

**Avaliação objetiva e subjetiva dos sinais
elétricos aplicados na estimulação elétrica
nervosa transcutânea**

Ana Beatriz da Silva Araújo

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Eletrotécnica de computadores

(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutora Maria do Rosário Alves Calado

Junho de 2021

Agradecimentos

Ao terminar este trabalho, quero deixar os meus sinceros agradecimentos a todos que contribuíram para a realização do mesmo, nomeadamente:

À Exma. Professora Doutora Maria Rosário Calado por me ter orientado, pela sua ajuda, disponibilidade e sugestões que contribuíram bastante para a realização deste trabalho. Um muito obrigado pela amizade e pela forma agradável e profissional com que sempre me tratou, esclarecendo sempre as minhas dúvidas, e tornando sempre este trabalho mais enriquecedor, com todas as suas contribuições.

Ao Exmo. Professor Doutor Pedro Dinho e ao meu colega Tomás Souza, por me terem cedido e explicado o funcionamento do Termógrafo de infravermelhos, que era essencial para a realização deste trabalho.

A todos os meus colegas que participaram no estudo, que sempre mostraram disponibilidade e preocupação no decorrer do mesmo.

Aos meus pais que me apoiaram sempre, e sem eles, o sonho de tirar a minha licenciatura não seria possível. Um muito obrigado, pelo esforço que fazem.

Ao meu namorado, por estar sempre do meu lado, e nunca me deixar desistir e acreditar sempre em mim.

As minhas amigas, pelo apoio e preocupação no decorrer deste trabalho.

Resumo

A estimulação elétrica é utilizada regularmente por fisioterapeutas, sendo usualmente indicada para o alívio da dor. A estimulação elétrica nervosa transcutânea é uma terapêutica não invasiva, que através de um estimulador externo, faz circular uma corrente elétrica que atravessa os eletrodos que estão colocados na superfície da pele.

Em 1965, Melzack e Wall forneceram uma justificação fisiológica para os efeitos analgésicos da eletroestimulação. Propuseram a teoria de controlo do portão. De acordo com esta teoria, a ativação de fibras aferentes de grande diâmetro, fibras A-beta, provoca a ativação local de mecanismos inibitórios no corno dorsal da medula espinhal causando a inibição pré-sináptica das fibras aferentes nociceptivas, fibras A-delta e C, provocando um alívio da dor.

A TENS aplica uma corrente de baixa frequência quando comparada a todo o espectro de frequências de corrente elétrica disponíveis para uso terapêutico, e pode ser classificada em quatro modalidades: convencional, acupuntura, *burst* e breve-intenso.

Este estudo teve como objetivo avaliar, numa pequena amostra de indivíduos, a experiência dolorosa que a TENS pode provocar e os seus efeitos térmicos, recorrendo a uma escala numérica da dor e à termografia, respetivamente.

Palavras-chave:(estimulação elétrica; estimulação elétrica nervosa transcutânea; dor;)

Abstract

Electrical stimulation is regularly used by physical therapists and is usually indicated for pain relief. Transcutaneous electrical nerve stimulation is a non-invasive therapy in which an electrical current is emitted through an external stimulator that passes through the electrodes placed on the surface of the skin.

In 1965, Melzack and Wall provided a physiological justification for the analgesic effects of electrostimulation. They proposed the gate control theory. According to this theory, the activation of large diameter afferent fibers, A-beta fibers, causes local activation of inhibitory mechanisms in the dorsal horn of the spinal cord causing presynaptic inhibition of nociceptive afferent fibers, A-delta and C fibers, causing pain relief.

TENS applies a low-frequency current when compared to the entire spectrum of electrical current frequencies available for therapeutic use, and can be classified into four modalities: conventional, acupuncture, burst and brief-intensity.

This study aimed to evaluate, in a small sample of individuals, the painful experience that TENS can cause and its thermal effects, using a numerical pain scale and thermography, respectively.

Keywords: (electrical stimulation; transcutaneous electrical nerve stimulation; pain;)

Índice

1. Introdução	1
1.2. Objetivo do estudo	2
1.2.1. Estrutura e organização do trabalho	2
2. Estimulação elétrica nervosa transcutânea	3
3. Fundamentos biológicos	4
3.1. O neurónio	4
3.1.1. Potenciais de membrana nervosa	5
3.2. O músculo	7
3.2.1. Contração muscular	8
3.3. Teoria de controlo do portão	8
4. Modalidades da TENS	12
5. Tipos de correntes usadas nos diferentes estimuladores elétricos	16
5.1. Corrente contínua	17
5.1.1. Estimuladores de corrente galvânica	17
5.2. Corrente alternada	18
5.2.1. Estimuladores de corrente diadinâmica	18
5.2.2. Estimuladores de corrente farádica	19
5.2.3. Estimuladores de corrente de interferência	20
5.2.4. Estimuladores FES	21
5.2.5. Estimuladores de corrente russa	21
5.2.6. Estimuladores de corrente aussie	22
5.3. Corrente pulsada	23
5.3.1. Estimuladores de alta tensão	23
6. Correntes usadas na TENS	24
6.1. Corrente de pulsos bifásica simétrica retangular	24
6.2. Corrente de pulsos bifásica assimétrica equilibrada	25
7. Fatores que afetam a eficácia da TENS	26
7.1. Preparação da pele	26
7.2. Disposição dos elérodos	26
7.3. Tempo de aplicação	27
7.4. Indicações	28
7.5. Contraindicações e preocupações	28
8. Aplicações	30
8.1. Aplicações clínicas	30
8.1.1. Estudo da TENS na produção de efeito analgésico em pacientes com osteoartrose no joelho	30
8.1.2. Os efeitos da TENS na cicatrização de feridas, viabilidade de enxertos cutâneos e reparação no tendão de Aquiles	31
8.1.3. TENS utilizada como complemento no controlo da dor oncológica	32

8.1.4. Aplicação da TENS no pós-operatório de cesariana	34
8.2. Aplicações desportivas	36
8.2.1. Comparação da eficiência das ondas de ultrassom terapêuticas com a estimulação nervosa elétrica transcutânea em atletas com tendinite.....	36
8.2.2. Avaliação da TENS na redução da dor provocada pelo exercício, e consequentemente na melhoria no desempenho do atleta	37
9. Componente prática.....	39
9.1. Termografia	39
9.1.1. Aplicações da Termografia	40
9.2. Avaliação da dor	42
9.3. Procedimento	45
9.3.1 Descrição de cada tipo de TENS usado	46
9.4 Resultados	49
9.4.1. TENS de 100 Hz.....	50
9.4.2. TENS com frequência modulada	53
9.4.3. TENS com largura de pulso modulada	56
9.4.4. TENS endorfinica	60
9.4.5. TENS <i>burst</i>	63
9.4.6. TENS <i>burst</i> alternado.....	67
10. Conclusão	74
Referências.....	75

Lista de Figuras

Figura 1. Representação do neurónio.	4
Figura 2. Potencial de membrana em repouso.	5
Figura 3. Despolarização da membrana.	6
Figura 4. Representação esquemática de um potencial de ação e seu potencial elétrico.	6
Figura 5. Constituição do músculo esquelético.	7
Figura 6. Ilustração da teoria de controlo do portão.	11
Figura 7. TENS convencional.	13
Figura 8. TENS acupuntura.	14
Figura 9. TENS breve-intenso.	14
Figura 10. Bloqueio da transmissão periférica induzida pela TENS.	15
Figura 11. Corrente galvânica.	18
Figura 12. Corrente diadinâmica.	19
Figura 13. Corrente neofarádica.	20
Figura 14. Corrente de interferência.	20
Figura 15. Corrente FES.	21
Figura 16. Corrente russa.	22
Figura 17. Corrente aussie.	22
Figura 18. Corrente de alta tensão.	23
Figura 19. Equipamento TENS padrão.	24
Figura 20. Corrente de pulsos bifásica simétrica retangular, com equilíbrio de carga em ambas as fases.	25
Figura 21. Corrente de pulsos bifásica assimétrica equilibrada, com amplitudes e tempos diferentes e equilíbrio de carga em ambas as fases.	25
Figura 22. Identificação dos locais onde os pacientes do estudo sentiam a dor.	33
Figura 23. Representação dos valores médios pré e pós sessões de TENS.	33
Figura 24. Imagens da Nebulosa de Orion captadas através do telescópio Hubble Space Telescope (esquerda) e da termografia (direita).	41
Figura 25. Termogramas de peças automóveis.	41

Figura 26. Imagem térmica de uma situação de salvamento. _____	42
Figura 27. Escala visual analógica. _____	43
Figura 28. Escala numérica. _____	43
Figura 29. Escala qualitativa. _____	44
Figura 30. Escala de faces. _____	44
Figura 31. Equipamento Chattanooga Physio. _____	45
Figura 32. Demonstração da utilização do equipamento com os eletrodos colocados no braço direito do indivíduo. _____	46
Figura 33. TENS de 100 Hz no sujeito 1. _____	50
Figura 34. TENS de 100 Hz no sujeito 2. _____	50
Figura 35. TENS de 100 Hz no sujeito 3. _____	51
Figura 36. TENS de 100 Hz no sujeito 4. _____	51
Figura 37. TENS de 100 Hz no sujeito 5. _____	51
Figura 38. TENS de 100 Hz no sujeito 6. _____	52
Figura 39. Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS de 100 Hz. _____	52
Figura 40. TENS com frequência modulada no sujeito 1. _____	53
Figura 41. TENS com frequência modulada no sujeito 2. _____	54
Figura 42. TENS com frequência modulada no sujeito 3. _____	54
Figura 43. TENS com frequência modulada no sujeito 4. _____	54
Figura 44. TENS com frequência modulada no sujeito 5. _____	55
Figura 45. TENS com frequência modulada no sujeito 6. _____	55
Figura 46. Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS com frequência modulada. _____	56
Figura 47. TENS com largura de pulso modulada no sujeito 1. _____	57
Figura 48. TENS com largura de pulso modulada no sujeito 2. _____	57
Figura 49. TENS com largura de pulso modulada no sujeito 3. _____	58
Figura 50. TENS com largura de pulso modulada no sujeito 4. _____	58
Figura 51. TENS com largura de pulso modulada no sujeito 5. _____	59
Figura 52. TENS com largura de pulso modulada no sujeito 6. _____	59
Figura 53. Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS com largura de pulso modulada. _____	60

Figura 54. TENS endorfinica no sujeito 1. _____	61
Figura 55. TENS endorfinica no sujeito 2. _____	61
Figura 56. TENS endorfinica no sujeito 3. _____	61
Figura 57. TENS endorfinica no sujeito 4. _____	62
Figura 58. TENS endorfinica no sujeito 5. _____	62
Figura 59. TENS endorfinica no sujeito 6. _____	62
Figura 60. Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS endorfinica. _____	63
Figura 61. TENS <i>burst</i> no sujeito 1. _____	64
Figura 62. TENS <i>burst</i> no sujeito 2. _____	64
Figura 63. TENS <i>burst</i> no sujeito 3. _____	65
Figura 64. TENS <i>burst</i> no sujeito 4. _____	65
Figura 65. TENS <i>burst</i> no sujeito 5. _____	65
Figura 66. TENS <i>burst</i> no sujeito 6. _____	66
Figura 67. Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS <i>burst</i> . _____	66
Figura 68. TENS <i>burst</i> alternado no sujeito 1. _____	67
Figura 69. TENS <i>burst</i> alternado no sujeito 2. _____	68
Figura 70. TENS <i>burst</i> alternado no sujeito 3. _____	68
Figura 71. TENS <i>burst</i> alternado no sujeito 4. _____	69
Figura 72. TENS <i>burst</i> alternado no sujeito 5. _____	69
Figura 73. TENS <i>burst</i> alternado no sujeito 6. _____	70
Figura 74. Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS <i>burst</i> alternado. ____	70
Figura 75. Gráfico da percentagem de aumento da temperatura nos diferentes tipos de TENS. 71	
Figura 76. Gráfico da avaliação da dor feita aos sujeitos em todos os tipos de TENS. _____	72
Figura 77. Gráfico da avaliação subjetiva feita pelos sujeitos em todos os tipos de TENS. ____	73

Lista de Tabelas

Tabela I. Dados relativos aos indivíduos do grupo A.	35
Tabela II. Dados relativos aos indivíduos do grupo B.	35
Tabela III. TENS de 100 Hz.	47
Tabela IV. TENS com frequência modulada.	47
Tabela V. TENS com largura de pulso modulada.	47
Tabela VI. TENS endorfinica.	48
Tabela VII. TENS <i>burst</i> .	49
Tabela VIII. TENS <i>burst</i> alternado.	49

Lista de Acrónimos

TENS Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea

SNC Sistema Nervoso Central

FES Estimulação Elétrica Funcional

BPI *Brief Pain Inventory*

MPQ *McGill Pain Questionnaire*

1.Introdução

A estimulação elétrica nervosa transcutânea, TENS, é um recurso terapêutico bastante utilizado para o alívio da dor, caracteriza-se por ser uma técnica não invasiva, de fácil utilização e de baixo custo quando comparada com outras terapias à base de medicamentos de longo prazo. Tem poucos efeitos secundários e pode ser usada em conjunto com fármacos, reduzindo assim a dosagem da medicação e dos seus efeitos secundários. A TENS pode ser autoadministrada e ajustada conforme necessário, pois não existe risco de sobredosagem. Tanto pode ser aplicada em clínicas por profissionais de saúde ou em casa pelos próprios pacientes que compram o aparelho diretamente dos fabricantes, desde que orientados adequadamente. Obtém-se analgesia máxima quando a TENS gera uma forte, mas não dolorosa, parestesia elétrica.

Este tipo de eletroestimulação consiste na aplicação de correntes elétricas alternadas em forma de pulsos, distribuídas pela superfície intacta da pele, por meio da colocação de elétrodos, para ativar os nervos subjacentes.

O objetivo da TENS é que o paciente sinta uma forte sensação analgésica com a mínima atividade muscular. Para além do seu efeito analgésico e não analgésico comprovado, têm surgido vários estudos experimentais em animais para comprovação do efeito de reparação de tecidos e do efeito anti-inflamatório, uma vez que no local abaixo dos elétrodos existe um aumento da microcirculação, havendo, porém, uma grande discórdia acerca da sua eficácia. A grande discórdia deve-se ao facto da TENS ser feita através de uma corrente de baixa frequência quando comparada a todo o espectro de frequências de corrente elétrica disponíveis para uso terapêutico, o que resulta numa pequena profundidade de penetração, provocando uma ineficiente microdilatação nos tecidos abaixo da pele.

A TENS tem sido amplamente utilizada, principalmente no tratamento sintomático da dor crónica e aguda, em todas as faixas etárias. Tem-se mostrado eficaz no tratamento de vários tipos de dor, incluindo a dor de dentes, oncológica, fibromialgia, osteoartrite, lombalgia e principalmente na dor pós-operatória.

O uso da eletricidade para o alívio da dor é uma técnica que existe há mais de 2500 anos; os egípcios utilizavam peixes eletrogéneos, como a enguia elétrica, para o tratamento da gota e das dores de cabeça [1]. No século XVIII, os geradores eletrostáticos ajudaram a popularizar a eletroterapia, no entanto o uso crescente de tratamentos à base de fármacos fez com que o uso da eletroterapia diminuísse no final do século XIX. Em 1965, o interesse pelo uso da eletricidade para aliviar a dor foi resgatado por Melzack e Wall, através da teoria de controlo do portão [2].

