000
D:LA	5,64063	1	5,64063	34,06	0,0021
AB	1,89063	1	1,89063	11,42	0,0197
AC	0,140625	1	0,140625	0,85	0,3991
AD	0,140625	1	0,140625	0,85	0,3991
BC	1,26563	1	1,26563	7,64	0,0396
BD	0,765625	1	0,765625	4,62	0,0842
CD	0,015625	1	0,015625	0,09	0,7711
Error Total	0,828125	5	0,165625		
Total (corr.)	128,234	15			

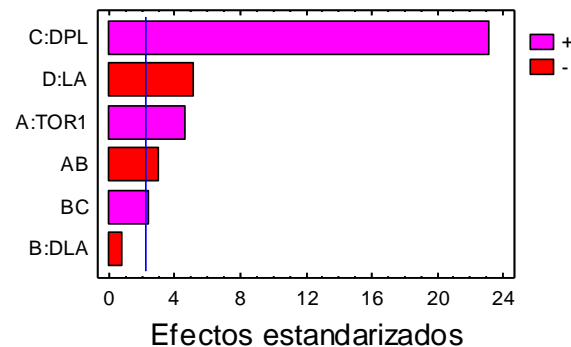
R-cuadrado = 99,3542 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,0626 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,406971  
 Error absoluto de la media = 0,179688

Análisis de la Varianza para ARTB

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	4,51563	1	4,51563	21,50	0,0012
B:DLA	0,140625	1	0,140625	0,67	0,4344
C:DPL	112,891	1	112,891	537,40	0,0000
D:LA	5,64063	1	5,64063	26,85	0,0006
AB	1,89063	1	1,89063	9,00	0,0150
BC	1,26563	1	1,26563	6,02	0,0365
Error Total	1,89063	9	0,210069		
Total (corr.)	128,234	15			

R-cuadrado = 98,5256 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 97,5427 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,458333  
 Error absoluto de la media = 0,28125

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTB



### Anexo 5.3.4 - Análise de variância para o alongamento à rotura por tracção à trama (ARTT<sub>TLS</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,0	1	9,0	11,08	0,0208
B:DLA	0,0625	1	0,0625	0,08	0,7926
C:DPL	5,0625	1	5,0625	6,23	0,0547
D:LA	3,0625	1	3,0625	3,77	0,1099
AB	1,0	1	1,0	1,23	0,3177
AC	0,25	1	0,25	0,31	0,6030
AD	0,25	1	0,25	0,31	0,6030
BC	1,5625	1	1,5625	1,92	0,2242
BD	0,0625	1	0,0625	0,08	0,7926
CD	1,5625	1	1,5625	1,92	0,2242
Error Total	4,0625	5	0,8125		
Total (corr.)	25,9375	15			

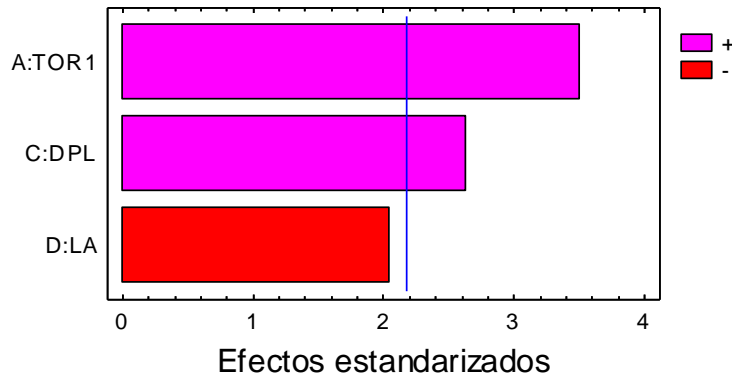
R-cuadrado = 84,3373 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 53,012 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,901388  
 Error absoluto de la media = 0,414063

Análisis de la Varianza para ARTT

Fuente	Suma de Cuadrados	G1	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	9,0	1	9,0	12,26	0,0044
C:DPL	5,0625	1	5,0625	6,89	0,0222
D:LA	3,0625	1	3,0625	4,17	0,0638
Error Total	8,8125	12	0,734375		
Total (corr.)	25,9375	15			

R-cuadrado = 66,0241 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 57,5301 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,856957  
 Error absoluto de la media = 0,632813

Gráfico de Pareto estandarizado para ARTT



### Anexo 5.3.5 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à teia (RRB<sub>TLS</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	20,25	1	20,25	0,99	0,3659
B:DLA	225,0	1	225,0	10,98	0,0212
C:DPL	72,25	1	72,25	3,52	0,1193
D:LA	240,25	1	240,25	11,72	0,0188
AB	6,25	1	6,25	0,30	0,6046
AC	1,0	1	1,0	0,05	0,8339
AD	9,0	1	9,0	0,44	0,5369
BC	6,25	1	6,25	0,30	0,6046
BD	56,25	1	56,25	2,74	0,1585
CD	100,0	1	100,0	4,88	0,0782
Error Total	102,5	5	20,5		
Total (corr.)	839,0	15			

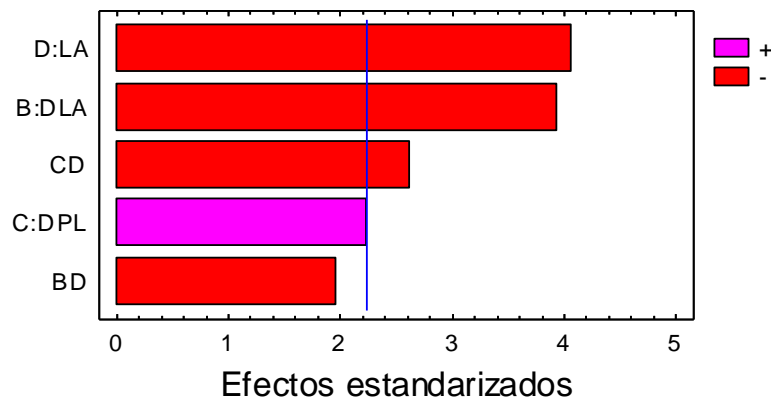
R-cuadrado = 87,7831 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 63,3492 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 4,52769  
 Error absoluto de la media = 2,5

Análisis de la Varianza para RRB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
B:DLA	225,0	1	225,0	15,49	0,0028
C:DPL	72,25	1	72,25	4,97	0,0498
D:LA	240,25	1	240,25	16,54	0,0023
BD	56,25	1	56,25	3,87	0,0774
CD	100,0	1	100,0	6,88	0,0254
Error Total	145,25	10	14,525		
Total (corr.)	839,0	15			

R-cuadrado = 82,6877 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 74,0316 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 3,81117  
 Error absoluto de la media = 2,67188

Gráfico de Pareto estandarizado para RRB



### Anexo 5.3.6 - Análise de variância para a resistência ao rasgo à trama (RRT<sub>TLs</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	14,0625	1	14,0625	7,98	0,0369
B:DLA	76,5625	1	76,5625	43,44	0,0012
C:DPL	126,563	1	126,563	71,81	0,0004
D:LA	232,563	1	232,563	131,95	0,0001
AB	0,5625	1	0,5625	0,32	0,5965
AC	1,5625	1	1,5625	0,89	0,3897
AD	0,5625	1	0,5625	0,32	0,5965
BC	10,5625	1	10,5625	5,99	0,0581
BD	18,0625	1	18,0625	10,25	0,0240
CD	10,5625	1	10,5625	5,99	0,0581
Error Total	8,8125	5	1,7625		
Total (corr.)	500,438	15			

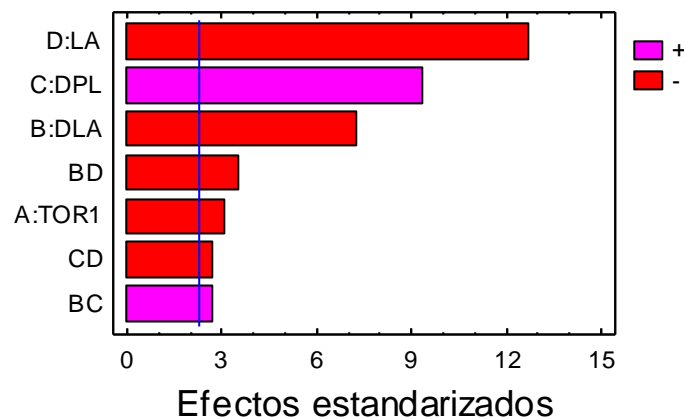
R-cuadrado = 98,239 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 94,7171 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,32759  
 Error absoluto de la media = 0,601563