1.2. Objetivo do estudo

O objetivo principal deste trabalho é a avaliação objetiva da aplicação dos sinais elétricos da TENS, complementada com uma avaliação subjetiva de entendimento da dor ou desconforto por parte dos pacientes recorrendo a uma escala numérica. Para esta avaliação recorrer-se-á a um dispositivo estimulador neuromuscular portátil, Chattanooga Physio, alimentado por uma unidade de bateria portátil, que aplicará diferentes tipos de sinais elétricos de estímulo aos voluntários. Para além dos possíveis efeitos de dor e/ou desconforto, também os seus efeitos térmicos na zona da aplicação dos elétrodos serão avaliados, utilizando-se para esse estudo um termógrafo de infravermelhos.

1.2.1. Estrutura e organização do trabalho

Esta dissertação está organizada em 10 capítulos. O primeiro, "Introdução", faz uma apresentação ao tema, descreve os principais objetivos, define a estrutura e organização do texto. No segundo, "Estimulação elétrica nervosa transcutânea", descreve o que é a TENS. No terceiro, "Fundamentos biológicos", apresentam-se os fundamentos biológicos em que se baseia a estimulação elétrica e é explicada a teoria de controlo do portão, teoria atualmente aceite pela comunidade científica. No quarto, "Modalidades da TENS", faz-se uma ilustração e explicação dos diferentes tipos de TENS utilizados. O quinto, "Tipos de correntes usadas nos diferentes estimuladores elétricos", faz referência aos vários tipos de estimuladores, ilustrando o tipo de corrente usada. No sexto, "Correntes usadas na TENS", são caracterizadas as correntes usadas pela TENS. No sétimo, "Fatores que afetam a eficácia da TENS", enumeram-se todos os requisitos que se devem ter em atenção antes da utilização da TENS, tais como a disposição dos elétrodos, o tempo de aplicação, indicações e contra-indicações. No oitavo, "Aplicações", são mencionadas algumas aplicações da TENS, clínicas e desportivas. No nono, "Componente prática", descreve todo o procedimento prático e demonstra os resultados. Por último, "Conclusão", é feita uma síntese final acerca do tema, referindo-se os resultados obtidos.

2. Estimulação elétrica nervosa transcutânea

O termo TENS é uma abreviatura do termo em inglês, *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*, que significa Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea. A Associação de Terapia Física Americana define a TENS como uma terapia que promove o alívio da dor, com a aplicação de impulsos elétricos sobre a pele por meio de elétrodos posicionados nas áreas dolorosas ou próximas delas. É um método não invasivo, seguro, barato e de fácil manuseamento [3].

A TENS é, desde 1965, um dos recursos terapêuticos mais comuns e utilizados para o alívio da dor crônica e aguda. A TENS refere-se à aplicação de corrente elétrica de baixa frequência, apresenta uma forma de onda bifásica simétrica ou assimétrica balanceada com uma semionda quadrada positiva e um pico negativo. Esta particularidade faz com que a estimulação dos recetores nervosos apresente uma corrente direta igual a zero, ou seja, com áreas iguais de ondas positivas e negativas, não produzindo efeitos polares [1].

A TENS que utiliza uma alta frequência atua de acordo com a teoria do controlo do portão descrita por Melzack e Wall, enquanto a TENS da baixa frequência provoca a libertação de opióides endógenos a nível medular, provocando o efeito analgésico.

Em suma, qualquer dispositivo de estimulação que proporcione a passagem de correntes elétricas através da superfície intacta da pele é denominado de TENS.

3. Fundamentos biológicos

A estimulação elétrica nos tecidos tem como principal objetivo provocar mudanças fisiológicas dos mesmos. Neste sentido, torna-se necessário o entendimento da ativação dos músculos e dos neurónios.

3.1. O neurónio

O neurónio é a célula presente no sistema nervoso responsável pela condução dos impulsos nervosos. É constituído por um corpo celular, onde se localiza o núcleo celular, dendritos e axónios, que fazem a ligação do neurónio com outras células.

Os axónios enviam informação a outros neurónios e os dendritos recebem a informação de outros neurónios. O espaço entre os dendritos de um neurónio e o terminal do axónio do outro, denomina-se de fenda sináptica onde, através das sinapses, os neurotransmissores transportam a informação, como podemos observar na Figura 1.

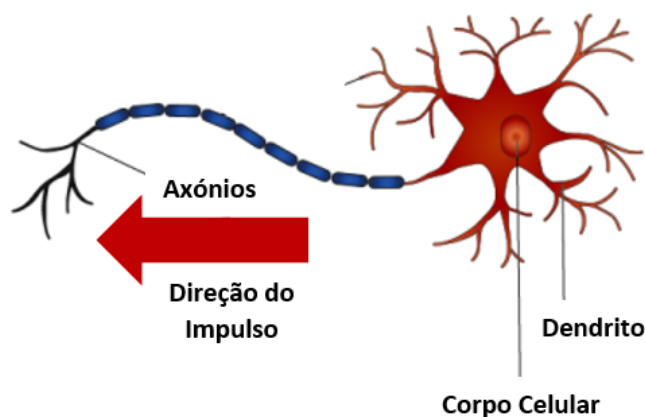


Figura 1 – Representação do neurónio. Adaptado de [4].

Os neurónios podem ser classificados em três tipos: (1) neurónios recetores, sensitivos ou aferentes que recebem os estímulos sensoriais e conduzem o impulso ao sistema nervoso central; (2) neurónios motores ou eferentes que transmitem os impulsos motores, ou seja, as respostas ao estímulo; e (3) neurónios associativos ou interneurónios, que estabelecem a ligação entre os neurónios motores e os recetores.

3.1.1. Potenciais de membrana nervosa

Os impulsos nervosos são sinais elétricos que afetam os iões da membrana do neurónio. O estímulo ocorrido num ponto do neurónio é transmitido através de bruscas mudanças de carga elétrica. Este fenómeno denomina-se de potencial de ação. O axónio transporta o potencial de ação do corpo do neurónio até às sinapses, onde os neurotransmissores são libertados. Estas moléculas atravessam a fenda sináptica e modificam o potencial da membrana dos dendritos de outro neurónio [5].

As membranas plasmáticas dos neurónios são constituídas por uma bicamada fosfolipídica impermeável aos iões; no entanto, possuem proteínas que funcionam como canais ou bombas iónicas. Estas proteínas, pela sua atividade, formam o potencial de repouso quando a membrana da célula não está sujeita a qualquer alteração do seu potencial eléctrico. O potencial de repouso é negativo, ou seja, o exterior tem uma carga mais positiva do que o seu interior. Este facto deve-se à diferença de concentração dos iões sódio e potássio dentro e fora da célula. Diferença essa que é mantida pelo funcionamento dos canais e proteínas que bombeiam sódio para o meio externo e potássio para o meio interno [5]. Como a quantidade de iões de potássio que sai da célula é superior à quantidade de iões de sódio que entra na célula, cria-se um défice de cargas positivas na célula relativamente ao exterior; este fenómeno denomina-se de potencial de repouso, como podemos observar na Figura 2.

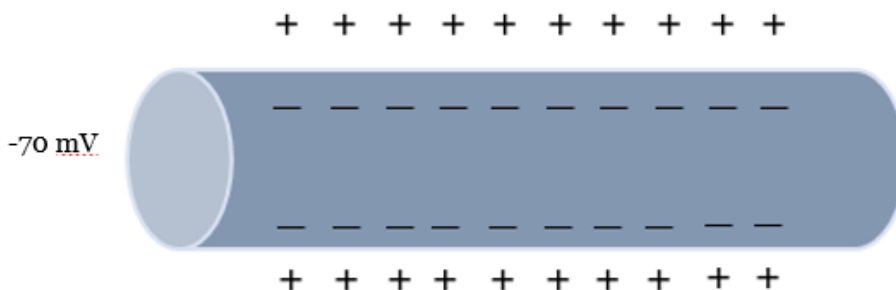


Figura 2 – Potencial de membrana em repouso.

Quando o neurónio está em repouso, os canais estão fechados, mas quando a célula é estimulada estes abrem-se, permitindo uma rápida entrada de sódio, e uma alteração do potencial de membrana de cerca de -70 mV para + 30 mV, chamando-se a este processo despolarização, no qual o interior da célula fica com uma carga mais positiva, devido à entrada de iões de sódio, como se encontra representada na Figura 3. A rápida alteração do potencial eléctrico que ocorre durante a despolarização designa-se de potencial de ação.

Quando o potencial de ação atinge o seu pico máximo, durante a despolarização, aumenta a permeabilidade da membrana ao potássio, causando a saída do mesmo da célula, voltando ao normal a permeabilidade dos canais ao sódio. Dá-se uma quebra no potencial de membrana até

atingir o seu valor de repouso, chamando-se a este processo de alteração da diferença de potencial repolarização [5].

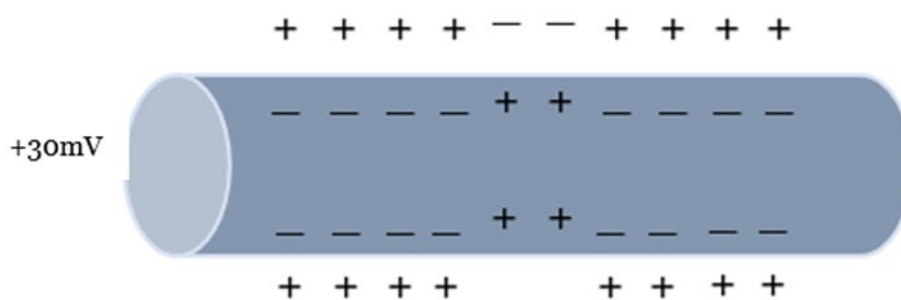


Figura 3 – Despolarização da membrana.

Contraopondo ao que foi enunciado anteriormente com a estimulação elétrica nervosa transcutânea, a única diferença é que o potencial de ação é forçado. A corrente elétrica aplicada num indivíduo, através dos elétrodos colocados sobre a pele, funciona como um estímulo externo que inicia o potencial de ação.

Podemos observar na Figura 4 a representação esquemática de um potencial de ação e o seu potencial elétrico.

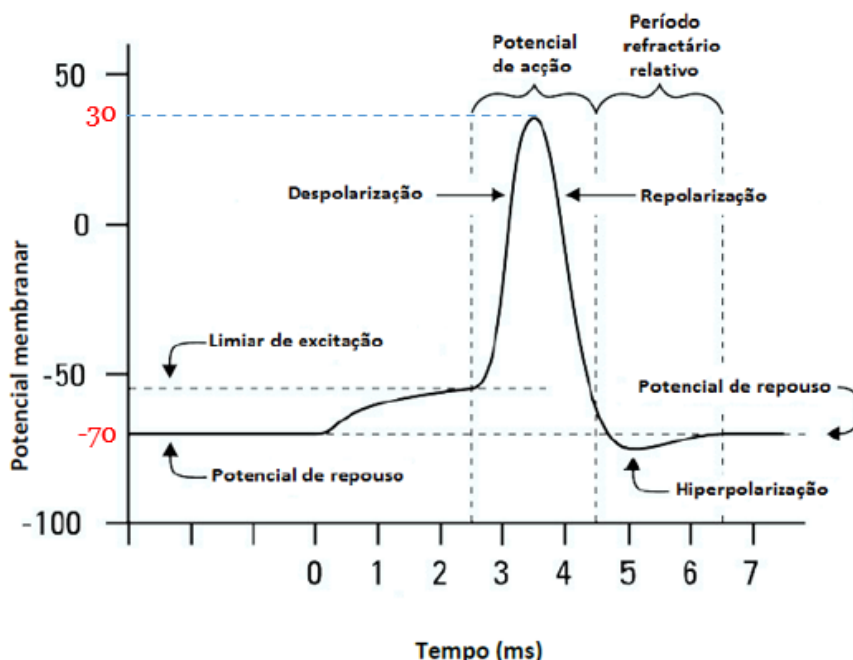


Figura 4 – Representação esquemática de um potencial de ação e seu potencial elétrico. Adaptado de [6].

3.2. O músculo

Os músculos podem ser classificados em três tipos: liso, estriado cardíaco e estriado esquelético. Os músculos lisos encontram-se no revestimento do tubo digestivo e nas artérias, os músculos estriados subdividem-se em cardíaco e esquelético, sendo que o primeiro constitui o coração e o segundo forma a maior parte da massa muscular do corpo.

Para este estudo, temos especial interesse nos músculos estriados esqueléticos, que formam a massa muscular onde é aplicada a estimulação elétrica, representados na Figura 5. O principal componente deste músculo é a fibra muscular. As suas células possuem o formato de longos cilindros, podendo o seu comprimento variar de acordo com o músculo a que pertence. Possuem feixes de proteínas, chamados de miofibrilas, que ocupam a maior parte das células musculares. Os miofilamentos são proteínas contráteis que se encontram nas miofibrilas, estando alternadas entre miofilamentos finos e grossos, formando um padrão repetitivo, padrão este que é chamado de sarcómero. O sarcómero estende-se entre estruturas denominadas de linhas z, encontram-se no seu centro os miofilamentos grossos e os finos estiram-se da linha z para o centro. Os miofilamentos grossos são formados pelas proteínas contráteis de miosina e os finos de actina. Nos filamentos finos também podemos encontrar a troponina que, através da ligação com moléculas de cálcio, controla a posição da tropomiosina, proteína esta que interfere na relação entre a miosina e a actina [5].

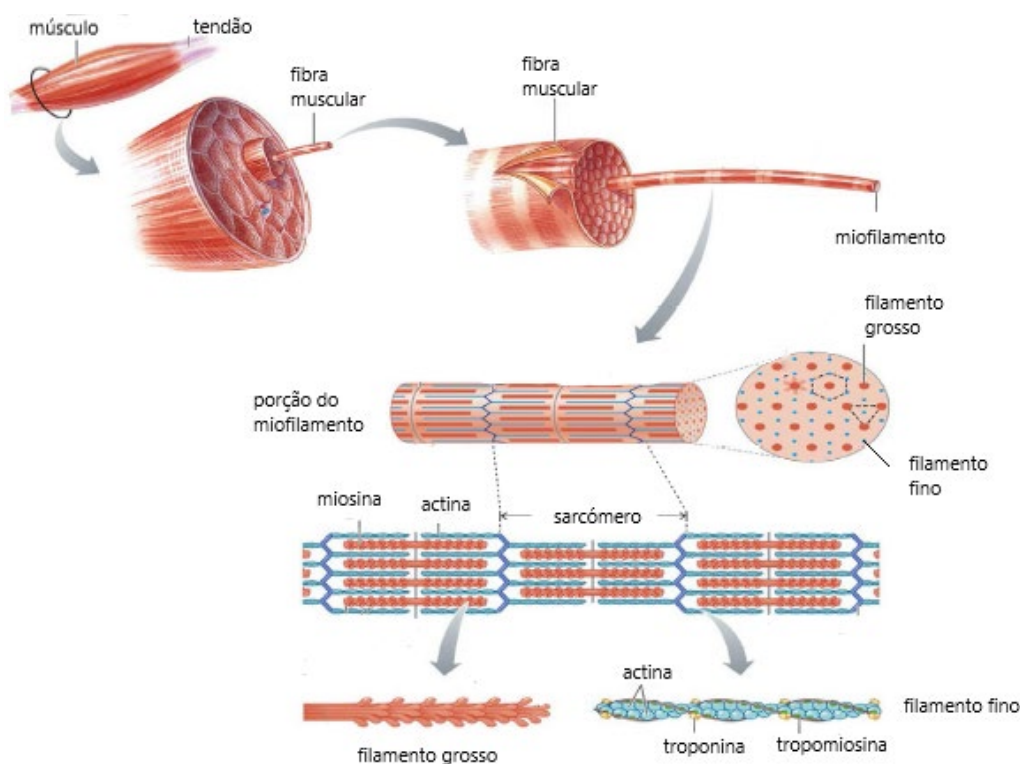


Figura 5 – Constituição do músculo esquelético. Adaptado de [7].