Análisis de la Varianza para RRT

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	14,0625	1	14,0625	9,78	0,0141
B:DLA	76,5625	1	76,5625	53,26	0,0001
C:DPL	126,563	1	126,563	88,04	0,0000
D:LA	232,563	1	232,563	161,78	0,0000
BC	10,5625	1	10,5625	7,35	0,0266
BD	18,0625	1	18,0625	12,57	0,0076
CD	10,5625	1	10,5625	7,35	0,0266
Error Total	11,5	8	1,4375		
Total (corr.)	500,438	15			

R-cuadrado = 97,702 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 95,6913 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,19896  
 Error absoluto de la media = 0,65625

Gráfico de Pareto estandarizado para RRT



### Anexo 5.3.7 - Análise de variância para a propensão à formação de borboto (PFB<sub>TLS</sub>) para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,140625	1	0,140625	2,14	0,2031
B:DLA	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
C:DPL	0,140625	1	0,140625	2,14	0,2031
D:LA	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
AB	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
AC	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
AD	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
BC	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
BD	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
CD	0,015625	1	0,015625	0,24	0,6462
Error Total	0,328125	5	0,065625		
Total (corr.)	0,734375	15			

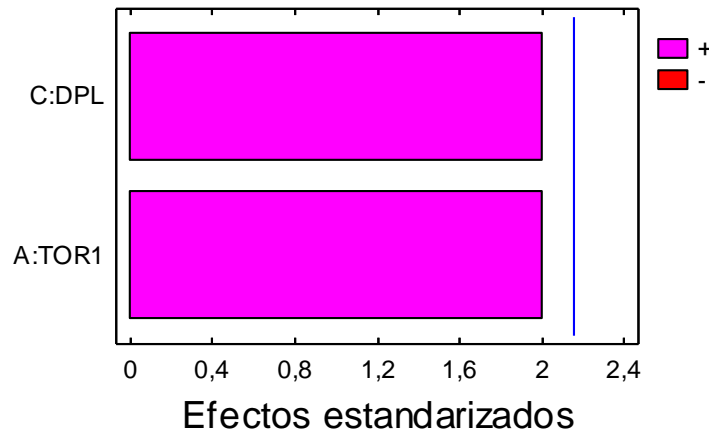
R-cuadrado = 55,3191 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 0,0 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,256174  
 Error absoluto de la media = 0,117188

Análisis de la Varianza para PFB

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,140625	1	0,140625	4,03	0,0658
C:DPL	0,140625	1	0,140625	4,03	0,0658
Error Total	0,453125	13	0,0348558		
Total (corr.)	0,734375	15			

R-cuadrado = 38,2979 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 28,8052 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 0,186697  
 Error absoluto de la media = 0,128906

Gráfico de Pareto estandarizado para PFB



### Anexo 5.3.8 - Análise de variância para a resistência à abrasão (RA<sub>TLS</sub>) para o ligamento de tafetá com acabamento TLS.

Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
A:TOR1	0,330625	1	0,330625	0,09	0,7748
B:DLA	9,45563	1	9,45563	2,61	0,1672
C:DPL	6268,68	1	6268,68	1728,99	0,0000
D:LA	274,731	1	274,731	75,77	0,0003
AB	4,30562	1	4,30562	1,19	0,3255
AC	13,5056	1	13,5056	3,73	0,1115
AD	0,855625	1	0,855625	0,24	0,6477
BC	5,40563	1	5,40563	1,49	0,2765
BD	11,7306	1	11,7306	3,24	0,1320
CD	5,40563	1	5,40563	1,49	0,2765
Error Total	18,1281	5	3,62563		

Total (corr.) 6612,53 15

R-cuadrado = 99,7259 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 99,1776 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 1,90411  
 Error absoluto de la media = 0,875781

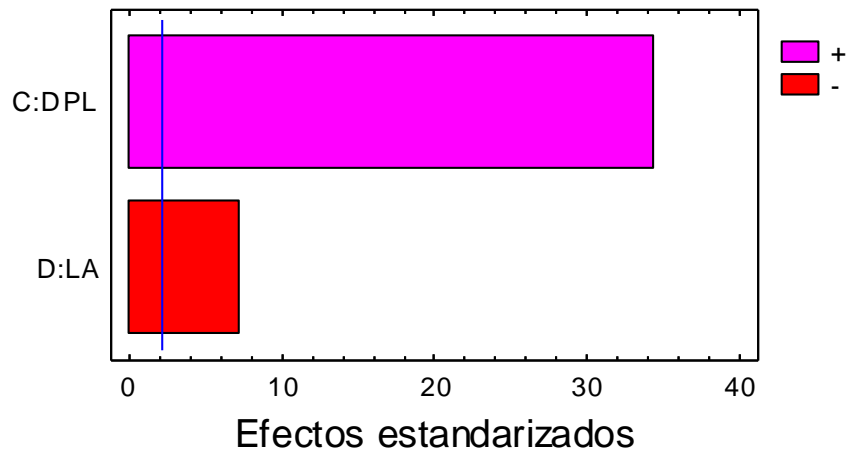
Análisis de la Varianza para RA/1000

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado medio	F-Ratio	P-Valor
C:DPL	6268,68	1	6268,68	1178,95	0,0000
D:LA	274,731	1	274,731	51,67	0,0000
Error Total	69,1231	13	5,31716		

Total (corr.) 6612,53 15

R-cuadrado = 98,9547 por ciento  
 R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 98,7938 por ciento  
 Error Estándar de Est. = 2,3059  
 Error absoluto de la media = 1,69531

Gráfico de Pareto estandarizado para RA/1000



### Anexo 5.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Optimización de Respuesta Múltiple

Nombre de fichero: Z:\TesiNunoMonteiroDades\RESULTS\_Nov19\TLS\_TAFETAcorr.sfx

Datos/Variables:

FRTB  
 FRTT  
 ARTB  
 ARTT  
 RRB  
 RRT  
 PFB  
 RA/1000

Respuesta	Observado	
	Mínimo	Máximo
FRTB	570,0	860,0
FRTT	510,0	820,0
ARTB	33,5	41,5
ARTT	36,5	41,0
RRB	22,0	49,0
RRT	20,0	39,0
PFB	3,5	4,5
RA/1000	31,0	83,5

Respuesta	Bajo	Conveniencias		Objetivo	Pesos		
		Alto			Primero	Segundo	Impacto
FRTB	570,0	860,0		Maximizar	1,0		3,0
FRTT	510,0	820,0		Maximizar	1,0		3,0
ARTB	33,0	41,0		Maximizar	1,0		3,0
ARTT	36,0	41,0		Maximizar	1,0		3,0
RRB	22,0	49,0		Maximizar	1,0		3,0
RRT	20,0	39,0		Maximizar	1,0		3,0
PFB	3,0	4,0		Maximizar	1,0		3,0
RA/1000	31,0	83,0		Maximizar	1,0		3,0