3.2.1. Contração muscular

O sarcômero é a unidade funcional da contração muscular. Quando chega um impulso nervoso ao axônio do neurônio motor, liberta-se uma substância neurotransmissora, a acetilcolina. Por sua vez a acetilcolina liga-se aos receptores da membrana da fibra muscular, gerando um potencial de ação, que provoca a contração da actina e da miosina, levando à diminuição do sarcômero e, conseqüentemente, à contração muscular [5].

O potencial de ação provoca a abertura dos canais de sódio e provoca a libertação dos íons de cálcio. Quando não existe um potencial de ação, o local de ligação da miosina com a actina está coberto com a tropomiosina. Na ocorrência de um potencial de ação, o cálcio libertado une-se à troponina, que por sua vez remove a tropomiosina, permitindo a ligação da miosina com a actina. Este processo é repetido consecutivamente, fazendo com que a miosina se desloque em relação à actina, provocando a contração muscular. O relaxamento do músculo ocorre quando os íons de cálcio regressam à sua posição inicial e a tropomiosina volta ao local de ligação da miosina e da actina [5].

Existem dois tipos de contração muscular, a isométrica em que o músculo não encurta o seu tamanho aquando de uma contração, e a isotónica em que o músculo encurta aquando de uma contração [5].

A contração muscular provocada por uma estimulação elétrica externa é muito diferente de uma contração ocorrida pelos mecanismos fisiológicos naturais. Numa estimulação elétrica externa as fibras são ativadas todas ao mesmo tempo, enquanto que na que ocorre naturalmente no sistema nervoso central, as fibras são controladas separadamente. Na estimulação elétrica externa é preciso ter em conta a posição dos elétrodos, pois estes ativam primeiramente os tecidos que lhes estão mais próximos. Deste modo, é fundamental o posicionamento dos elétrodos o mais próximo possível do tecido que se quer ativar [5].

3.3. Teoria de controlo do portão

A dor, segundo a definição da *International Association for the Study of Pain (IASP)*, é “uma experiência sensorial e emocional desagradável, associada a uma lesão tecidular real ou potencial, ou descrita pelo doente em termos de tal lesão” [8].

A dor pode ser explicada como uma experiência sensorialmente e emocionalmente desagradável, sendo esta sempre subjetiva, e cada pessoa utiliza este termo tendo por base a suas experiências prévias. A dor é condicionada por diversos fatores, tais como o estado emocional, a cultura, crenças religiosas, experiências anteriores pessoais ou familiares e pela capacidade cognitiva. É um fenómeno individual, complexo e multifatorial que funciona como um mecanismo de proteção

do próprio organismo, sendo que o indivíduo reage instintivamente de forma a remover o estímulo doloroso [9].

Ao longo dos anos, para explicar o fenômeno de dor, desenvolveram-se várias teorias. Nas teorias mais relevantes encontra-se a teoria da especificidade, que teve origem em 1644 com René Descartes. Este defendia que a dor detinha um canal direto de comunicação entre a pele e o cérebro. Dando continuidade ao pensamento de Descartes e organizando melhor as suas ideias, entre 1816 e 1826, Charles Bell e Muller sugeriram que a dor era transmitida através da transmissão de impulsos elétricos. Mais tarde, o fisiologista Von Frey desenvolveu o conceito de que os neurónios eram capazes de detetar estímulos muito particulares, como a dor, pressão, calor ou frio. Com o passar do tempo, e com base neste conceito, admite-se que é no cérebro, mais precisamente no corno posterior, onde ocorrem o reconhecimento e a modulação da dor [10].

Em 1965, Melzack e Wall desenvolveram uma teoria, que é hoje a mais aceita pela comunidade científica, para explicar a razão pela qual sentimos dor e como essa informação de dor chega ao sistema nervoso central. Essa teoria foi apelidada como teoria de controlo do portão.

Tal como o próprio nome indica, o contributo que este modelo apresentou foi o próprio portão, metafórico, que existe no corno posterior dorsal da medula espinhal. De acordo com Melzack e Wall é este o mecanismo que regula a quantidade e intensidade da informação de dor que chega ao nosso cérebro, e que posteriormente sentimos. O portão regula o influxo de nociceptores, mesmo antes do indivíduo sentir dor. Os nociceptores são recetores sensoriais que transmitem as informações em resposta a um estímulo causando a perceção da dor. Essa variação da passagem de nociceptores é causada pela atividade de fibras de grande diâmetro, A-alfa e A-beta, e fibras de pequeno diâmetro, A-delta e as C, e ainda por influências cognitivas [11].

Os nociceptores podem ser unimodais, se apenas um tipo de estímulo é capaz de os ativar, ou polimodais se forem ativados por mais do que um tipo de estímulo. Os nociceptores unimodais mais frequentes são os mecanorecetores que respondem a deformações mecânicas e localizam-se nas fibras A-delta. Já a predominância dos nociceptores polimodais verifica-se nas fibras C [12].

As influências cognitivas, apesar de serem o elemento mais relevante desta teoria, na época da sua elaboração era um conceito não muito desenvolvido, mas tinha a finalidade de representar os fatores psicológicos, tais como a ansiedade ou euforia na resposta à dor. Sendo assim, por exemplo uma lesão num tecido define o entendimento de dor, no entanto não é uma condição necessária nem suficiente para a existência da mesma. Por exemplo, durante a segunda guerra mundial Henry Brecher constatou que os soldados gravemente feridos, que se encontravam num estado de euforia, não sentiam dor. Esta modulação da dor provocada pelas emoções resulta principalmente pela libertação de opióides endógenos [11].

A farmacologia dispõe de diversos opióides exogéneos, tal como a morfina; no entanto, o organismo também produz opióides endógenos, como mecanismo de analgesia natural que resulta da produção de neuropeptídeos moduladores nociceptivos tais como endorfinas, encefalinas, dinorfinas e calcitonina. Estes têm como objetivo inibirem a libertação de

neuropéptidos que estão envolvidos na transmissão nociceptiva, tais como a substância P, bradicinina e somatostatina, promovendo o efeito analgésico.

A teoria de controlo do portão admite que existe um mecanismo neuronal que se comporta como um portão, e que pode controlar a passagem de impulsos nervosos transmitidos desde as fibras periféricas até as do SNC através da medula, mais especificamente no corno posterior, tendo em conta que a medula espinhal é a principal via de condução de informação entre o corpo e o encéfalo. Como já foi dito anteriormente, a variação na passagem dos potenciais de ação do portão é determinada pela atividade das fibras de grande diâmetro, A-alfa e A-beta, e pequeno diâmetro, A-delta e C [13].

As fibras A-delta são fibras rápidas, mielinizadas, ou seja, são constituídas por bainha de mielina e conduzem o potencial de ação em direção ao SNC, caracterizando a dor aguda e bem localizada. A bainha de mielina tem a função de proteger o axónio e acelerar a velocidade de condução do impulso nervoso. As fibras C transmitem a informação de forma mais lenta, são amielinizadas e caracterizam a dor mal localizada e contínua. As fibras A-beta são também mielinizadas e funcionam como mecanismo de inibição de dor. Estas provocam uma descarga intensa nas células de lâmina V, células estas responsáveis pela perceção da dor, de onde resulta um período de inibição [13].

A teoria de controlo do portão, propõe que os fenómenos de dor são determinados pela interação de três sistemas. Em que no corno posterior é composto por uma substância gelatinosa, que atua como um sistema de controlo do portão que modula a transmissão da informação, e que chega através dos neurónios aferentes, antes que esta influencie as células de transmissão, as células T. Depois, o impulso nervoso vai ativar processos cerebrais seletivos que afetam as propriedades moduladoras do sistema de controlo do portão. Por último, as células T ativam mecanismos neuronais que compreendem o sistema de ação responsável pela resposta e perceção [13].

Como podemos ver na Figura 6, as fibras de pequeno e grande diâmetro projetam-se para a substância gelatinosa (SG). O efeito inibitório exercido pela substância gelatinosa nos terminais das fibras aferentes é aumentado pela atividade das fibras de grande diâmetro e diminuído pela atividade das fibras de pequeno diâmetro. De seguida, as células T projetam-se para as células de entrada do sistema de ação, produzindo um efeito inibitório.

Assim, quando ocorre uma lesão tecidual, os estímulos nociceptivos são transmitidos pelas fibras de pequeno diâmetro, que atravessam os cornos posteriores da medula, permitindo a ativação das células T que se encontram presentes na substância gelatinosa. A atividade das fibras de grande diâmetro leva à ativação de interneurónios que libertam moduladores nociceptivos, inibindo a libertação da substância P, ou seja, inibindo a transmissão da informação procedente das fibras de pequeno diâmetro [13]. Isto explica a razão pela qual, após uma pancada, como atitude instintiva se esfrega o local da pancada. O ato de esfregar permite a libertação das fibras de A-beta, que estimulam a produção de moduladores nociceptivos, como a encefalina, inibindo a transmissão da dor e promovendo o efeito analgésico.

É preciso dizer que existem duas vias de condução para os estímulos dolorosos, a via ascendente e a descendente. A via ascendente conduz a informação nociceptiva da periferia até ao corno posterior da medula e daí para o cérebro. A via descendente exerce um controlo inibitório do trajeto nociceptivo ascendente. A propagação da informação no sentido ascendente é condicionada pelas fibras de grande e pequeno diâmetro. No sentido descendente, o influxo sensitivo ligado aos processos cognitivos, emocionais e ainda a estimulação auditiva e visual das estruturas cerebrais promovem o encerramento do portão [14].

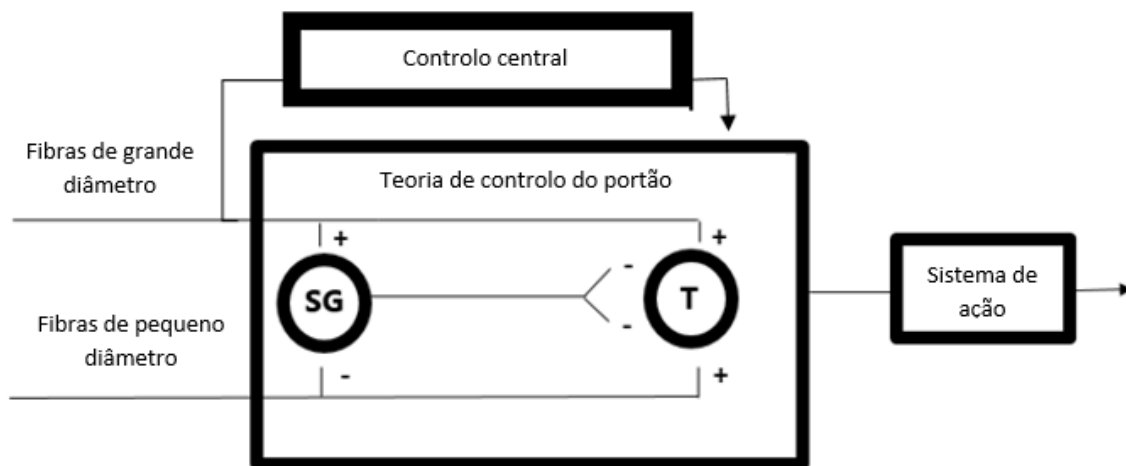


Figura 6 – Ilustração da teoria de controlo do portão.

Resumindo, em circunstâncias fisiológicas normais, o cérebro produz sensações provocadas pelo processamento de informações nocivas que chegam provenientes de um estímulo nervoso, como por exemplo, uma lesão num tecido. Para que a informação nociva chegue ao cérebro, esta tem de passar por um portão de dor, metafórico, que se encontra localizado no corno posterior da medula espinhal. Este portão denomina-se de substância gelatinosa. Em termos fisiológicos, o portão é constituído por sinapses excitatórias e inibitórias que controlam as informações através do sistema nervoso central. A substância gelatinosa atua como um sistema de controlo entre as fibras nervosas periféricas e as células centrais, permitindo a passagem de apenas um tipo de impulso nervoso, dor ou ausência da mesma. Assim, a condução das informações de dor transmitidas pelas fibras A-delta e C podem ser inibidas pela atividade de fibras aferentes periféricas do tipo A-beta, ou pela atividade de vias descendentes do cérebro relacionadas com a inibição da dor.

A teoria do controlo do portão não só descreve as suas causas e intervenções fisiológicas, mas também as psicológicas.

4. Modalidades da TENS

A estimulação elétrica nervosa transcutânea pode ser aplicada com correntes de diversas frequências, intensidades e durações de pulso, de acordo com as necessidades do paciente e a preferência do profissional. A TENS, funciona aproximadamente num espectro de 1 a 150 Hz, e é considerada uma terapia de baixa frequência quando comparada a todo o espectro das frequências de corrente elétrica disponíveis para uso terapêutico. No entanto, podemos classificar a TENS como de baixa frequência, quando os impulsos têm frequências inferiores a 10 Hz, de alta frequência, quando superiores a 50 Hz e *burst*, quando os impulsos são alternadamente de alta e baixa frequência.

A intensidade da corrente pode ser projetada a nível sensorial ou motor. A intensidade sensorial caracteriza-se por produzir uma sensação forte, mas confortável, com ausência de contrações musculares. Na intensidade motora, a amplitude da TENS é alta o suficiente para produzir contrações musculares visíveis. Geralmente, estimulações de alta frequência entregam uma intensidade sensorial, já as estimulações de baixa frequência entregam uma intensidade motora [15].

A TENS pode ser classificada em quatro modalidades: convencional, acupuntura, *burst* e breve-intenso.

O método mais utilizado na prática clínica é a TENS convencional, em que a estimulação é feita com altas frequências, entre 50 e 150 Hz, baixas intensidades, e uma pequena largura de pulso entre 50 e 200 μ s, com uma sensação não dolorosa e ajustada de acordo com a sensibilidade do indivíduo [2].

A produção de analgesia ocorre por diferentes mecanismos. Predominantemente, a TENS convencional é baseado na teoria de controlo do portão. Utiliza um mecanismo segmentar para o alívio da dor, ocorre pela estimulação das fibras aferentes de maior diâmetro, A-beta, fazendo com que a maior parte da modulação da dor ocorra a nível medular. É o tratamento mais indicado para o alívio de dores agudas [1]. Na realidade, o que a TENS convencional faz é ativar as fibras de grande diâmetro sem ativar as fibras de pequeno diâmetro, provocando alívio da dor de modo similar ao ato de esfregar o local da dor. A Figura 7 ilustra esse mecanismo, sendo que as setas vão em direção ao SNC.

Se a amplitude de pulso for aumentada, provoca a ativação das fibras de menor diâmetro, A-delta, e uma sensação dolorosa [2]. A TENS convencional pode ser usada por um longo período, com um tempo mínimo de utilização de 30 minutos [3].

O padrão de geração de pulsos normalmente é contínuo, embora a TENS convencional também possa ser aplicada em modo rajadas, que é descrito como TENS *burst* [3]. Podemos ver a TENS *burst* como uma junção da TENS acupuntura, que apresenta alta intensidade e baixa frequência, com a TENS convencional, que tem baixa intensidade e alta frequência, levando a um efeito analgésico mais prolongado. Este modo aplica pulsos individuais a uma alta frequência, 40 a 150 Hz, distribuídos em rajadas de baixa frequência, repetidos de entre 1 a 5 vezes. Os pulsos variam de 1 a 10 Hz, com largura de pulso variando de 100 a 200 μ s, no entanto o paciente sente um único estímulo [16]. Este tipo de terapia deve ser aplicado no mínimo durante 30 minutos [17].

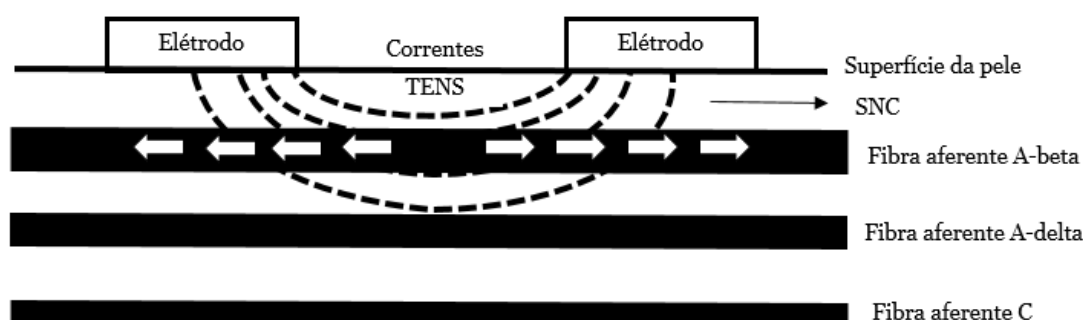


Figura 7 – TENS convencional.

A TENS acupuntura, Figura 8, caracterizada pela aplicação de um estímulo a baixa frequência, entre 2 a 4Hz, de maior intensidade e de largura de pulso, entre 100 e 400 μ s. Produz efeito analgésico extra-segmentar similarmente à acupuntura tradicional. Ativa as fibras aferentes de pequeno diâmetro, A-delta, com o objetivo de ativar as vias inibitórias descendentes extra-segmentares da dor e libertar opioides endógenos. Produz contrações musculares, porém não dolorosas, causando atividade em aferentes musculares de pequeno diâmetro [2].

Os eletrodos são posicionados sobre pontos de acupuntura independentemente de produzirem atividade muscular. Na TENS acupuntura cada sessão deve ter no máximo 30 minutos de duração ou então até o paciente sentir cansaço e contrações musculares. Este método é utilizado em dores crônicas [3].

Esse tipo de TENS tenta mimetizar o efeito mecânico promovido pela introdução da agulha nos pontos acupunturais, por meio da aplicação de uma corrente elétrica, é um método bastante útil para indivíduos que apresentem aversão à introdução de agulhas.

Estudos demonstram que a aplicação da TENS em pontos de acupuntura é mais eficaz do que a sua aplicação em locais sem pontos de acupuntura, pois nestes locais os indivíduos apresentam maior tolerância à dor, ao calor e à pressão [18].

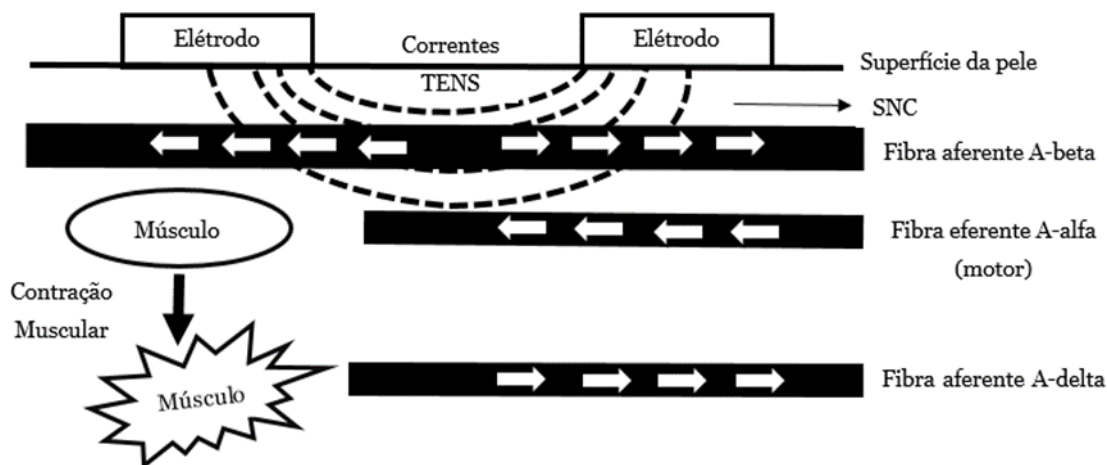


Figura 8 – TENS acupuntura.

A TENS breve-intenso, Figura 9, utiliza altas frequências, até 200 pulsos por segundo, altas intensidades de corrente, ajustadas a níveis toleráveis para o paciente e utilizadas em curtos períodos. Tem como objetivo estimular as fibras A-delta, e bloquear a transmissão de informações nociceptivas nos nervos periféricos e ativam mecanismos analgésicos extra-segmentares e também são ativadas as fibras aferentes A-beta, produzindo um efeito analgésico segmentar [2]. Na utilização da TENS breve-intensa, o tempo de cada aplicação não deve ultrapassar os 15 minutos, já que a estimulação pode ser desconfortável [3].

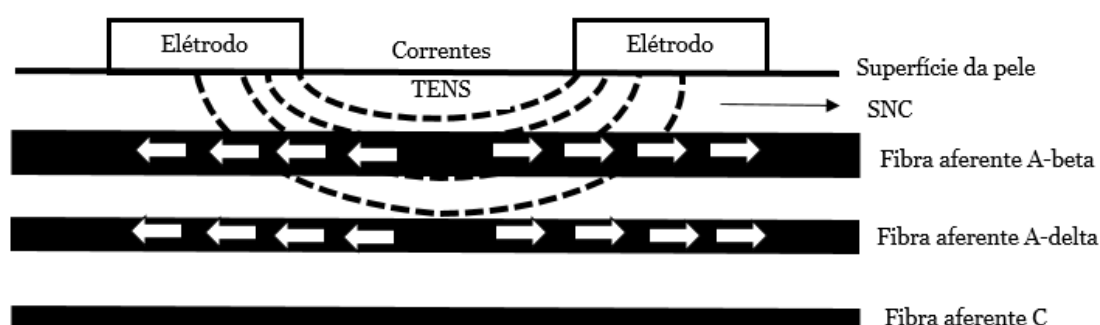


Figura 9 – TENS breve-intenso.

Como podemos ver na descrição dos tipos de TENS, existem vários mecanismos de ação analgésica induzida pela eletroestimulação. Podendo esta ser realizada através de mecanismos periféricos, segmentares, extra-segmentares e neurofarmacológicos.

Nos mecanismos periféricos, Figura 10, ocorre a ativação antidrômica nos nervos periféricos, ou seja, a aplicação de correntes elétricas sobre uma fibra nervosa faz com que a direção dos impulsos fique oposta à normal, passando a correr nos dois sentidos ao longo dos nervos. Os impulsos nervosos induzidos pela TENS que se separam do SNC colidirão com os impulsos aferentes que vêm, por exemplo, de uma lesão tecidual, causando a sua extinção [3]. Usando a TENS convencional é provável que ocorra a ativação antidrômica nas fibras de maior diâmetro, uma vez que uma lesão tecidual induz a atividade das fibras de maior diâmetro e a TENS irá bloquear a atividade das mesmas [2].

No entanto, o bloqueio periférico da informação aferente é mais recorrente quando a TENS ativa as fibras de menor diâmetro, A-delta, na TENS breve-intenso [2].

Os mecanismos segmentares são predominantes na TENS convencional, em que o objetivo é ativar as fibras A-beta sem ativar as A-delta e as C, fibras estas relacionadas com a dor.

Os mecanismos extra-segmentares definem-se como a atividade provocada pela TENS de alta intensidade nas fibras aferentes de menor diâmetro, A-delta, levando à ativação das vias inibitórias descendentes da dor e inibindo as vias facilitadoras descendentes da dor [2].

As consequências da TENS são mediadas por muitos produtos neurofármacos, incluindo opióides, serotonina, acetilcolina, noradrenalina e ácido gama-aminobutírico (GABA). Tanto a TENS de alta frequência como a de baixa frequência causam analgesia através da libertação de opióides endógenos no SNC [2].

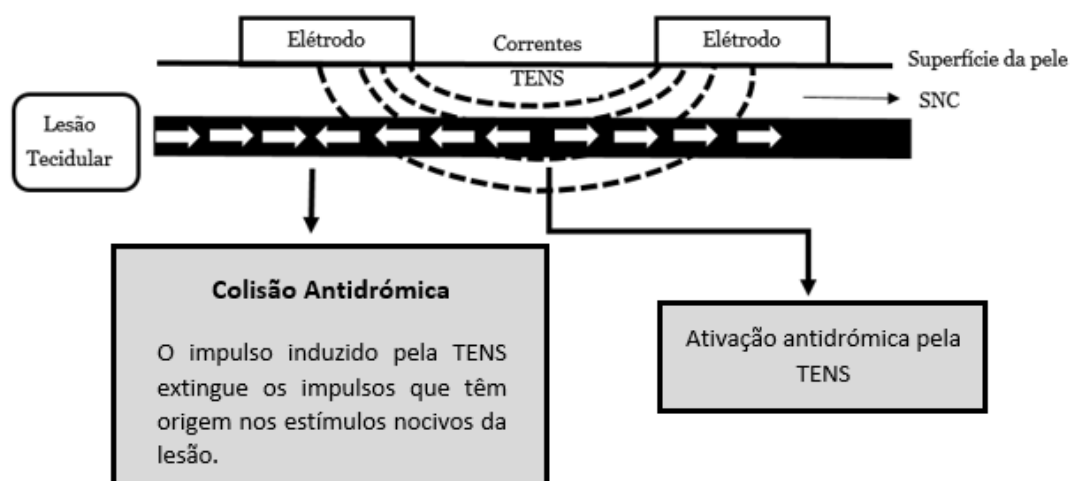


Figura 10 – Bloqueio da transmissão periférica induzido pela TENS.

5. Tipos de correntes usadas nos diferentes estimuladores elétricos

Pode-se definir corrente elétrica como a quantidade total de carga elétrica que atravessa uma seção transversal de um condutor, num certo intervalo de tempo. Nas aplicações terapêuticas utilizam-se diversos tipos de correntes, com diferentes condições e com objetivos terapêuticos variados. Os principais tipos de correntes eletroterapêuticas são a corrente contínua, a pulsada e a alternada.

Para regular a energia fornecida por um estimulador elétrico, normalmente utiliza-se uma corrente constante ou uma tensão constante. Se a tensão for constante, mesmo que algum fator externo altere a impedância do tecido muscular, entre o eletrodo e o tecido, o estimulador elétrico mantém a tensão, modificando a corrente de saída para equilibrar as variações da impedância. De modo semelhante, nos estimuladores elétricos que mantêm a corrente constante, a tensão é variada para equilibrar as variações da impedância. O facto de manter a corrente constante faz com que quando haja um aumento da impedância e a tensão aumente. Isto pode provocar algum desconforto nos pacientes e, em casos mais extremos, provocar uma queimadura local. Para contrariar este problema, os estimuladores de corrente constante possuem a tensão de saída limitada e os de tensão constante, a corrente de saída também limitada [5].

Do ponto de vista do eletrodo, as variações da impedância são inevitáveis; um aumento da pressão exercida pelo eletrodo na pele, ou a perda de contacto entre o eletrodo e a pele, provoca variações na mesma [5].

A corrente contínua ou galvânica caracteriza-se por um fluxo contínuo unidirecional que mantém a polaridade constante, ou seja, é sempre positiva ou sempre negativa. Os eletrões movem-se de acordo com a polaridade, no eletrodo negativo acontece uma reação básica forte e sob o eletrodo positivo ocorre uma reação ácida fraca, o que faz com que, por sua vez, ocorra uma modificação no metabolismo celular. A corrente polarizada é comum para iontoforese e para estimular a contração de músculos denervados. No entanto, é muito pouco utilizada em comparação com a corrente alternada, em tratamentos terapêuticos [19].

A corrente alternada define-se como tendo um fluxo bidirecional que varia ao longo do tempo. Enquanto que na corrente contínua se definem os pólos negativo e positivo, na corrente alternada definem-se as fases. Os tipos mais comuns de corrente alternada são as ondas sinusoidais e retangulares, que variam a sua intensidade de um máximo positivo para um máximo negativo, dentro de um intervalo de tempo. A corrente despolarizada envolve pulsos bifásicos, que são ideais para produzir atividade de excitação motora [19]. A modulação das correntes alternadas pode ocorrer através da variação do tempo ou da amplitude dos sinais. Na modulação do tempo, os dois modos de operação podem ser o *burst* ou o interrupto. O modo *burst* é caracterizado pela circulação da corrente em intervalos de tempo de milissegundos, seguidos de intervalos de tempo

de interrupção inferiores a 1 segundo. O modo interrupto dá-se caso haja interrupção da corrente alternada por 1 segundo ou mais. A modulação por amplitude emprega a soma de dois sinais de frequências diferentes, provocando a interferência entre os mesmos, e resultando num terceiro sinal. Este método é conhecido terapêuticamente como a utilização de uma corrente de interferência [5].

Os estimuladores elétricos de corrente pulsada podem dividir-se em monofásicos e bifásicos. Em correntes pulsadas monofásicas, a corrente possui apenas ciclos negativos ou positivos, ou seja, uma fase em cada pulso. Contrariamente às monofásicas, as correntes pulsadas bifásicas possuem as duas fases em cada pulso. Na corrente bifásica, pode-se introduzir uma curta interrupção no momento de mudança de fase.

As formas de onda dos pulsos da corrente podem ainda ser classificadas como simétricas ou assimétricas [5]. No entanto, as diferenças nas características das formas de onda não alteram o efeito analgésico provocado pela TENS, ou seja, diferentes formas de onda podem ser utilizadas para melhorar o conforto dos pacientes, mas não para aumentar o seu efeito analgésico [3].

Existem vários tipos de estimuladores elétricos que utilizam vários tipos de correntes tendo em conta a sua finalidade. Os equipamentos que produzem corrente elétrica com o objetivo de produzir efeitos analgésicos, usam a TENS ou as correntes de interferência. Para melhorar a função muscular, utilizam-se frequentemente a corrente russa, farádica e a FES.

Podemos dividir os tipos de estimuladores elétricos tendo em conta o tipo de corrente que utilizam, como se descreve de seguida. Também se podem categorizar os estimuladores segundo a frequência dos sinais; nos estimuladores de baixa frequência incluem-se os que utilizam a corrente galvânica, farádica, diadinâmica, FES e a TENS, e nos estimuladores de média frequência incluem-se os que utilizam a corrente de interferência, russa, aussie e de alta tensão.

5.1. Corrente contínua

5.1.1. Estimuladores de corrente galvânica

Nos estimuladores galvânicos, a estimulação elétrica é feita por uma corrente contínua, Figura 11. A principal função destes estimuladores é a de alterar o pH da pele que se encontra debaixo dos elétrodos, causando a dilatação dos vasos sanguíneos e, indiretamente, aumentando a circulação sanguínea na pele. A sua amplitude é muito baixa, uma vez que a duração dos tratamentos é prolongada. Afetando desta forma apenas os tecidos superficiais, normalmente é um tratamento doloroso. Uma vez que produz uma sensação dolorosa para o utilizador e o seu efeito é superficial, a sua aplicação torna-se limitada [5].