## Anexo 5.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TLS.

Fila	FRTB	FRTT	ARTB	ARTT	RRB	RRT	PFB	RA/1000	Pronosticado Conveniencia	Observado Conveniencia
1	690,0	620,0	34,5	38,0	37,0	34,0	3,5	46,5	0,412951	0,401245
2	690,0	620,0	36,5	38,0	31,0	31,0	4,0	43,0	0,488367	0,428863
3	700,0	640,0	35,0	36,5	36,0	32,0	4,0	43,5	0,379545	0,372409
4	650,0	600,0	36,0	40,0	32,0	27,0	4,0	45,8	0,420672	0,418063
5	850,0	820,0	39,5	39,0	49,0	39,0	4,0	83,0	0,881083	0,910106
6	860,0	800,0	41,5	40,5	45,0	39,0	4,5	83,5	0,944805	0,959302
7	850,0	810,0	41,0	39,0	40,0	38,0	4,0	83,0	0,877049	0,878289
8	840,0	800,0	41,0	41,0	39,0	37,0	4,0	83,0	0,919978	0,914846
9	590,0	560,0	34,0	38,0	41,0	30,0	4,0	34,0	0,159456	0,24231
10	570,0	540,0	36,0	39,0	39,0	29,0	4,0	31,0	0,210692	0,0
11	570,0	520,0	33,5	37,0	22,0	21,0	3,5	39,0	0,107299	0,0
12	570,0	510,0	33,5	37,5	23,0	20,0	4,0	37,0	0,0	0,0
13	700,0	680,0	39,0	37,0	34,0	32,0	4,0	74,0	0,613756	0,551511
14	680,0	680,0	40,0	38,5	32,0	30,0	4,0	77,0	0,671194	0,594925
15	740,0	700,0	39,5	38,0	28,0	28,0	4,0	74,0	0,482981	0,555251
16	700,0	690,0	40,0	40,0	28,0	26,0	4,0	79,0	0,506016	0,574113

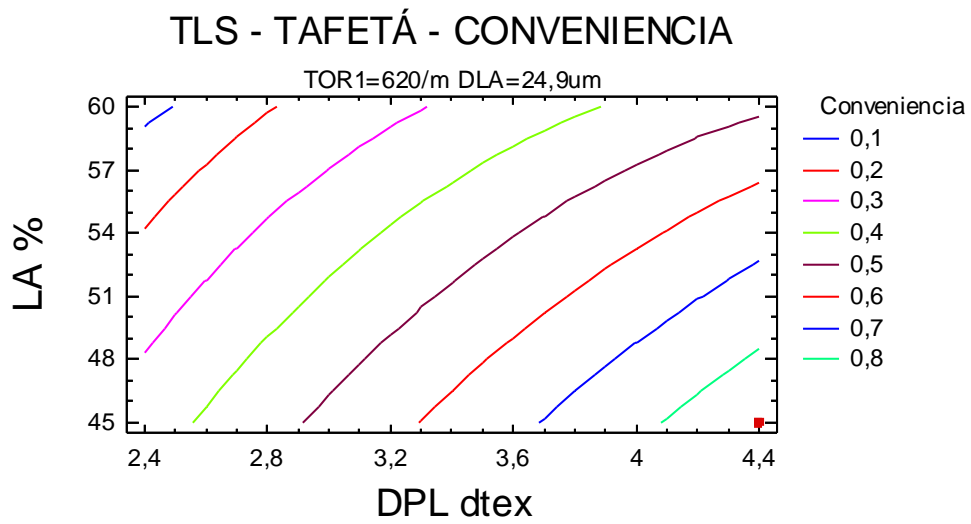
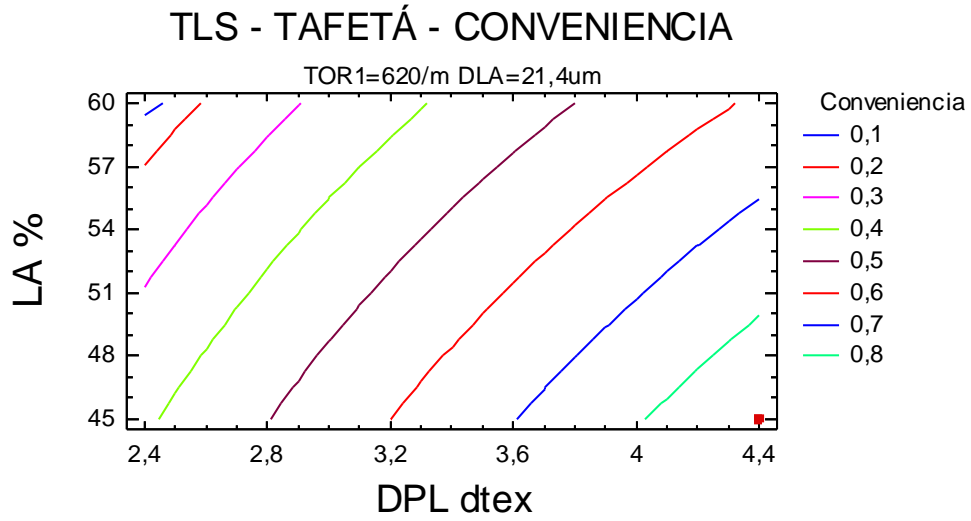
El StatAdvisor

-----  
 Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de factores experimentales que simultáneamente optimiza varias respuestas. Hace esto aumentando al máximo una función de conveniencia. Puede determinar varias características de la función de conveniencia en el cuadro de diálogo Opciones del Análisis. Los objetivos para cada una de las respuestas actualmente están determinados como:

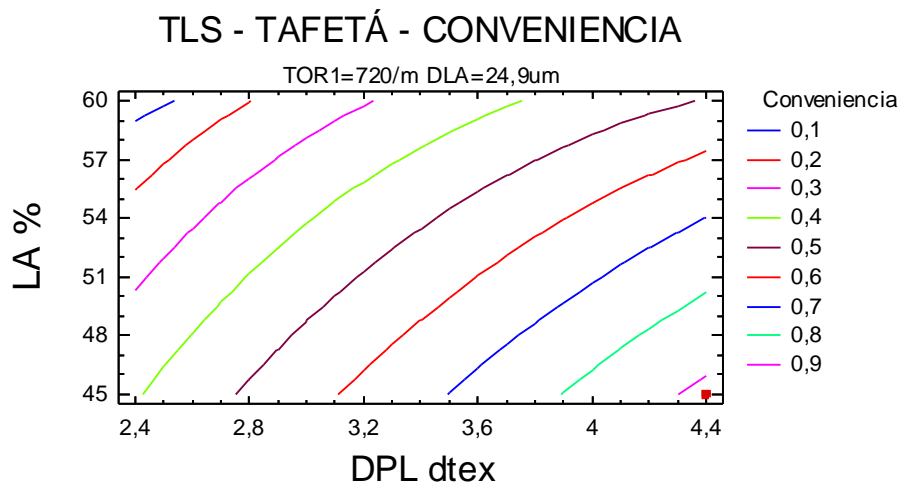
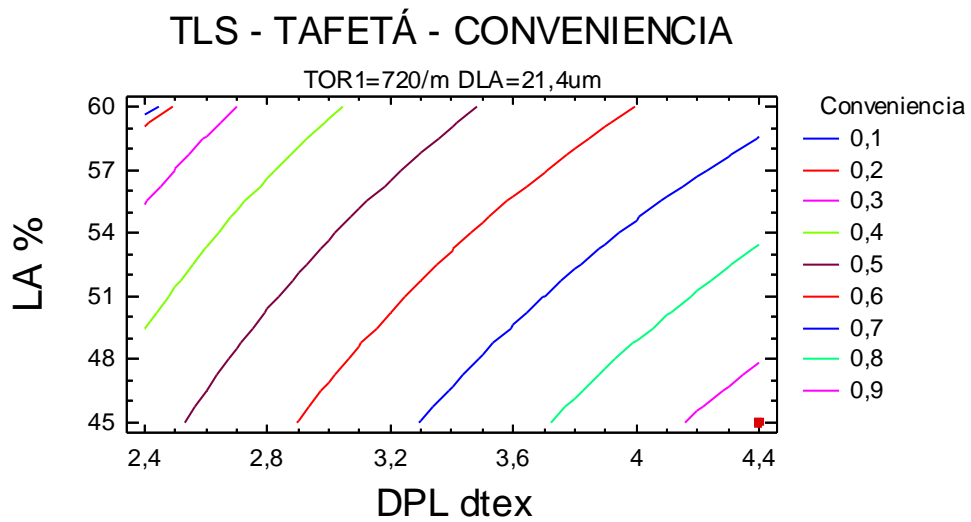
FRTB - maximizar  
 FRTT - maximizar  
 ARTB - maximizar  
 ARTT - maximizar  
 RRB - maximizar  
 RRT - maximizar  
 PFB - maximizar  
 RA/1000 - maximizar

La salida también muestra la función de conveniencia evaluada en cada punto en el diseño. Entre los puntos del diseño, se logra una conveniencia máxima en la ejecución 6. Para encontrar la combinación de factores que logran la conveniencia óptima global, seleccionar Optimización del cuadro de diálogo Opciones Tabulares.