A iontoforese é uma técnica não invasiva que administra agentes ionizantes na pele através de uma corrente galvânica. A corrente elétrica aumenta a penetração de forma controlada, seja por aumentar da permeabilidade da pele, seja por permitir um processo de osmose. É uma técnica muito utilizada na estética. Quando os compostos ionizantes não conseguem ultrapassar a barreira da pele, a corrente elétrica permite essa passagem de forma controlada.

Se a corrente contínua for aplicada com uma interrupção, com uma frequência de 8000 Hz, gera-se outro tipo de corrente, a corrente de média frequência. Na prática, esta corrente não produz nenhum efeito observável diferente da corrente galvânica, no entanto os pacientes afirmam que a corrente contínua de média frequência é mais facilmente tolerável [20].

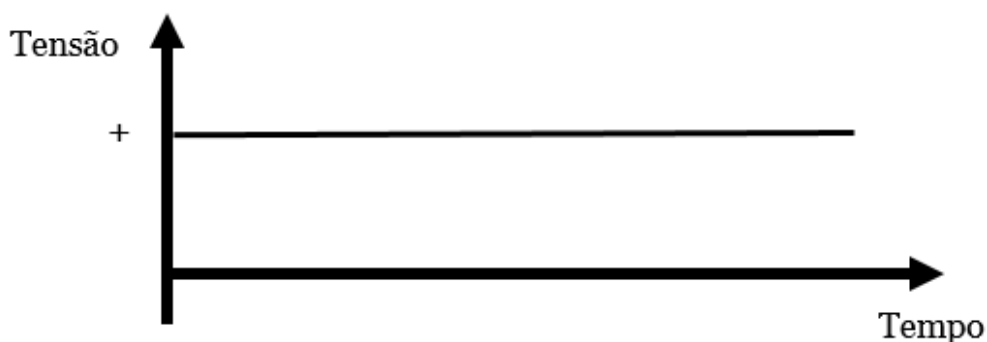


Figura 11 – Corrente galvânica.

5.2. Corrente alternada

5.2.1. Estimuladores de corrente diadinâmica

A corrente diadinâmica é uma corrente alternada sinusoidal, de baixa frequência, de 50 a 100 Hz, com retificação monofásica ou bifásica. O seu pulso sinusoidal tem uma duração de 10 milissegundos [20].

São muito semelhantes às correntes farádicas e o tempo de duração das fases encontra-se na ordem dos milissegundos [5]. Os estimuladores que utilizam este tipo de correntes são usados para aumentar a eficácia do metabolismo tecidual e na redução da dor [20].

Existem quatro tipos de corrente diadinâmica: a monofásica, a difásica, a de curtos períodos e a de longos períodos. A Figura 12 mostra estes tipos de corrente, podendo observar-se diferenças entre eles.

A corrente monofásica tem uma frequência de 50 Hz e produz contrações musculares de baixa intensidade. A difásica tem uma frequência de 100 Hz e não produz nenhum efeito significativo

no músculo. A de curtos períodos, tem uma alternância rápida entre 1 segundo da corrente monofásica e 1 segundo da corrente difásica. A de longos períodos tem uma alternância lenta entre 6 segundos da fase monofásica e 6 segundos da fase difásica. O tipo de corrente curto é mais agressivo que o longo, pois as mudanças são mais abruptas [20].

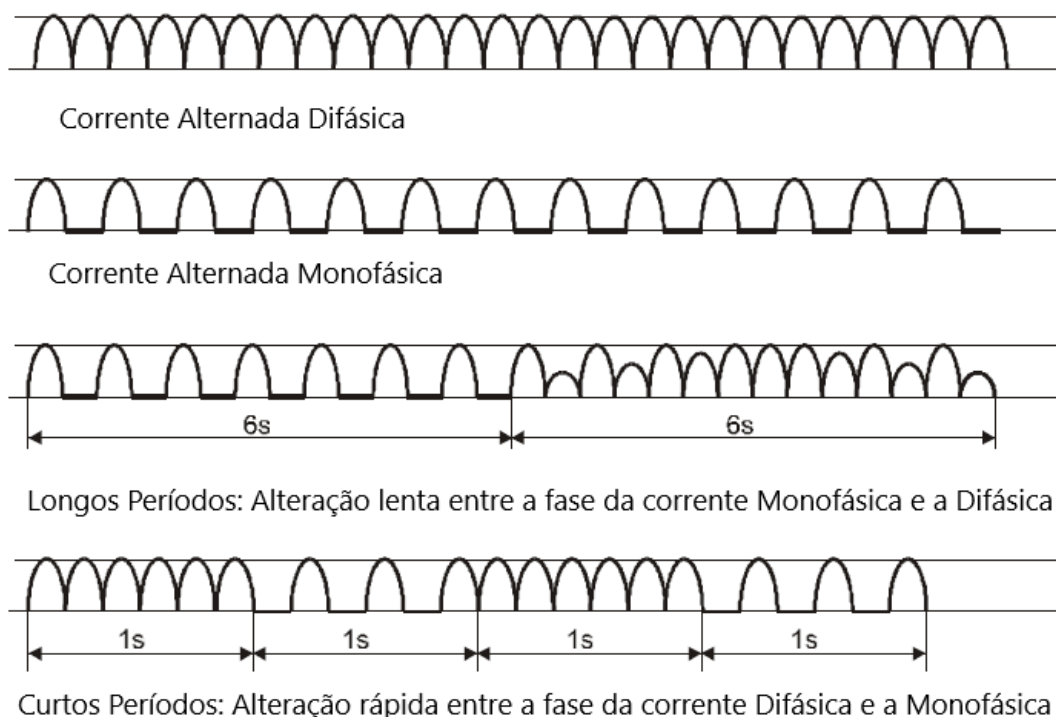


Figura 12 – Corrente diadinâmica. Adaptada de [20].

5.2.2. Estimuladores de corrente farádica

A corrente farádica foi descoberta em 1831 por Michael Faraday, é uma corrente alternada de baixa frequência e muito irregular. Tendo em conta a sua irregularidade, foi modificada, dando origem à corrente neofarádica. A corrente neofarádica é uma variação da corrente farádica, contém pulsos com uma duração de 1 ms, com um intervalo de fase de 19 ms e com uma frequência de 50 Hz. A corrente farádica original é uma corrente alternada, no entanto a neofarádica modificou-se para uma corrente contínua interrompida com um impulso de duração de 1 ms e um intervalo de 19 ms [20].

Apesar da corrente farádica ser originalmente bifásica assimétrica, os equipamentos modernos são capazes de fornecer tanto pulsos bifásicos simétricos como pulsos monofásicos, dando origem à corrente neofarádica, que se encontra representada na Figura 13.

A corrente farádica pode ser aplicada tanto para diagnóstico como para terapia. No diagnóstico, é utilizada na investigação da reação miotonia. Miotonia é o sintoma de algumas doenças

neuromusculares, caracterizado pelo atraso do relaxamento muscular, após uma contração muscular ou estimulação elétrica. Na terapia é usualmente utilizada para provocar a contração voluntária de certos músculos em casos de, por exemplo, paralisia ou enfraquecimento devido a uma longa imobilização ou a uma lesão [20].

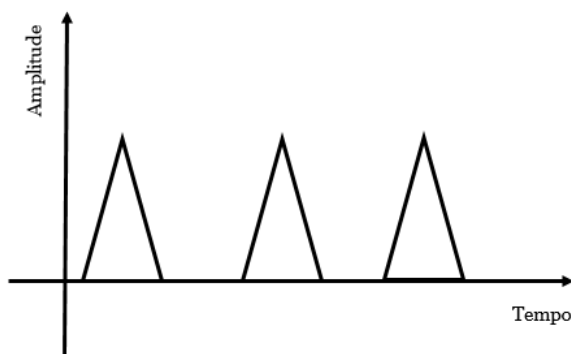


Figura 13 – Corrente neofarádica [19].

5.2.3. Estimuladores de corrente de interferência

A corrente de interferência, como ilustrado na Figura 14, é formada pela junção de duas correntes alternadas de média frequência que interagem uma com a outra. Uma dessas correntes alternadas tem uma frequência fixa de 4000 Hz, podendo a frequência da outra corrente ser ajustada entre 4000 e 4250 Hz [20]. A interferência resulta da sobreposição dessas duas correntes, formando uma nova onda que oscila a uma frequência igual à diferença das duas frequências originais, conhecida por corrente alternada modulada em amplitude [5]. A corrente de interferência tem como princípio a teoria de controlo do portão, no qual se estimulam preferencialmente as fibras de maior diâmetro, permitindo atuar na atenuação da dor, devido à inibição pré-sináptica das fibras transmissoras da dor [21]. É principalmente utilizada para analgesia e para melhorar o desempenho muscular.

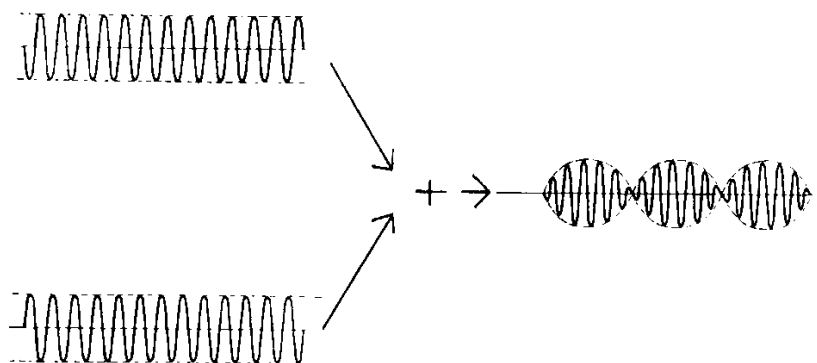


Figura 14 – Corrente de interferência [20].

5.2.4. Estimuladores FES

A FES, estimulação elétrica funcional, ou também comumente designada de estimulação elétrica neuromuscular, inclui a corrente russa e a corrente aussie.

A estimulação elétrica neuromuscular tem como objetivo provocar a estimulação a nível motor através da corrente elétrica, ou seja, gerar contrações musculares. Este tipo de estimulação atua no limiar motor, o qual exige um corrente com uma maior duração de pulso. Os principais efeitos desta estimulação é a manutenção ou recuperação da força muscular, e evitar flacidez, hipotrofia e os sinais da inatividade muscular [22].

A FES gera uma corrente alternada de baixa frequência, 1 a 100 Hz aproximadamente, simétrica e com pulsos retangulares, ilustrada na Figura 15. Possui uma alta resistência tecidual e uma baixa profundidade de penetração devido à sua baixa frequência [22].

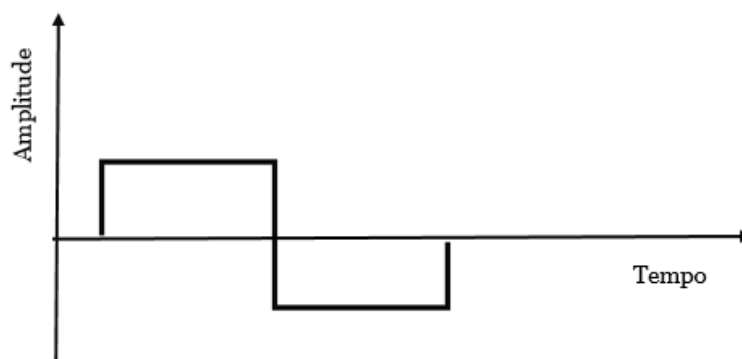


Figura 15 – Corrente FES.

5.2.5. Estimuladores de corrente russa

A corrente russa é definida como uma corrente alternada, simétrica, com pulsos sinusoidais ou retangulares de média frequência, 2500 Hz. Formada por curtas rajadas, ou seja, é uma corrente alternada interrompida [5]. A duração do pulso da corrente pode estar entre 50 e 250 μ s, com uma duração de fase de 25 a 125 μ s. E para que o paciente não sinta dor, são geradas 50 rajadas por segundo, com um intervalo de 10 milissegundos entre cada rajada, como podemos ver na Figura 16. Os estimuladores de corrente russa são similares aos de corrente de interferência [23]. Atualmente é muito utilizada em tratamentos estéticos de drenagem linfática e de flacidez muscular, facial e corporal.

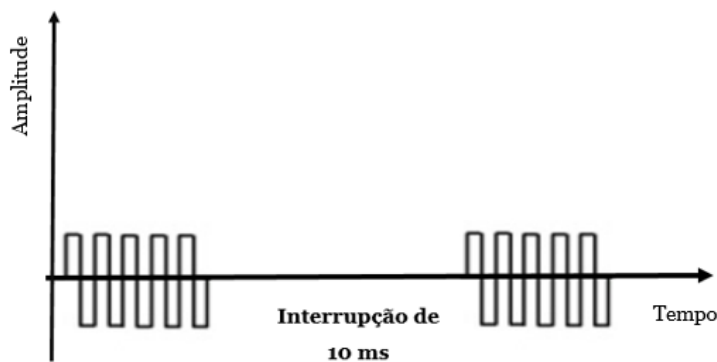


Figura 16 – Corrente russa.

5.2.6. Estimuladores de corrente aussie

A corrente de aussie é uma forma de eletroestimulação de origem Australiana, desenvolvida pelo investigador Alex Ward. É uma corrente alternada de média frequência modulada em kHz, caracterizando-se por ser uma onda simétrica, bifásica e retangular. Difere de todas as outras correntes alternadas por ter um *burst* de curta duração tornando-se, assim, mais confortável quando comparada à corrente de interferência e à corrente russa [24], como podemos observar na Figura 17.

Esta corrente é indicada para estimulação neuromuscular, nomeadamente para tratamentos de tonificação, relaxamento e recuperação muscular. Além disso, atua como estimulador da circulação sanguínea e linfática, sendo também útil na redução da dor e do desconforto pós-operatório [24].



Figura 17 – Corrente aussie.

5.3. Corrente pulsada

5.3.1. Estimuladores de alta tensão

Os estimuladores de alta tensão possuem uma corrente pulsada monofásica em que a forma de onda é constituída por dois picos iguais de corrente, chamados de picos gêmeos, como podemos examinar na Figura 18. Estes picos têm uma duração de fase muito pequena, que varia de 5 a 20 μs que, para causarem a estimulação dos nervos periféricos, necessitam de um pico de amplitude de corrente muito alto, podendo chegar aos 2500 mA. Conseqüentemente, é necessária uma alta tensão para poder gerar estes picos de corrente [5].

Apesar dos picos de corrente serem altos, os pulsos são de curta duração, o que resulta numa estimulação confortável para o paciente e permite a diferenciação de respostas sensoriais, motoras e condutoras da sensação de dor. No entanto, são menos confortáveis que os estimuladores de corrente russa ou de corrente de interferência [5]. Estes estimuladores não são específicos para nenhum tipo de aplicação, mas são muito versáteis. No entanto não são aconselhados para estimular grandes grupos musculares, por não serem estimuladores muito fortes. Usualmente utilizada para redução de edemas, na cicatrização tecidual, no controlo inflamatório e na recuperação de um pós-operatório [5].

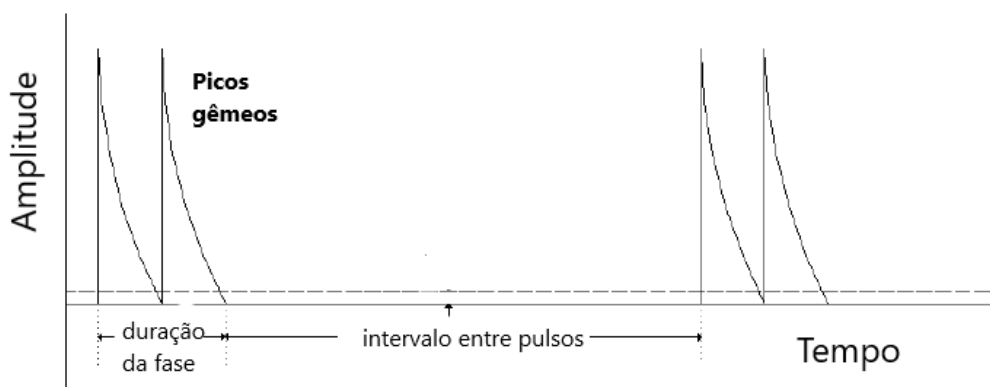


Figura 18 – Corrente de alta tensão. Adaptada de [5].

6. Correntes usadas na TENS

A eficácia da TENS pode variar de acordo com o tempo de duração de pulso, frequência e forma de onda. Tradicionalmente, os equipamentos TENS são dispositivos que fornecem uma corrente alternada através de elétrodos cutâneos, sendo normalmente ajustáveis a frequência e a intensidade de pulso. A corrente emitida pela TENS trabalha no espectro de aproximadamente 1 a 150 Hz, sendo considerada de baixa frequência. É uma corrente em pulso bifásica assimétrica ou simétrica. As diferenças nas características das formas de onda não alteram o efeito analgésico produzido pela TENS, ou seja, o efeito é igualmente produzido se a forma de onda for assimétrica ou simétrica. Diferentes formas de onda podem apenas ser usadas para melhorar o conforto dos pacientes [3].

Existem vários tipos de aparelhos TENS que permitem normalmente vários ajustes para regular os modos e as características da estimulação elétrica, como por exemplo a amplitude, a duração de pulso e a frequência da corrente, para um ou vários canais de saída. Na Figura 19 podemos observar a ilustração de um aparelho TENS padrão que proporciona correntes pulsadas bifásicas.

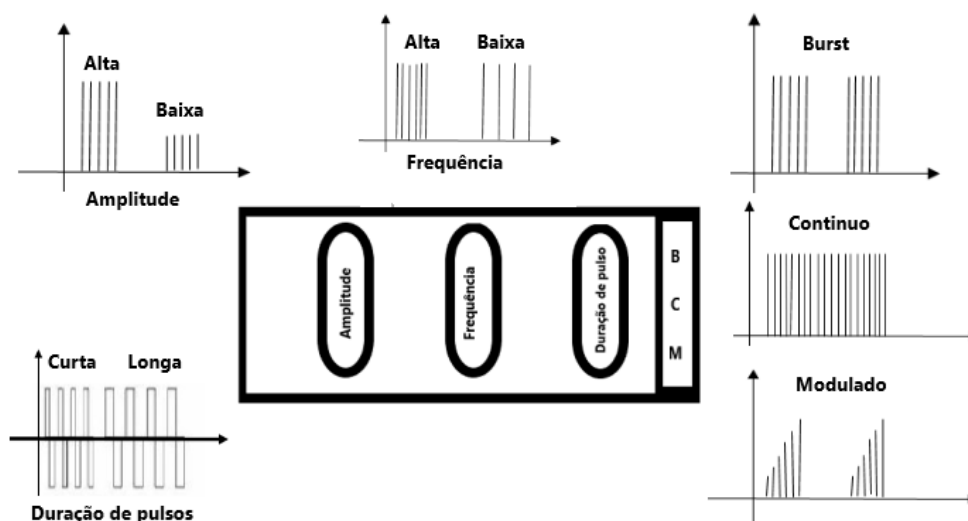


Figura 19 – Equipamento TENS padrão.

6.1. Corrente de pulsos bifásica simétrica retangular

Uma corrente de pulsos bifásica é considerada simétrica quando um pulso é a imagem ao espelho do outro pulso. Nas ondas bifásicas simétricas, a quantidade total de corrente numa fase é igual ao valor absoluto da corrente total que flui na fase seguinte. Uma corrente de pulsos bifásica simétrica é equilibrada, porque o produto da intensidade pelo tempo de pulso é igual, tanto na

fase positiva como na fase negativa, como se pode verificar na Figura 20. Estas características, permitem a aplicação desta corrente por longos períodos sem apresentar riscos de queimadura para os pacientes [25].

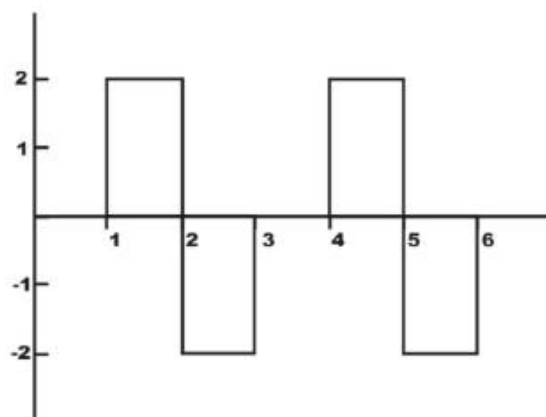


Figura 20 – Corrente de pulsos bifásica simétrica retangular, com equilíbrio de carga em ambas as fases [25].

6.2. Corrente de pulsos bifásica assimétrica equilibrada

Nestes ciclos de corrente alternada, existe uma diferença entre as duas fases do pulso, ou seja, a amplitude de corrente que varia na primeira fase de um pulso bifásico não é a imagem ao espelho da segunda fase. No entanto, para evitar o desconforto dos pacientes, o produto da intensidade pelo tempo de pulso é igual em ambas as fases, através de um equilíbrio de carga, como se pode observar na Figura 21 [25].

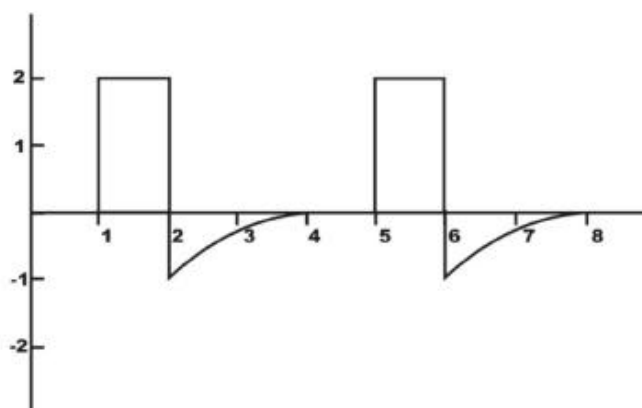


Figura 21 – Corrente de pulsos bifásica assimétrica retangular, com amplitudes e tempos diferentes e equilíbrio de carga em ambas as fases [25].

7. Fatores que afetam a eficácia da TENS

Para a utilização segura de um eletroestimulador, deve-se ter em atenção diversos aspectos, tais como as especificações gerais de segurança do equipamento, as contraindicações, o tempo de aplicação da terapêutica, a aplicação correta dos elétrodos, entre outros.

7.1. Preparação da pele

Antes de iniciar o tratamento terapêutico, é necessário ter em atenção a limpeza da pele do paciente, normalmente feita com um pouco de álcool, para se poder remover todos os resíduos que possam existir na pele e para que haja um bom contato elétrico e, deste modo, reduzir a resistência elétrica entre a pele e o eletrodo [3].

Com o uso contínuo da TENS é preciso ter em atenção as condições da pele e verificar regularmente a sua condição, principalmente nas áreas em que os elétrodos são colocados.

7.2. Disposição dos elétrodos

Um eletrodo é um material condutor que serve de interface entre o estimulador e os tecidos do paciente.

Os elétrodos encontram-se disponíveis em diversos tamanhos, podem ser descartáveis ou pré-esterilizados, exceto os autoadesivos. Com o uso, os elétrodos perdem as suas propriedades como a adesão, flexibilidade e aumento da resistência elétrica, inviabilizando o seu uso; assim, desde modo é sugerida a troca periódica dos elétrodos [3]. Atualmente, os elétrodos mais utilizados para a aplicação da TENS são os elétrodos de borracha condutora flexível e os elétrodos autoadesivos semidescartáveis [25].

Também existem no mercado elétrodos de acoplamento, que estão disponíveis como luvas, meias joelheiras e cotoveleiras. São confeccionados em nylon de prata para conduzir a corrente a toda a superfície da peça, e por norma são compatíveis com a maioria dos tipos de aparelho de TENS [3].

A aplicação da TENS deve ser realizada preferencialmente próxima da região onde a dor tem origem. A distância entre os elétrodos deve ser no mínimo de um palmo, para obter uma maior profundidade de penetração. Aconselha-se evitar utilizar elétrodos de pequeno tamanho, pois aumentaria muito a densidade da corrente [22].

A forma como os eletrodos são colocados tem muito a ver com o tipo de TENS que está a ser utilizada; por exemplo no tipo TENS convencional, os eletrodos são colocados perto da área em que sente dor, de modo a que as correntes atinjam o local da dor [3].

No entanto existem diferenças estratégias e formas de colocação dos eletrodos, tendo em conta a dimensão da área afetada, ou a generalização ou distribuição da dor em várias partes do organismo [3].

Existem vários métodos de colocação dos eletrodos na área afetada. O método usado na TENS convencional é a colocação direta, em que os eletrodos estão sobre ou à volta do local em que sente dor. Quando não é possível a colocação direta dos eletrodos, por exemplo em pós operatório onde não é aconselhável a colocação dos eletrodos no local da incisão, utiliza-se a colocação contígua, em que os eletrodos são aplicados na vizinhança do local [3].

Os eletrodos também podem ser colocados em pontos de estimulação, ou seja, são inseridos em áreas de acupuntura, uma vez que são áreas muito sensíveis à estimulação e muitas vezes próximas umas das outras, sendo possível com apenas um eletrodo estimularem-se vários pontos ao mesmo tempo. Pode-se também optar pela colocação ao nível da medula espinal, que consiste em colocar os eletrodos paralelamente à coluna espinal [3].

Por fim, a colocação contralateral, em que os eletrodos são colocados no lado oposto do organismo correspondente ao local da dor, é um método baseado na teoria de transferência bilateral, em que se acredita que os impulsos provenientes de um lado do organismo confundem-se com os impulsos nocivos vindos do outro lado [3].

Os eletrodos também não devem ser colocados sobre os olhos, pois podem aumentar a pressão intraocular, nem no tórax, nas posições anteriores e posteriores, porque a estimulação elétrica pode afetar a condutividade elétrica do coração e a atividade do músculo intercostal [2].

7.3. Tempo de aplicação

O tempo de aplicação da TENS depende do tipo que está a ser utilizado. Na TENS convencional o tempo mínimo de utilização é de 30 minutos. Na aplicação da TENS acupuntura, cada sessão deve ter no máximo 30 minutos de duração, uma vez que esta pode provocar fadiga muscular provocada por contrações musculares. Na TENS breve-intensa, como é uma estimulação desconfortável, não se devem ultrapassar os 15 minutos de duração [3].

7.4. Indicações

A utilização da TENS é principalmente indicada no tratamento sintomático do alívio da dor, seja ela crônica, aguda ou musculoesquelética. É indicada para o tratamento de dores pós-operatórias, cervicais, lombares, articulares, musculares, nas costas e torácicas [1]. Uma das suas grandes vantagens é que a sua utilização pode ser feita em casa.

7.5. Contraindicações e preocupações

É necessário ter uma especial atenção à tolerância a TENS repetidas, porque a aplicação repetida das mesmas frequências, intensidades e durações de pulso produz uma tolerância analgésica. Para evitar e atrasar a tolerância à TENS, pode-se recorrer a métodos farmacológicos, ou ser feita uma modulação entre baixas e altas frequências na mesma sessão de tratamento, ou até mesmo aumentar diariamente a intensidade da TENS [18].

Um dos fatores que leva à ineficácia da TENS é a intensidade da estimulação, porque se for muito grande, mas de forma a que se mantenha confortável, pode diminuir a sensibilidade à dor nos pacientes. As intensidades mais baixas podem ser ineficazes no tratamento, devendo-se usar amplitudes mais altas para que haja a ativação de um maior número de recetores sensoriais e que a estimulação atinja os tecidos de forma mais profunda para produzir um melhor efeito analgésico. Deste modo, aconselha-se que a TENS seja aplicada com uma intensidade máxima tolerável para cada pessoa [18].

Existem poucas circunstâncias que proíbem ou limitem a utilização da TENS, no entanto é preciso ter em atenção os pacientes que usem *pacemaker*, ou qualquer outro dispositivo elétrico implantado, pois a presença de um sinal elétrico externo pode alterar o seu ritmo cardíaco. Também não deve ser utilizada, a menos que recomendado por um médico, em pacientes que sofram de cardiopatia ou disritmia, e em pacientes que apresentem dor não diagnosticada e em indivíduos com epilepsia [1].

A TENS não deve ser aplicada sobre o útero durante a gravidez, pois há um risco de induzir o parto, no entanto é frequentemente administrada na coluna para proporcionar um alívio da dor durante o trabalho de parto [1]. Não se deve aplicar sobre a face anterior do pescoço ou no seio carotídeo, uma vez que as correntes podem levar a uma resposta aguda de hipotensão. As correntes TENS podem também estimular os nervos laríngeos e causar espasmos na laringe [1]. Não é recomendado o uso em pacientes que tenham uma reação alérgica aos elétrodos, ao gel ou a qualquer outro componente. É preciso ter em atenção para não colocar os elétrodos sobre lesões dermatológicas ou eczema [26].

Antes de usar a TENS, os terapeutas devem também ter uma especial atenção em assegurar que o paciente tenha a sensibilidade normal na pele. Uma vez que quando a TENS é aplicada numa pele com a sensibilidade reduzida, o paciente pode não se aperceber da elevada intensidade das correntes que estejam a ser aplicadas e estas podem provocar uma pequena queimadura na pele [1].

As complicações que a TENS pode causar nos pacientes são relativamente escassas. No entanto, podem surgir alguns sintomas como náuseas, sensação de desmaio e irritação na pele devido ao contacto com os eléctrodos. A terapêutica não deve ser aplicada em pacientes com deficiência cognitiva, uma vez que estes podem não ser capazes de compreender as instruções e só deve ser aplicada a crianças com idade superior a 4 anos [2].

A TENS pode ser usada enquanto o paciente está a dormir, desde que o dispositivo tenha um temporizador que se desligue automaticamente. Não deve ser usada quando esta se encontra em contacto com a água.

8. Aplicações

A TENS é um recurso terapêutico amplamente utilizado por fisioterapeutas e médicos de reabilitação no tratamento de inúmeras doenças musculoesqueléticas agudas e crônicas. Em pacientes com dores crônicas, a TENS é também frequentemente utilizada como complemento a outros tratamentos, tais como medicamentos. A TENS reduz a dor, apesar de este efeito ter tendência a diminuir com o tempo de duração da terapêutica.

Na maioria dos casos, a TENS é aplicada com a finalidade de produzir um efeito analgésico, como está descrito seguidamente. No entanto, a TENS tem sido utilizada também para surtir outros efeitos não algésicos nas mais variadas áreas, tais como nos distúrbios intestinais e urinários, nos sistemas cardiovascular e respiratório, na área da cognição e memória no tratamento do Alzheimer, e no tratamento das dermatites para produzir um efeito anti prurido [27].

8.1. Aplicações clínicas

8.1.1. Estudo da TENS na produção de efeito analgésico em pacientes com osteoartrose no joelho

A osteoartrose no joelho é uma das patologias que mais afeta o aparelho locomotor, caracterizando-se por ser uma doença irreversível que provoca a degeneração da cartilagem do joelho. A sua prevalência aumenta com a idade, está associada a dor e inflamação da cápsula articular, reduzindo a amplitude do movimento e levando à sua incapacidade funcional.