Anexo 5.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TLS.



Anexo 5.3.9 - Optimização de Resposta Múltipla para o ligamento tafetá com acabamento TLS.



## ANEXO 6.1

Tabela A.2 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros FRTB, FRTT, ARTB, ARTT para o ligamento sarja de 4

SARJA 4													
EFFECTOS	gdl	FRTB	F-Snedecor	Significancia	FRTT	F-Snedecor	Significancia	ARTB	F-Snedecor	Significancia	ARTT	F-Snedecor	Significancia
A - TOR1	1		12,31	0,50%	2025	146,48	0,00%	65,0039	25,6289	0,00%	41,25	0,00%	
B - DPL	1	761256	997,61	0,00%	511225	3108,51	0,00%	579,004	1304,75	0,00%	8,62891	13,89	0,10%
C - DLA	1	225	0,29		56,25	0,34		2,44141	5,5	5,00%	1,72266	2,77	
D - LA	1	787656	1032,2	0,00%	302500	1839,36	0,00%	43,0664	97,05	0,00%	65,0039	104,61	0,00%
E - TREAT	3	80306,3	35,08	0,00%	9262,5	18,77	0,00%	49,1055	36,89	0,00%	9,48047	5,09	0,50%
INTERACÇÕES													
AB	1		1225	7,45	5,00%								
AC	1		1056,25	6,42	5,00%								
AD	1		19,6914	44,37	0,00%								
AE	3												
BC	1	11025	14,45	0,10%	1406,25	8,55	1,00%	16,5039	37,19	0,00%	3,75391	6,04	5,00%
BD	1	63765,3	83,56	0,00%	13225	80,41	0,00%	35,2539	79,44	0,00%	10,9727	17,66	0,00%
BE	3												
CD	1	3600	4,72	5,00%	15006,3	91,25	0,00%						
CE	3												
DE	3												
RESIDUAL		41206,4			8387,45			23,51959			33,55455		
gdl RES		54			51			53			54		
TOTAL		1,75E+06			865375			833,59			158,746		
R2		<b>97,64%</b>			<b>99,03%</b>			<b>97,18%</b>			<b>78,86%</b>		



ANEXO 6.3

Tabela A.4 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros FRITB, FRTT, ARTB, ARTT para o ligamento tafetá.

TAFETA													
EFFECTOS	gdl	FRITB	F-Snedecor	Significancia	FRTT	F-Snedecor	Significancia	ARTB	F-Snedecor	Significancia	ARTT	F-Snedecor	Significancia
A - TOR1	1	3164,06	14,23	0,10%	3451,56	23,24	0,00%	34,5156	116,03	0,00%	41,4414	88,51	0,00%
B - DPL	1	312202	1404,41	0,00%	467514	3147,44	0,00%	420,25	1412,69	0,00%	16,5039	35,25	0,00%
C - DLA	1	76,5625	0,34		826,563	5,56	5,00%	2,25	7,56	1,00%	0,878906	1,88	
D - LA	1	236877	1065,56	0,00%	169127	1138,61	0,00%	40,6406	136,62	0,00%	57,1914	122,15	0,00%
E - TREAT	3	12867,2	19,29	0,00%	11717,2	26,29	0,00%	78,2656	87,7	0,00%	17,3867	12,38	0,00%
INTERACÇÕES													
AB	1							1,5625	5,25	5,00%	2,06641	4,41	5,00%
AC	1							4	13,45	0,50%	3,75391	8,02	1,00%
AD	1												
AE	3												
BC	1	3751,56	16,88	0,10%	1701,56	11,46	0,50%	3,51562	11,82	0,50%	5,34766	11,42	0,50%
BD	1	8326,56	37,46	0,00%	7439,06	50,08	0,00%	2,25	7,56	1,00%	7,91016	16,89	0,10%
BE	3												
CD	1	1914,06	8,61	0,50%				3,0625	10,29	0,50%			
CE	3												
DE	3										5,76172	4,1	5,00%
RESIDUAL		11781,9975			8021,057			15,17158			22,941834		
gdl RES		53			54			51			49		
TOTAL	63	590961			669798			605,484			181,184		
R2		98,01%			98,80%			97,49%			87,34%		

## ANEXO 6.4

Tabela A.5 - Somas de quadrados, valores de F e significancia dos parâmetros RRB, RRT, PFB e RA para o ligamento sarja de 4

SARJA 4													
EFECTOS	gd	RRB	F-Snedecor	Significancia	RRT	F-Snedecor	Significancia	PFB	F-Snedecor	Significancia	RA	F-Snedecor	Significancia
A - TOR1	1	33,0625	4,47	5,00%	64	38,94	0,00%	5,34766	111,97	0,00%			
B - DPL	1	3192,25	431,53	0,00%	1980,25	1204,84	0,00%	1,12891	23,64	0,00%	2,54E+10	2518,80	0,00%
C - DLA	1	689,063	93,15	0,00%	420,25	255,69	0,00%	1,41016	29,53	0,00%	1,31E+08	13,01	0,10%
D - LA	1	1501,56	202,98	0,00%	930,25	565,99	0,00%	3,28516	68,79	0,00%	2,46E+09	243,42	0,00%
E - TREAT	3	7513,62	338,57	0,00%	5060,06	1026,23	0,00%	1,18797	8,29	0,10%	1,32E+09	43,45	0,00%
INTERACÇÕES													
AB	1												
AC	1	42,25	5,71	5,00%	10,5625	6,43	5,00%	0,316406	6,63	5,00%			
AD	1							1,12891	23,64	0,00%			
AE	3							0,605469	4,23	1,00%			
BC	1	39,0625	5,28	5,00%	10,5625	6,43	5,00%	0,878906	18,40	0,00%	9,10E+07	9,00	1,00%
BD	1	45,5625	6,16	5,00%	52,5625	31,98	0,00%	0,660156	13,82	0,10%	1,98E+08	19,65	0,00%
BE	3	108,125	4,87	1,00%	110,125	22,33	0,00%				1,39E+08	4,58	1,00%
CD	1							0,472656	9,9	0,50%			
CE	3												
DE	3	305,562	13,77	0,00%	97,625	19,8	0,00%						
RESIDUAL		347,6825			72,3175			2,292437			525289100		
gd RES		47			44			48			52		
TOTAL		13817,8			8825,94			18,7148			3,03E+10		
R2		<b>97,48%</b>			<b>99,18%</b>			<b>87,75%</b>			<b>98,27%</b>		

## ANEXO 6.5

Tabela A.6 - Somas de quadrados, valores de F e significancia dos parâmetros RRB, RRT, PFB e RA para o ligamento sarja de 3