Devido à grande importância da articulação do joelho na vida quotidiana, foi feito um estudo para avaliar o efeito da TENS no tratamento de dor em pacientes com diagnóstico de osteoartrose nos joelhos, utilizando escalas de avaliação de dor [28].

No mesmo estudo, sujeitaram-se 10 pacientes à TENS, com um total de 10 sessões com a duração de 30 minutos cada, expostos a uma frequência de 80 Hz e com uma duração de pulso de 140 μ s. O tratamento teve a duração de 4 semanas e cada paciente foi sujeito a um questionário na 1^a, na 5^a e na 10^a sessões [28].

Os resultados mostraram que a TENS é eficaz na redução da dor e que pode ser utilizada como uma terapia coadjuvante no tratamento de pacientes com osteoartrose no joelho, proporcionando uma redução da ingestão de medicamentos quando esta for indicada, e desta forma uma diminuição de custos com a medicação, mas sempre com a devida orientação [28].

8.1.2. Os efeitos da TENS na cicatrização de feridas, viabilidade de enxertos cutâneos e reparação no tendão de Aquiles

Um estudo concluído em 2011 teve como objetivo verificar e reportar as evidências científicas dos efeitos da TENS na reparação dos tecidos, no que diz respeito à cicatrização de feridas, viabilidade de enxertos cutâneos e à reparação do tendão de Aquiles [29].

Este trabalho foi baseado em artigos científicos que se encontravam na base de dados MEDLINE, Lilacs e Scielo. Encontraram 30 artigos referentes à reparação de tecidos, 14 destes referiam os efeitos da TENS na cicatrização de feridas, 14 eram sobre a viabilidade dos enxertos cutâneos e os restantes dois sobre a reparação de tendões. O critério de inclusão dos artigos foi aleatório e não aleatório e os ensaios clínicos foram controlados e não controlados, envolvendo ensaios experimentais com ratos, que foram submetidos à TENS para tirar conclusões sobre a sua eficiência na reparação de tecidos [29].

Contudo, entre os 14 artigos sobre o uso da TENS na cicatrização de feridas, apenas um referia estudos experimentais feitos em ratos, o que dificultou a percepção dos acontecimentos celulares responsáveis pelos resultados obtidos nos tecidos. No entanto, observou-se um aumento da cicatrização de feridas cutâneas quando se usou TENS de baixa frequência, nomeadamente a 5 Hz [29].

Todos os estudos apresentaram diferenças significativas na cicatrização de feridas. Observou-se reduções de até 60% no tamanho das feridas, aumentos de 35% no fluxo sanguíneo nas úlceras e de 15% na pele íntegra ao redor da úlcera. Também verificaram que a TENS acelerou a cura mais rápida após a amputação de um pé, e que ocorreu uma diminuição no número de casos de reamputação em indivíduos com diabetes, tendo sido comprovado pelos pacientes um alívio da dor durante a estimulação [29].

De acordo com os resultados, o uso de TENS de baixa frequência apresentou uma maior eficiência, devido a um aumento de 40% no fluxo sanguíneo, sendo que com o uso de frequências altas se observou apenas um aumento de 12% desse fluxo. Também se constatou que quando a amplitude da corrente excede 25% do seu limiar, ocorre um aumento transitório do fluxo sanguíneo local; no entanto, quando se aplica uma baixa intensidade não ocorre nenhum ou muito pouco aumento do fluxo. Assim, o alívio da dor foi notado quando existia um aumento da temperatura na pele e persistia em indivíduos cuja temperatura da pele não se alterava [29].

Portanto, sugeria-se que a TENS aumenta o fluxo sanguíneo, ou seja, estimula a cicatrização de vários tipos de feridas. No entanto, não há um consenso sobre a influência da TENS no aumento da cicatrização de feridas [29].

Neste mesmo estudo, os autores avaliaram a viabilidade dos enxertos cutâneos, que muitas vezes falham em tratamentos no âmbito da cirurgia plástica. A literatura é unânime em referir uma

melhoria da viabilidade de enxertos cutâneos aleatórios em ratos e também em humanos, pois observaram um aumento da vasodilatação, tal como um aumento da irrigação sanguínea da pele, e a diminuição de inchaços e hematomas. Deste modo, a TENS pode ser usada como uma alternativa à terapia à base de medicamentos em pacientes que estejam a recuperar de uma cirurgia plástica, porque não produz efeitos sistêmicos e diminui a necrose [29].

Dois estudos feitos em 20 pacientes que tinham lesões desportivas no tendão de Aquiles, expostos a um tratamento *burst* TENS, com uma duração de pulso de 300 milissegundos e uma amplitude variável de acordo com a tolerância do paciente, na segunda e terceira semana pós-operatória, 5 dias em cada semana, sugeriram que a TENS pode ter uma influência positiva na cura do tendão de Aquiles, sem contrações musculares visíveis, uma vez que a sua localização é superficial, e pode ser facilmente estimulado pela corrente [29].

Em suma, com base no artigo [29] é sugerido que a TENS pode estimular a cicatrização de feridas na pele, devido a um aumento do fluxo sanguíneo. No entanto, os efeitos da TENS na reparação dos tecidos não são consensuais. A TENS mostrou-se eficaz no aumento da viabilidade dos enxertos cutâneos aleatórios e no processo de tratamento na cura do tendão de Aquiles.

8.1.3. TENS utilizada como complemento no controlo da dor oncológica

O cancro é uma doença que se caracteriza pelo crescimento e pela divisão desordenada e descontrolada das células, ocupa e destrói os tecidos adjacentes. Quando o organismo apresenta uma baixa eficiência na eliminação das células anormais, estas passam a proliferar de forma autónoma e descontrolada, podendo passar para outras partes do corpo, podendo estas alojarem-se próximo ou distante do local onde o mecanismo teve início; este processo denomina-se de metástase. Esta doença apresenta um prognóstico incerto, e um dos sintomas mais comuns é a dor, especialmente em casos avançados, afetando muito a qualidade de vida [9].

Nas terapias farmacológicas são administrados opióides, como por exemplo a morfina. No entanto, estes medicamentos causam bastantes efeitos colaterais, como náuseas, vômitos e constipação intestinal. Existem vários tipos de tratamentos não farmacológicas direcionados para o alívio da dor, como terapias baseadas em técnicas de calor, frio, massagens e relaxamentos. Também neste sentido, têm surgido vários estudos acerca da eficiência da utilização da TENS no alívio da dor em pacientes com cancro, por se tratar de uma terapia de baixo custo e acessível, quando comparada com as terapias farmacológicas de longo prazo, e de apresentar poucas contraindicações.

Num estudo, que teve como objetivo a avaliação da eficiência da aplicação da TENS como coadjuvante no alívio da dor oncológica em pacientes hospitalizados que tivessem sujeitos a algum tipo de terapia farmacológica com persistência da dor, foram submetidos 10 participantes

com cancro a 4 sessões de TENS, em que a média das idades era de 60.6 anos. Quanto à localização do tumor primário, 40% apresentava cancro do estômago, 20% do reto, 20% da próstata, 10% da hipofaringe e 10% da mama [9].

A Figura 22 ilustra a identificação do local onde os pacientes sentiam a dor.

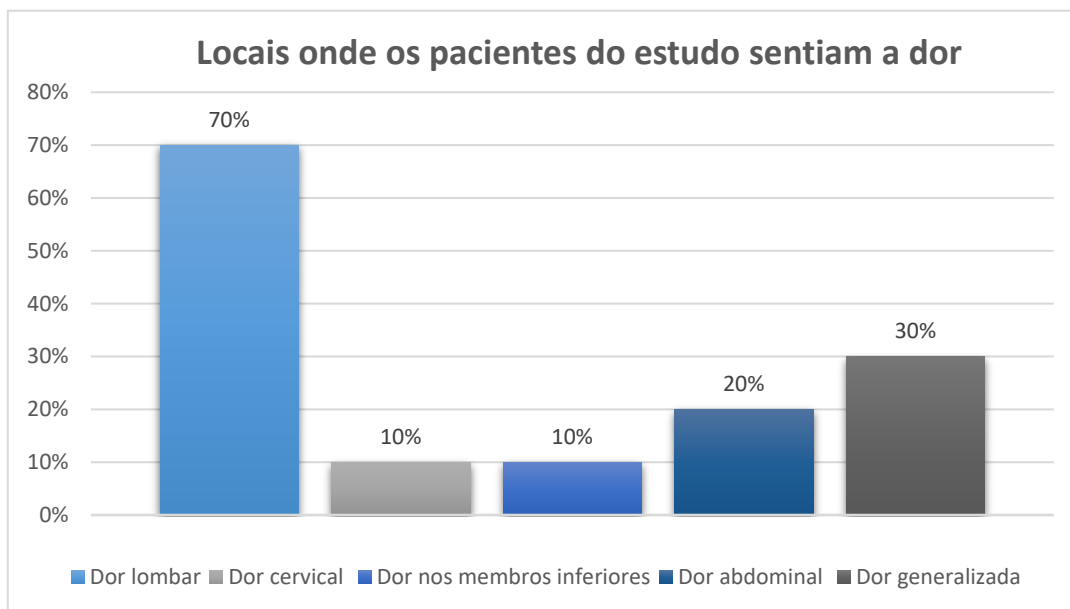


Figura 22 – Identificação dos locais onde os pacientes do estudo sentiam a dor.

Para avaliação quantitativa da dor foi usada uma escala numérica de dor, antes e após a aplicação da TENS, cujos resultados estão representados no gráfico da Figura 23.

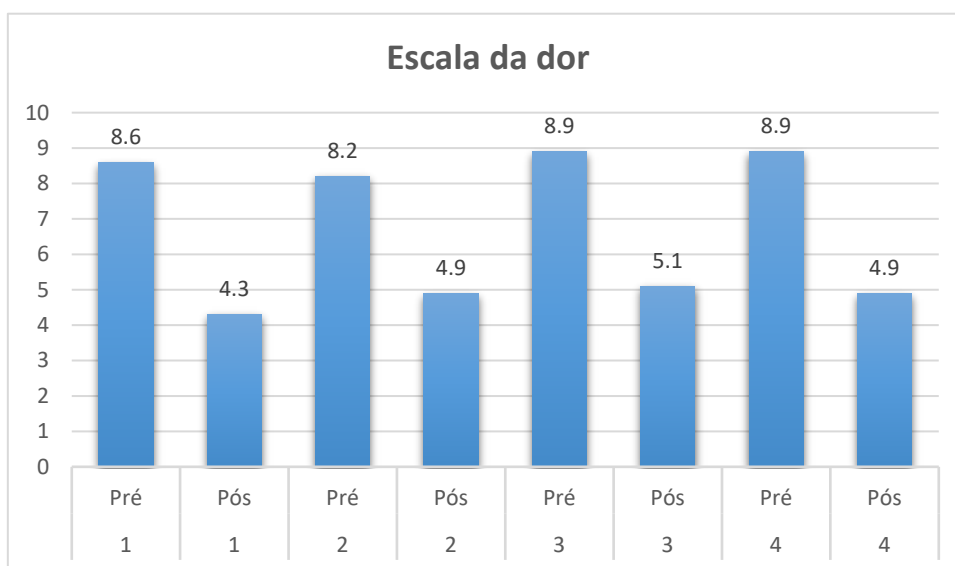


Figura 23 – Representação dos valores médios pré e pós sessões de TENS.

A dor é abstrata e muito complexa para ser avaliada com precisão, no entanto, observando a Figura 23, a análise estatística entre os valores pré e pós cada sessão apresentaram uma diferença significativa. Verificou-se uma redução da dor de origem oncológica após a aplicação da TENS. Este método é eficaz, útil, de fácil aplicação e baixo custo, o que torna o seu uso bastante atrativo quando usado como coadjuvante em pacientes que realizem tratamento analgésico por ação de qualquer medicação da classe dos opióides, independentemente da dosagem, e que ainda assim apresentam algum tipo de dor. O objetivo é amenizar o sofrimento dos pacientes oncológicos e melhorar a sua qualidade de vida.

8.1.4. Aplicação da TENS no pós-operatório de cesariana

Uma aplicação bastante útil é a aplicação da TENS em pacientes que sintam dor quando submetidas a um parto de cesariana. O estudo [30] foi feito com 30 mulheres, com idades compreendidas entre os 16 e os 35 anos, que apresentavam dor abdominal no fundo da barriga após serem submetidas a uma cesarina. Foram divididas em dois grupos, A e B, contendo cada um deles 15 pacientes, submetidas a eletroestimulação por TENS ou ao tratamento placebo por eletroestimulação, respetivamente.

No grupo A foi utilizada TENS convencional, com uma corrente de pulso bifásico e assimétrico. Foi aplicada 50 minutos após ter passado o efeito da anestesia, com uma intensidade modulada para um nível sensorial forte, e modificada constantemente para conservação da sensação de formigueiro intenso. Para os indivíduos do grupo B, foi adotado o mesmo procedimento, diferenciando apenas a intensidade da corrente, ou seja, o aparelho não emitia corrente para se proceder ao efeito placebo [30].

As pacientes só poderiam ser submetidas a TENS se sentissem dor e se tivessem tido, no máximo, dois partos anteriores, pois a dor tende a diminuir e a ser melhor suportada pelas pacientes, o que podia interferir no resultado do estudo [30].

Antes da eletroestimulação e 30 minutos após a eletroestimulação, as pacientes de ambos os grupos pontuaram verbalmente a intensidade da dor numa escala de 0 a 10 [30].

Os resultados obtidos estão representados na Tabela I, para o grupo A, e na Tabela II, para o grupo B. Foi demonstrada uma diferença estatisticamente significativa entre as intensidades da dor, antes e após a aplicação da TENS, nos indivíduos do grupo A, ao contrário do grupo B. Tendo em conta os resultados obtidos, podemos concluir que a TENS é uma ótima terapia a ser usada na dor pós-cesariana.

Tabela I – Dados relativos aos indivíduos do grupo A. Adaptado de [30].

Identificação	Idade	Nº de partos	Escala da dor inicial	Escala da dor após a TENS
1	20	2	5	0
2	18	1	3	0
3	34	2	5	0
4	20	2	5	2
5	25	2	8	5
6	27	2	9	8
7	31	2	7	0
8	20	2	10	2
9	16	2	5	0
10	19	2	7	0
11	26	2	5	10
12	17	1	9	0
13	27	2	10	0
14	28	2	9	0
15	18	1	8	0

Tabela II – Dados relativos aos indivíduos do grupo B. Adaptado de [30].

Identificação	Idade	Nº de partos	Escala da dor inicial	Escala da dor após a TENS
1	24	1	5	0
2	23	2	5	2
3	20	1	7	7
4	23	2	5	5
5	19	1	5	5
6	16	1	10	10
7	22	1	4	4
8	22	1	10	10
9	35	2	9	9
10	25	2	5	6
11	23	2	5	5
12	23	2	8	8
13	21	2	8	9
14	31	1	6	9
15	25	1	10	10

Atualmente a TENS é utilizada frequentemente no pós-operatório hospitalar como coadjuvante, dado que em 95% dos casos é considerada uma técnica confortável para o paciente e eficiente no controlo da dor pós-operatória abdominal, sem possuir quaisquer tipos de efeitos colaterais associados. Facilita a diminuição de analgésicos e possibilita a deambulação precoce, uma vez que a presença de dor dificulta a movimentação [31].