SARJA 3													
EFFECTOS	gdl	RRB	F-Snedecor	Significancia	RRT	F-Snedecor	Significancia	PFB	F-Snedecor	Significancia	RA	F-Snedecor	Significancia
A - TOR1	1	85,5625	17,89	0,10%	76,5625	45,18	0,00%	0,0625	6,00	5,00%	1,05E+06	0,35	
B - DPL	1	2002,56	418,68	0,00%	812,25	479,28	0,00%	0,0625	6,00	5,00%	1,98E+10	6658,05	0,00%
C - DLA	1	564,062	117,93	0,00%	663,063	391,25	0,00%	0,140625	13,50	0,50%	9,65E+07	32,43	0,00%
D - LA	1	1785,06	373,2	0,00%	2002,56	1181,63	0,00%	0,140625	13,50	0,50%	1,68E+09	564,76	0,00%
E - TREAT	3	5882,88	409,98	0,00%	4140,37	814,36	0,00%				8,61E+08	96,41	0,00%
INTERACCÕES													
AB	1	56,25	11,76	0,50%							6,77E+07	22,73	0,00%
AC	1							0,0625	6,00	5,00%	1,46E+07	4,92	5,00%
AD	1							0,0625	6,00	5,00%	7,66E+07	25,72	0,00%
AE	3												
BC	1				45,5625	26,88	0,00%	0,0625	6,00	5,00%			
BD	1	100	20,91	0,00%	150,063	88,55	0,00%	0,0625	6,00	5,00%	2,42E+08	81,24	0,00%
BE	3	97,0625	6,76	0,10%	19,625	3,86	5,00%				4,83E+07	5,41	0,50%
CD	1				9	5,31	5,00%	0,140625	13,50	0,50%	5,55E+07	18,65	0,00%
CE	3	45,8125	3,19	5,00%	20,3125	4	5,00%						
DE	3	273,312	19,05	0,00%	194,063	38,17	0,00%						
RESIDUAL		215,2385			74,5685			0,562505			142871470		
gdl RES		45			44			54			48		
TOTAL		11107,8			8208			1,35938			2,31E+10		
R2		<b>98,06%</b>			<b>99,09%</b>			<b>58,62%</b>			<b>99,38%</b>		

## ANEXO 6.6

Tabela A.7 - Somas de quadrados, valores de F e significância dos parâmetros RRB, RRT, PFB e RA para o ligamento tafetá

TAFETA													
EFFECTOS	gdI	RRB	F-Snedecor	Significancia	RRT	F-Snedecor	Significancia	PFB	F-Snedecor	Significancia	RA	F-Snedecor	Significancia
A - TOR1	1	110,25	13,52	0,10%	68,0625	20,88	0,10%	0,390625	11,67	0,50%	4,10E+06	0,59	
B - DPL	1	663,063	81,34	0,00%	742,563	227,77	0,00%	0,5625	16,8	0,10%	2,64E+10	3803,44	0,00%
C - DLA	1	564,063	69,19	0,00%	420,25	128,91	0,00%	0,25	7,47	1,00%	4,80E+07	6,91	5,00%
D - LA	1	2500	306,67	0,00%	2002,56	614,26	0,00%	0			1,66E+09	238,59	0,00%
E - TREAT	3	4069,81	166,41	0,00%	3562,88	364,29	0,00%	0,265625	2,64		1,29E+09	61,94	0,00%
INTERACÇÕES													
AB	1	49	6,01	5,00%	16	4,91	5,00%				3,45E+07	4,97	5,00%
AC	1												
AD	1												
AE	3												
BC	1				22,5625	6,92	5,00%	0,140625	4,2	5,00%			
BD	1	182,025	22,33	0,00%	90,25	27,68	0,00%				4,62E+07	6,66	5,00%
BE	3												
CD	1	56,25	6,9	5,00%	22,5625	6,92	5,00%						
CE	3												
DE	3	185,375	7,58	0,10%	102,563	10,49	0,10%						
RESIDUAL		407,604			159,7465			1,875005			374908170		
gdI RES		50			49			56			54		
TOTAL	63	8787,44			7210			3,48438			2,99E+10		
R2		<b>95,36%</b>			<b>97,78%</b>			<b>46,19%</b>			<b>98,74%</b>		

## ANEXO 7.1

Tabela A.8 - SARJA de 4: Distancias relativas do valor óptimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento

Tipo de Acabamento	FRTB (N)	FRIT (N)	ARTB (%)	ARTT (%)	RRB (N)	RRT (N)	PFB (Grau)	RA (rev./1000)	Soma dos quadrados das distâncias	Distância média do valor ótimo ao valor máximo	Máxima Conveniência
<b>Acabamento NORMAL</b>											
VALOR OPTIMO	1400	971,9	51,8	35,4	67,9	55,8	4	86,38			
valor máximo	1400	980	53	36	73	58	4	88			
valor mínimo	920	640	40,5	31	38	33	2	33			
DISTANCIA	0,00	-0,02	-0,10	-0,12	-0,15	-0,09	0,00	-0,03	0,0540	0,0822	0,9302
<b>Acabamento TIRR</b>											
VALOR OPTIMO	1300	936,9	49,6	33,8	91,3	72,6	4,1	97,25			
valor máximo	1300	950	51	35	99	78	4,5	98			
valor mínimo	840	600	40	29,5	46	39	2,5	38			
DISTANCIA	0,00	-0,04	-0,13	-0,22	-0,15	-0,14	-0,20	-0,01	0,1456	0,1349	0,9134
<b>Acabamento TIRA</b>											
VALOR OPTIMO	1293,1	978,8	54,3	35	55,6	46,1	3,8	98,1			
valor máximo	1300	990	55	36	58	49	4	99			
valor mínimo	860	650	43	30	28	27	2,5	38			
DISTANCIA	-0,02	-0,03	-0,06	-0,17	-0,08	-0,13	-0,13	-0,01	0,0743	0,0964	0,9293
<b>Acabamento TLS</b>											
VALOR OPTIMO	1397,5	967,5	51	35,1	55,6	46,2	4,1	79,81			
valor máximo	1400	970	51,5	36	58	49	4	85			
valor mínimo	920	610	40,5	29,5	29	28	2	33			
DISTANCIA	-0,01	-0,01	-0,05	-0,14	-0,08	-0,13	0,05	-0,10	0,0584	0,0854	0,9409
Soma dos quadrados das distâncias	0,0003	0,0031	0,0309	0,1090	0,0556	0,0621	0,0603	0,0112			
Distância média do valor ótimo aos valores máximos	0,0083	0,0278	0,0879	0,1650	0,1179	0,1246	0,1228	0,0529			

## ANEXO 7.2 (SARJA DE 4)

Tabela A.9 - Relação entre o valor da Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo, para a sarja de 4.

Tipo de acabamento	Distância média do valor ótimo ao valor máximo	Máxima Conveniência
NORMAL	0,0822	0,9302
TIRR	0,1349	0,9134
TIRA	0,0964	0,9293
TLS	0,0854	0,9409

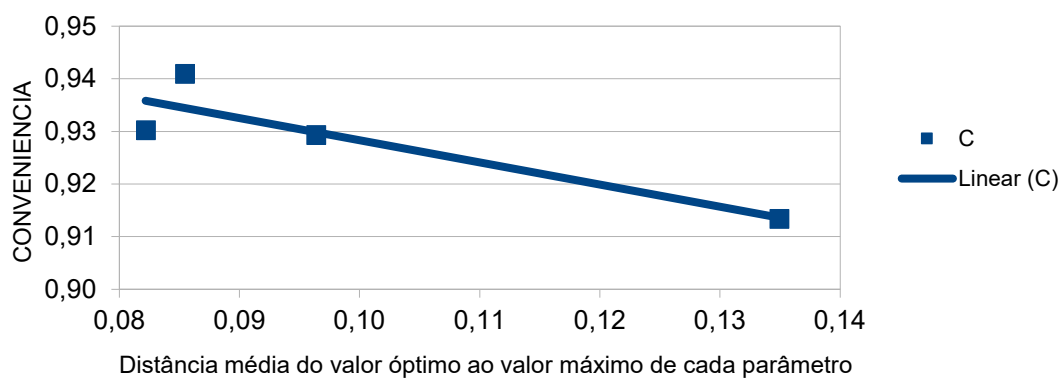


Gráfico A.1 - Relação entre a Conveniência e a distância do valor ótimo ao máximo para a sarja de 4.

## ANEXO 7.3 (SARJA DE 4)

Tabela A.10 - Distância relativa do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 4 em cada tipo de acabamento.

	NORMAL	TIRR	TIRA	TLS
FRTB	0,00	0,00	-0,02	-0,01
FRTT	-0,02	-0,04	-0,03	-0,01
ARTB	-0,10	-0,13	-0,06	-0,05
ARTT	-0,12	-0,22	-0,17	-0,14
RRB	-0,15	-0,15	-0,08	-0,08
RRT	-0,09	-0,14	-0,13	-0,13
PFB	0,00	-0,20	-0,13	0,05
RA	-0,03	-0,01	-0,01	-0,10

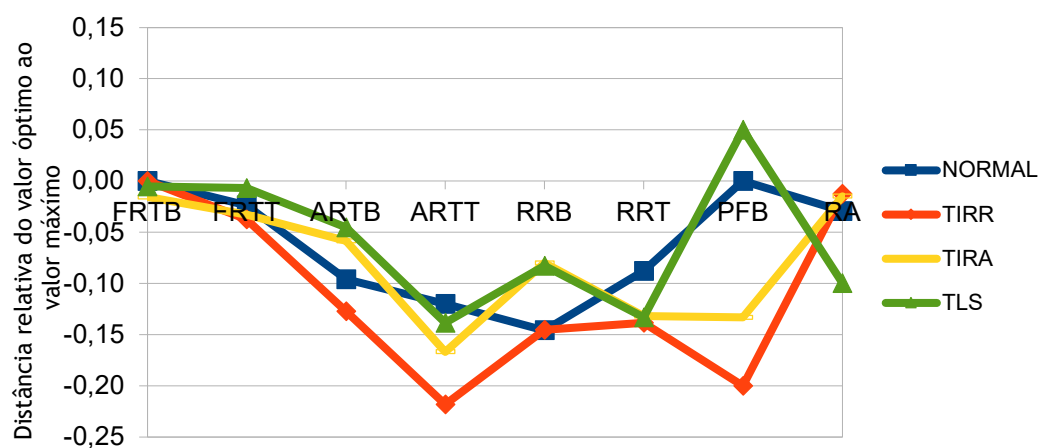


Gráfico A.2 - Distância relativa, do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 4 em cada tipo de acabamento.

## ANEXO 7.4

Tabela A.11- SARJA DE 4 : Valores optimos seleccionados pela função de Conveniência e valores máximos e mínimos para cada propriedade no conjunto dos quatro tipos de acabamentoo

Tipo de Acabamento	FRTB (N)	FRTT (N)	ARTB (%)	ARTT (%)	RRB (N)	RRT (N)	PFB (Grau)	RA (rev./1000)
<b>Acabamento NORMAL</b>								
VALOR OPTIMO	1400	971,9	51,8	35,4	67,9	55,8	4	86,38
Valor máximo	1400	990	55	36	99	78	4,5	99
Valor mínimo	840	600	40	29,5	28	27	2	33
DISTANCIA	0,00	-0,05	-0,21	-0,09	-0,44	-0,44	-0,20	-0,19
<b>Acabamento TIRR</b>								
VALOR OPTIMO	1300	936,9	49,6	33,8	91,3	72,6	4,1	97,25
Valor máximo	1400	990	55	36	99	78	4,5	99
Valor mínimo	840	600	40	29,5	28	27	2	33
DISTANCIA	-0,18	-0,14	-0,36	-0,34	-0,11	-0,11	-0,16	-0,03
<b>Acabamento TIRA</b>								
VALOR OPTIMO	1293,1	978,8	54,3	35	55,6	46,1	3,8	98,1
Valor máximo	1400	990	55	36	99	78	4,5	99
Valor mínimo	840	600	40	29,5	28	27	2	33
DISTANCIA	-0,19	-0,03	-0,05	-0,15	-0,61	-0,63	-0,28	-0,01
<b>Acabamento TLS</b>								
VALOR OPTIMO	1397,5	967,5	51	35,1	55,6	46,2	4,1	79,81
Valor máximo	1400	990	55	36	99	78	4,5	99
Valor mínimo	840	600	40	29,5	28	27	2	33
DISTANCIA	0,00	-0,06	-0,27	-0,14	-0,61	-0,62	-0,16	-0,29

## ANEXO 8.1

Tabela A.12 - SARJA de 3: Distâncias relativas do valor óptimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento

Tipo de Acabamento	FRFB (N)	FRIT (N)	ARTB (%)	ARTT (%)	RRB (N)	RRT (N)	PFB (Grau)	RA (rev./1000)	Soma dos		Distância média
									quadrados das distâncias	do valor máximo	
											Máxima Conveniência
<b>Acabamento NORMAL</b>											
VALOR OPTIMO	1286,9	928,8	49,4	36,6	64	53		75,83			
valor máximo	1300	940	50,5	37	68	54	4,5	74			
valor mínimo	850	630	40	32	36	27	4	31			
DISTANCIA	-0,03	-0,04	-0,10	-0,08	-0,13	-0,04		0,04	0,0383	0,0740	0,9302
<b>Acabamento TIRR</b>											
VALOR OPTIMO	1200	882,5	48,6	35,7	82,6	68,1		83,75			
valor máximo	1200	910	50	36	89	71	4,5	90			
valor mínimo	810	620	36,5	30	63	34	4	34			
DISTANCIA	0,00	-0,09	-0,10	-0,05	-0,25	-0,08		-0,11	0,1014	0,1204	0,9134
<b>Acabamento TIRA</b>											
VALOR OPTIMO	1300	907,5	50,6	36,5	48	41,9		85,4			
valor máximo	1300	930	53	36	54	44	4,5	93,4			
valor mínimo	830	630	39	31,5	28	21	4	36			
DISTANCIA	0,00	-0,08	-0,17	0,11	-0,23	-0,09		-0,14	0,1284	0,1354	0,9293
<b>Acabamento TLS</b>											
VALOR OPTIMO	1263	930,6	48,8	35,9	47,9	41,2		73,94			
valor máximo	1300	940	49,5	36,5	54	42	4,5	81			
valor mínimo	860	600	37	29,5	28	20	4	28			
DISTANCIA	-0,08	-0,03	-0,06	-0,09	-0,23	-0,04		-0,13	0,0924	0,1149	0,9409
Soma dos quadrados das distâncias	0,0079	0,0167	0,0543	0,0286	0,1845	0,0172	0,0000	0,0514			
Distância média do valor op timo ao valor máximo	0,0445	0,0646	0,1165	0,0845	0,2148	0,0655	0,0000	0,1134			

## ANEXO 8.2 (SARJA DE 3)

Tabela A.13 - Relação entre o valor da Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo, para a sarja de 3.

Tipo de acabamento	Distância média do valor ótimo ao valor máximo	Máxima Conveniência
NORMAL	0,0740	0,9302
TIRR	0,1204	0,9134
TIRA	0,1354	0,9293
TLS	0,1149	0,9409

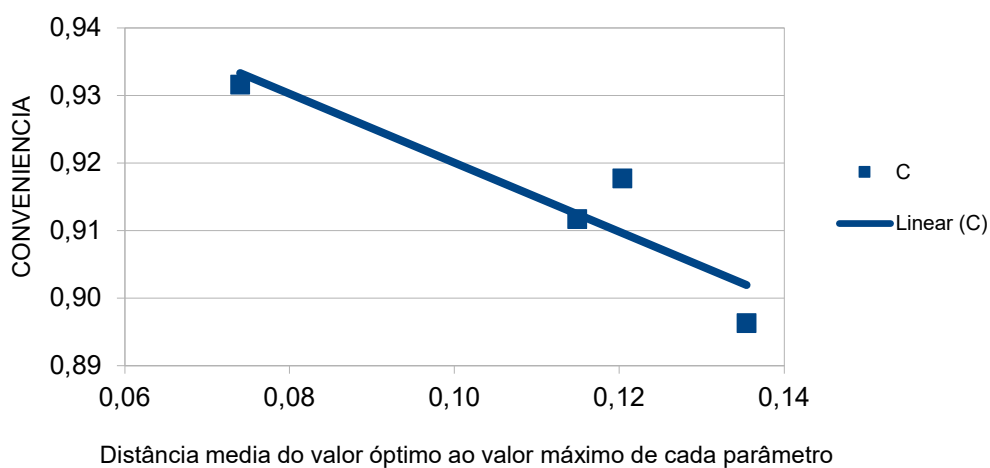


Gráfico A.3 - Relação entre a Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo para a sarja de 3.

## ANEXO 8.3 (SARJA DE 3)

Tabela A.14 - Distância relativa do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 3 em cada tipo de acabamento.

	NORMAL	TIRR	TIRA	TLS
FRTB	-0,03	0,00	0,00	-0,08
FRTT	-0,04	-0,09	-0,08	-0,03
ARTB	-0,10	-0,10	-0,17	-0,06
ARTT	-0,08	-0,05	0,11	-0,09
RRB	-0,13	-0,25	-0,23	-0,23
RRT	-0,04	-0,08	-0,09	-0,04
RA	0,04	-0,11	-0,14	-0,13

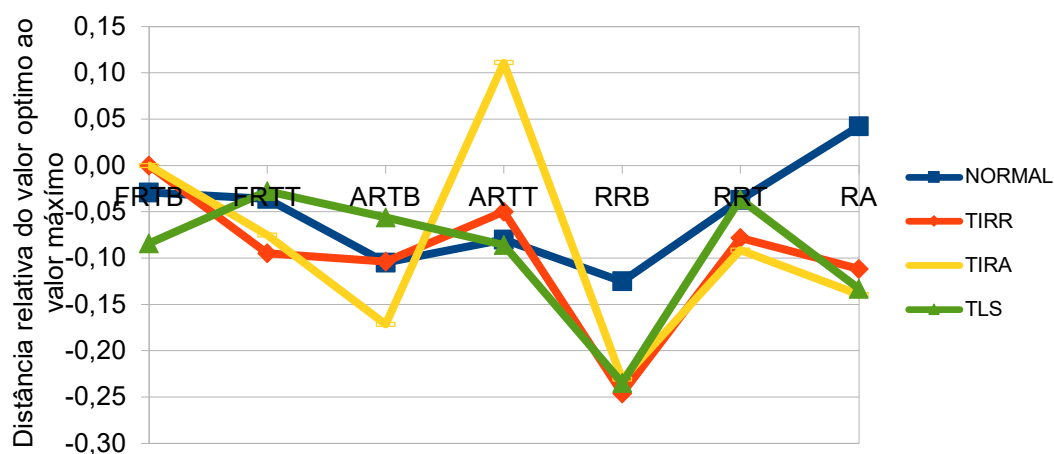


Gráfico A.4 - Distância relativa, do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento sarja de 3 em cada tipo de acabamento.

## ANEXO 8.4

Tabela A.15 - SARJA DE 3: Valores ótimos seleccionados pela função de Conveniência e valores máximos e mínimos para cada propriedade no conjunto dos quatro tipos de acabamentoo

Tipo de Acabamento	FRTB (N)	FRTT (N)	ARTB (%)	ARTT (%)	RRB (N)	RRT (N)	PFB (Grau)	RA <sub>(rev./1000)</sub>
<b>Acabamento NORMAL</b>								
VALOR OPTIMO	1286,9	928,8	49,4	36,6	64	53	4,5	75,83
Valor máximo	1300	940	53	37	89	71	4,5	93,4
Valor mínimo	810	600	36,5	29,5	28	20	4	28
DISTANCIA	-0,03	-0,03	-0,22	-0,05	-0,41	-0,35	0,00	-0,27
<b>Acabamento TIRR</b>								
VALOR OPTIMO	1200	882,5	48,6	35,7	82,6	68,1	4,5	83,75
Valor máximo	1300	940	53	37	89	71	4,5	93,4
Valor mínimo	810	600	36,5	29,5	28	20	4	28
DISTANCIA	-0,20	-0,17	-0,27	-0,17	-0,10	-0,06	0,00	-0,15
<b>Acabamento TIRA</b>								
VALOR OPTIMO	1300	907,5	50,6	36,5	48	41,9	4,5	85,4
Valor máximo	1300	940	53	37	89	71	4,5	93,4
Valor mínimo	810	600	36,5	29,5	28	20	4	28
DISTANCIA	0,00	-0,10	-0,15	-0,07	-0,67	-0,57	0,00	-0,12
<b>Acabamento TLS</b>								
VALOR OPTIMO	1263	930,6	48,8	35,9	47,9	41,2	4,5	73,94
Valor máximo	1300	940	53	37	89	71	4,5	93,4
Valor mínimo	810	600	36,5	29,5	28	20	4	28
DISTANCIA	-0,08	-0,03	-0,25	-0,15	-0,67	-0,58	0,00	-0,30

## ANEXO 9.1

Tabela A.16 - TAFETÁ: Distâncias relativas do valor óptimo ao valor máximo (de cada propriedade), soma dos quadrados das distâncias, distância média e valor de máxima conveniência, para cada um dos tipos de acabamento

Tipo de Acabamento	FRTB (N)	FRTT (N)	ARTB (%)	ARTT (%)	RRB (N)	RRT (N)	PFB (Gau)	RA (rev./000)	Soma dos quadrados das distâncias	Distância média do valor ótimo ao valor máximo	Máxima Conveniência
<b>Acabamento NORMAL</b>											
VALOR OPTIMO	832,5	797,5	42,9	41,9	53,1	48,4	4	84,75			
valor máximo	860	820	43,5	42,5	56	50	4,5	85			
valor mínimo	560	510	34,5	37	27	24	3,5	32			
DISTANCIA	-0,09	-0,07	-0,07	-0,11	-0,10	-0,06	-0,50	0,00	0,2938	0,1916	0,9339
<b>Acabamento TIIR</b>											
VALOR OPTIMO	812,5	772,5	41,44	40,56	70,81	64,31	4,3	94,07			
valor máximo	830	800	42	41,5	73	64	4,5	96			
valor mínimo	540	500	34	34,5	35	31	3,5	37			
DISTANCIA	-0,06	-0,09	-0,07	-0,13	-0,06	0,01	-0,20	-0,03	0,0795	0,0997	0,9502
<b>Acabamento TIRA</b>											
VALOR OPTIMO	807,5	825	44,8	41,1	43,6	40,2	4,4	96,75			
valor máximo	810	850	45	42,5	46	41	4,5	97,7			
valor mínimo	550	520	35,5	36,5	21	18	4	37			
DISTANCIA	-0,01	-0,08	-0,02	-0,23	-0,10	-0,03	-0,20	-0,02	0,1114	0,1180	0,9485
<b>Acabamento TLS</b>											
VALOR OPTIMO	850	807,5	41,5	40,3	45,1	37,6	4,2	83,71			
valor máximo	860	820	41,5	41	49	39	4,5	83,5			
valor mínimo	570	510	33,5	37	22	20	3,5	31			
DISTANCIA	-0,03	-0,04	0,00	-0,18	-0,14	-0,07	-0,30	0,00	0,1497	0,1368	0,9448
Soma dos quadrados das distâncias	0,0133	0,0210	0,0098	0,1150	0,0434	0,0105	0,4200	0,0014			
Distância média do valor ótimo aos valores máximos	0,0577	0,0725	0,0495	0,1696	0,1042	0,0513	0,3240	0,0184			

## ANEXO 9.2 (TAFETÁ)

Tabela A.17 - Relação entre o valor da Conveniência e a distância do valor ótimo ao valor máximo, para tafetá.

Tipo de acabamento	Distância média do valor ótimo ao valor máximo	Máxima Conveniência
NORMAL	0,1916	0,9339
TIRR	0,0997	0,9502
TIRA	0,1180	0,9485
TLS	0,1368	0,9448

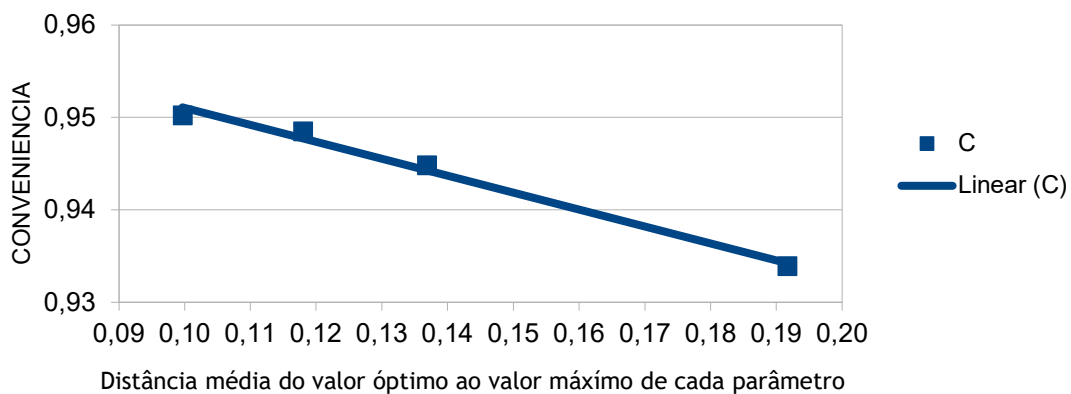


Gráfico A.5 - Relação entre a Conveniência e a distância do valor ótimo ao máximo para o Tafetá.

## ANEXO 9.3 (TAFETÁ)

Tabela A.18 - Distância relativa do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento tafetá em cada tipo de acabamento.

	NORMAL	TIRR	TIRA	TLS
FRTB	-0,09	-0,06	-0,01	-0,03
FRTT	-0,07	-0,09	-0,08	-0,04
ARTB	-0,07	-0,07	-0,02	0,00
ARTT	-0,11	-0,13	-0,23	-0,18
RRB	-0,10	-0,06	-0,10	-0,14
RRT	-0,06	0,01	-0,03	-0,07
PFB	-0,50	-0,20	-0,20	-0,30
RA	0,00	-0,03	-0,02	0,00

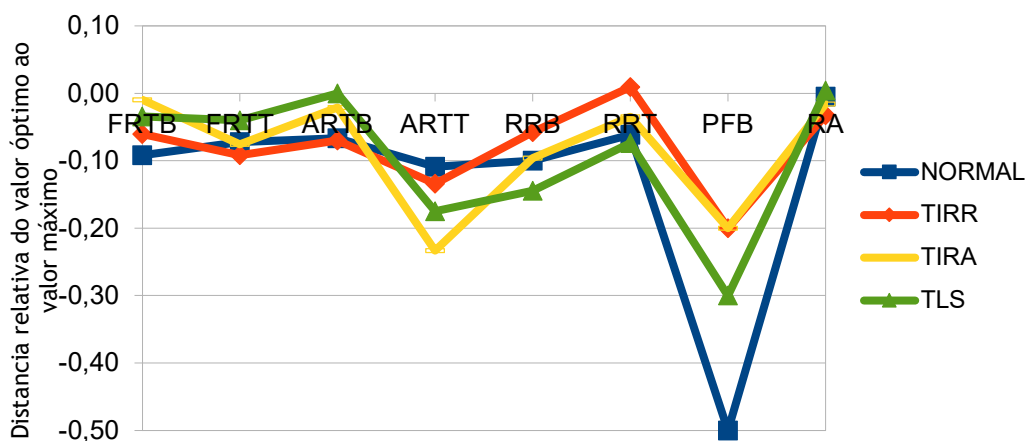


Gráfico A.6 - Distância relativa, do valor ótimo ao valor máximo para cada propriedade do ligamento tafetá em cada tipo de acabamento.

## ANEXO 9.4

Tabela A.19- TAFETÁ : Valores optimos seleccionados pela função de Conveniência e valores máximos e mínimos para cada propriedade no conjunto dos quatro tipos de acabamentoo

Tipo de Acabamento	FRIB (N)	FRITB (N)	FRIT (N)	ARTB (%)	ARTT (%)	RRB (N)	RRT (N)	PFB (Gau)	RA (rev./000)
<b>Acabamento NORMAL</b>									
VALOR OPTIMO	1400	971,9	51,8	35,4	67,9	55,8	4	86,38	
Valor máximo	1400	990	55	36	99	78	4,5	99	
Valor mínimo	840	600	40	29,5	28	27	2	33	
DISTANCIA	0,00	-0,05	-0,21	-0,09	-0,44	-0,44	-0,20	-0,19	
<b>Acabamento TIRR</b>									
VALOR OPTIMO	1300	936,9	49,6	33,8	91,3	72,6	4,1	97,25	
Valor máximo	1400	990	55	36	99	78	4,5	99	
Valor mínimo	840	600	40	29,5	28	27	2	33	
DISTANCIA	-0,18	-0,14	-0,36	-0,34	-0,11	-0,11	-0,16	-0,03	
<b>Acabamento TIRA</b>									
VALOR OPTIMO	1293,1	978,8	54,3	35	55,6	46,1	3,8	98,1	
Valor máximo	1400	990	55	36	99	78	4,5	99	
Valor mínimo	840	600	40	29,5	28	27	2	33	
DISTANCIA	-0,19	-0,03	-0,05	-0,15	-0,61	-0,63	-0,28	-0,01	
<b>Acabamento TLS</b>									
VALOR OPTIMO	1397,5	967,5	51	35,1	55,6	46,2	4,1	79,81	
Valor máximo	1400	990	55	36	99	78	4,5	99	
Valor mínimo	840	600	40	29,5	28	27	2	33	
DISTANCIA	0,00	-0,06	-0,27	-0,14	-0,61	-0,62	-0,16	-0,29	

## ANEXO 10

Tabela A.20 - Diferenças colorimétricas

ACABAMENTO	REFERÊNCIAS DOS TECIDOS	DIFERENÇAS COLORIMÉTRICAS (D65 10 Deg)					
Acabamento TIRR	Tafetá - Ref <sup>a</sup> K - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = 0,20	Da = 0,03	Db = - 0,08	DE = 0,22		
	Tafetá - Ref <sup>a</sup> M - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = 0,03	Da = 0,02	Db = - 0,08	DE = 0,09		
	Sarja de 3 - Ref <sup>a</sup> M - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = - 0,53	Da = 0,02	Db = - 0,08	DE = 0,53		
	Sarja de 3 - Ref <sup>a</sup> N - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = - 0,15	Da = - 0,02	Db = - 0,06	DE = 0,16		
	Sarja de 4 - Ref <sup>a</sup> E - (55% Poliéster/45% Lã)	DL = 0,19	Da = 0,00	Db = - 0,07	DE = 0,20		
	Sarja de 4 - Ref <sup>a</sup> H - (55% Poliéster/45% Lã)	DL = - 0,17	Da = 0,00	Db = - 0,09	DE = 0,19		
	Sarja de 4 - Ref <sup>a</sup> M - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = 0,12	Da = - 0,02	Db = - 0,01	DE = 0,12		
	Tafetá - Ref <sup>a</sup> J - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = - 2,23	Da = 0,05	Db = 0,17	DE = 2,23		
	Tafetá - Ref <sup>a</sup> M - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = - 2,54	Da = 0,04	Db = 0,10	DE = 2,54		
	Sarja de 3 - Ref <sup>a</sup> M - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = - 3,34	Da = 0,04	Db = 0,15	DE = 3,35		
Acabamento TIRA	Sarja de 3 - Ref <sup>a</sup> N - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = - 2,44	Da = 0,01	Db = 0,15	DE = 2,45		
	Sarja de 4 - Ref <sup>a</sup> E - (55% Poliéster/45% Lã)	DL = - 2,13	Da = 0,05	Db = 0,09	DE = 2,13		
	Sarja de 4 - Ref <sup>a</sup> M - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = - 2,42	Da = 0,05	Db = 0,14	DE = 2,43		
	Tafetá - Ref <sup>a</sup> L - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = - 0,27	Da = 0,03	Db = - 0,12	DE = 0,30		
	Sarja de 3 - Ref <sup>a</sup> L - (60% Lã/40% Poliéster)	DL = - 0,44	Da = 0,03	Db = - 0,06	DE = 0,44		
	Sarja de 4 - Ref <sup>a</sup> H - (55% Poliéster/45% Lã)	DL = 0,39	Da = - 0,02	Db = - 0,05	DE = 0,40		
	Sarja de 4 - Ref <sup>a</sup> B - (55% Poliéster/45% Lã)	DL = - 0,98	Da = 0,00	Db = - 0,08	DE = 0,98		
Acabamento TLS							