8.2. Aplicações desportivas

Indivíduos que participem em atividades físicas regulares estão sujeitos a lesões musculares, e essas mesmas lesões podem ter um impacto muito significativo, principalmente se forem atletas. Por norma, após uma lesão o primeiro sintoma é a dor, e o alívio desta pode restaurar a função e melhorar a condição física. Para o tratamento da lesão, pode optar-se por meios farmacológicos ou meios não farmacológicos. Mas os tratamentos farmacológicos trazem desvantagens em algumas estruturas corporais, especialmente na cartilagem. Em alternativa, existem meios fisioterapêuticos que são eficazes no tratamento da dor e com poucos ou nenhuns efeitos colaterais, nomeadamente a TENS.

8.2.1. Comparação da eficiência das ondas de ultrassom terapêuticas com a estimulação nervosa elétrica transcutânea em atletas com tendinite

O objetivo do estudo [32] era avaliar comparativamente a eficiência das ondas de ultrassom terapêutico e a estimulação elétrica nervosa transcutânea em atletas com tendinite dos adutores. Os adutores são um conjunto de cinco músculos que se estendem pela face interna da coxa, desde a virilha até ao joelho. A tendinite adutora é de natureza progressiva e tem tendência a piorar com a prática de exercício físico e, em casos mais avançados, a tendinite pode progredir afetando significativamente a vida quotidiana dos indivíduos, uma vez que estes começam a sentir algumas dificuldades em subir escadas, ou levantarem-se da cama ou de uma cadeira.

O estudo foi executado de forma sistemática e aleatória com 50 pacientes, atletas do sexo masculino, com dor na virilha e diagnosticados com tendinite dos adutores por um reumatologista. Os atletas foram avaliados antes da primeira sessão de fisioterapia e após a última sessão de fisioterapia por parâmetros de pontuação de dor e por pontuação de força muscular. Foram divididos igualmente em dois grupos, sendo um dos grupos sujeito a terapia de ultrassom que consistia em 3 sessões por semana com uma duração de 3 minutos a 3 MHz. O outro grupo foi sujeito a TENS, que também compreendia 3 sessões por semana com uma duração de 15 a 30 minutos a 200 Hz. Em ambos os grupos, as sessões duraram entre 4 e 6 meses [32].

Os resultados da TENS foram positivos, 73.4% da amostra não apresentou dor e 26.6% apenas uma dor leve. A terapia de ultrassom mostrou-se menos eficaz em comparação com a TENS, uma vez que 65% da amostra não apresentou dor e 35% apresentou uma dor leve [32].

No entanto, os resultados do efeito da TENS na força muscular foram menos eficazes em comparação com o uso do ultrassom, dado que 50% da amostra pontuou com grau quatro e 35%

com grau cinco, enquanto que no ultrassom 76.7% da amostra pontuou com grau cinco de força muscular e 23,3% com grau quatro [32].

Em suma, a TENS é eficaz no tratamento da dor dos pacientes com tendinite dos adutores, em contrapartida não se mostrou igualmente eficaz na recuperação da força muscular, em comparação com a terapia por ultrassom.

8.2.2. Avaliação da TENS na redução da dor provocada pelo exercício, e consequentemente na melhoria no desempenho do atleta

O estudo descrito em [33] teve como objetivo avaliar a eficiência da TENS, da corrente de interferência e da corrente placebo, na redução da dor provocada pelo exercício e a consequentemente melhoria no desempenho, e desta forma no aumento da resistência física.

A dor muscular provocada pelo exercício intenso ou prolongado é um fator bastante limitante na resistência dos atletas. Embora a tolerância à dor esteja de certa forma ligada à condição física de cada um, a ocorrência da mesma pode aumentar o cansaço muscular e reduzir a ativação do músculo ou contribuir para uma sucessão de sensações desagradáveis que leva a uma redução do rendimento por parte do atleta [33].

Neste estudo, foi demonstrado que a dor muscular provocada pelo exercício físico aumenta com o passar do tempo e atinge o ponto mais intenso no final do exercício. Para atenuar esta dor, sem alterar o ambiente metabólico do músculo, e a título de comparação, foram testados três tipos de terapias diferentes: a TENS, a corrente de interferência e a corrente de placebo. Os indivíduos sujeitos ao estudo foram divididos em dois grupos, com exercícios diferentes. O primeiro grupo tinha de contrair o bíceps do braço dominante até à exaustão. O segundo tinha de fazer um contrarrelógio de ciclismo de 16.1 Km, que os atletas tinham de completar o mais rapidamente possível. A dor provocada pelo exercício foi analisada em ambos os grupos, tendo estes usado uma escala subjetiva para a avaliar [33].

No tratamento com a TENS usaram uma corrente de pulsos bifásica, com uma frequência de 100 HZ e com uma largura de pulso de 300 μ s. A corrente foi administrada com uma forte intensidade, mas com o objetivo de não causar nenhuma contração muscular perceptível. No primeiro grupo, a TENS reduziu significativamente a percepção da dor; cerca de 12% durante a contração e 38% no tempo até a exaustão, em comparação com o placebo. No segundo grupo, a TENS melhorou o tempo de conclusão da prova, com cerca de 2% de melhoria [33].

O estudo demonstrou que tanto a TENS como a corrente de interferência podem reduzir a dor provocada pelo exercício e, consequentemente, melhorar o desempenho da resistência física. A principal conclusão deste estudo foi que ambas as terapêuticas são eficazes na redução da dor

durante o exercício de um único membro, mas apenas a TENS foi capaz de melhorar o desempenho da resistência do corpo todo. Estes dados demonstram que a TENS, para além de ser uma terapêutica que provoca um efeito analgésico, também tem a capacidade de melhorar o desempenho do exercício, aumentando a resistência do atleta e reduzindo a dor provocada pelo mesmo.

9. Componente prática

O objetivo deste trabalho é avaliar os efeitos da TENS, através da colocação dos eletrodos no braço direito, nomeadamente o aumento da temperatura corporal, recorrendo a termografia, e o desconforto. São usados diferentes tipos de TENS, e avaliados os efeitos de cada um.

9.1. Termografia

Documentos datados 460-379 A.C já relatavam a importância da temperatura corporal na avaliação de patologias. Após a introdução das escalas de temperatura de Celsius e Fahrenheit, em 1740, George Martine divulgou os padrões de temperatura humana. Anos mais tarde, em 1934, Harly demonstrou que a pele humana emite radiação infravermelha. Durante a Segunda Guerra Mundial deu-se o desenvolvimento das tecnologias de deteção de radiação infravermelha, tornando-se esta disponível na medicina no final de 1950 [34]. Harzbecker e cols, em 1978, designaram a termografia como uma ferramenta capaz de medir sem contacto, de forma rápida e dinâmica a energia térmica corporal, proporcionando a geração de imagens [35].

Um termógrafo é o equipamento que realiza a leitura de ondas eletromagnéticas de frequências infravermelhas emitidas por um corpo. O calor é uma forma de energia transportada por este tipo de onda, que pode ser avaliado por câmaras termográficas de deteção infravermelha [34].

A termografia é um método de avaliação de temperatura que pode ser aplicada sem restrições, uma vez que se caracteriza por ser uma técnica não invasiva, sem contacto físico e indolor. Gera imagens de alta resolução, sem a utilização de radiação ionizante. Permite definir, por exemplo, por meio de mapeamento térmico, o estado fisiológico de um tecido ou órgão examinado, baseando-se na emissão da radiação infravermelha do mesmo. É uma ferramenta bastante utilizada pelos profissionais de saúde para diagnóstico, pois conseguem obter informações sobre processos fisiológicos em curso, em tempo real. Os sistemas atuais de aquisição de imagem são constituídos por câmaras térmicas sofisticadas acopladas a computadores com programas específicos onde as imagens são processadas [35].

As principais vantagens da termografia consistem na possibilidade de fazer medições de temperatura ou deteção de objetos que se encontrem a longas distâncias, sem a necessidade de contacto físico, não interferindo com o seu funcionamento e permitindo a medição da temperatura de objetos móveis, de difícil acesso ou que estejam em locais perigosos. O tempo de resposta é rápido, o que possibilita a recolha de uma grande quantidade de informação [36].

9.1.1. Aplicações da Termografia

A termografia é utilizada em diversas áreas, na medicina é usada para a realização de exames não invasivos a tecidos e a fluidos corporais, de forma a complementar os exames convencionais, avaliar a eficiência do tratamento e identificar partes do sistema musculo esquelético afetadas por uma determinada doença ou lesão [35]. Pode servir de ferramenta auxiliar para a determinação, localização ou grau de desenvolvimento do problema e no prognóstico de tratamento [36].

A termografia é capaz de reconhecer tumores com diâmetros menores do que 0,5 cm, e é eficiente a diagnosticar certos casos antes da detecção por outros dispositivos médicos, uma vez que, geralmente, os dispositivos de investigação não invasivos só são capazes de reconhecer tumores com diâmetros superiores a 1 cm. Por norma as áreas dos tumores são mais frias do que o tecido em torno dos mesmos; assim sendo, a imagem termográfica representa um método auxiliar para a monitorização do crescimento e controlo dos tumores [35].

Com o aumento da hemoglobina glicada a temperatura da pele diminui, sendo que tal diminuição da temperatura da pele pode decorrer da diminuição da taxa metabólica basal, diminuição da perfusão sanguínea e da elevada resistência à insulina. Assim, a termografia pode ser usada como uma ferramenta de diagnóstico, bem como de prognóstico, para o diabetes tipo 2 [35].

Na área cardiológica, com a aplicação da termografia nos vasos sanguíneos, é possível medir a temperatura dos mesmos, a fim de detetar as placas ateroscleróticas vulneráveis e avaliar o potencial risco de ocorrência da síndrome coronária aguda [35].

A termografia na medicina veterinária é aplicada como meio de diagnóstico. Como não existe contacto, reduz a agitação do animal durante o exame médico e permite a realização de estudos em animais no estado selvagem, nomeadamente de espécies de grande porte ou perigosas [37].

Na área da astronomia, é utilizada para atravessar zonas que contém gases e poeiras sem se dissipar, pois apresenta um maior comprimento de onda em relação a radiação visível. Por isto, torna-se possível conhecer e estudar a região central da Via Láctea e de outras galáxias, onde se localizam a maioria das estrelas e também grande quantidade de poeiras. Por observação da Figura 24, em que na imagem da esquerda mostra parte da Nebulosa de Orion captada na gama da radiação visível pelo Hubble Space Telescope (HST) e a imagem da direita uma imagem termográfica, conclui-se que a termografia consegue atravessar a zona de poeiras, permitindo observar-se a formação de novas estrelas [36].

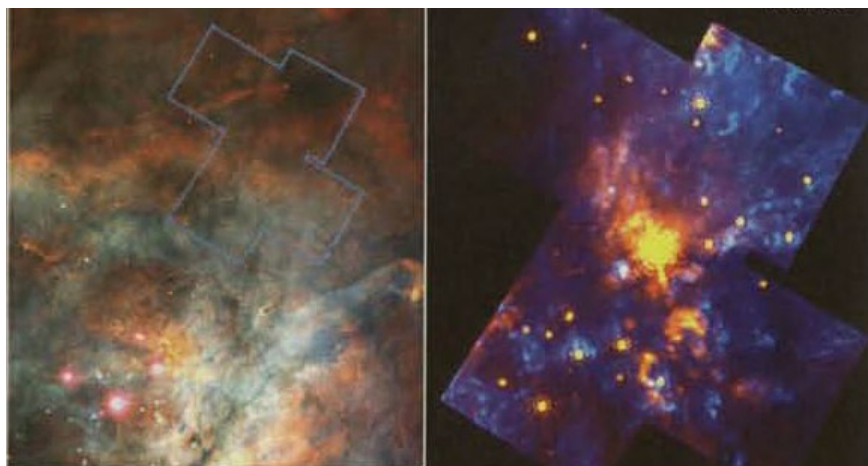


Figura 24 – Imagens da Nebulosa de Orion captadas através do telescópio Hubble Space Telescope (esquerda) e da termografia (direita) [36].

No setor industrial, as imagens térmicas têm cada vez mais relevância na monitorização de sistemas mecânicos, uma vez que permitem detetar o funcionamento de diversos constituintes de uma máquina, componentes que estejam com problemas ou com defeitos, proporcionando a reparação antes do colapso total do sistema, Figura 25 [36].

Os infravermelhos são usados para fins militares na localização de alvos, na recolha de informações sobre o terreno inimigo, são também incorporados em sistemas de deteção de minas terrestres e de prevenção de ataques aéreos ou terrestres [36].

No combate a incêndios, são instaladas câmaras de infravermelhos em meios aéreos para permitir a identificação de zonas de maior calor em florestas muito densas, que constituem áreas potencialmente perigosas [36].

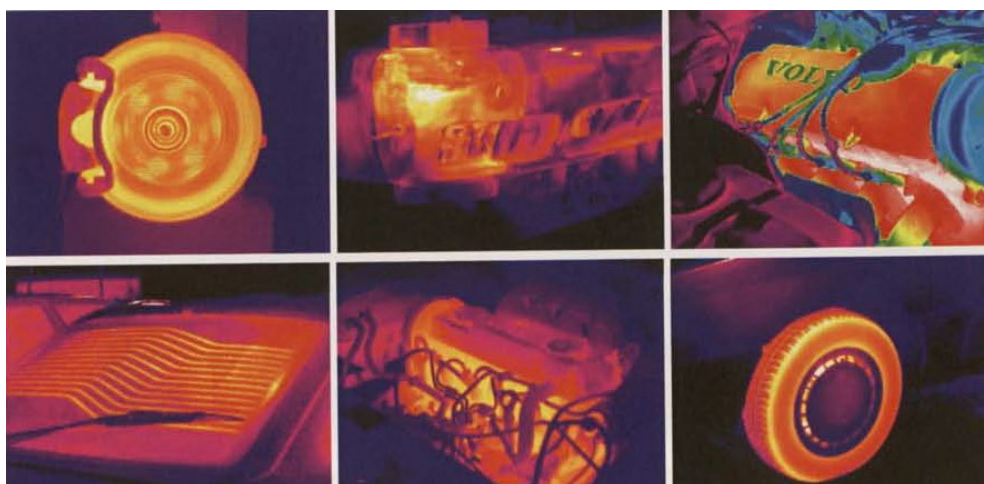


Figura 25 – Termogramas de peças automóveis [36].

Em operações de salvamento, a termografia pode ser utilizada para localizar pessoas perdidas ou soterradas por avalanches e localizar vítimas de naufrágios, principalmente durante a noite e em condições de má visibilidade, Figura 26 [36]



Figura 26 – Imagem térmica de uma situação de salvamento [36].

Recorrendo a satélites de infravermelhos, é possível saber com precisão qual a distribuição das rochas e minerais numa determinada zona, tendo em conta que diferentes minerais absorvem e emitem a radiação infravermelha de forma muito característica e perfeitamente identificável. Os equipamentos de infravermelhos também podem ser usados para monitorizar vulcões em atividade e prever novas erupções, de forma segura. Também é utilizada para estudar a distribuição da vegetação e detetar doenças ou pragas que estejam a desenvolver-se nas plantas, antes de serem visualmente perceptíveis [36].

Como podemos constatar, a termografia é uma ferramenta muito versátil, muito útil em diagnóstico em tempo real, de longo alcance, rápida, segura e pouco dispendiosa.

9.2. Avaliação da dor

Embora a avaliação da dor tenha uma componente subjetiva, têm-se criado instrumentos para uniformizar o acompanhamento dos pacientes. A avaliação pode ser realizada através de escalas ou questionários específicos para quantificar a intensidade da dor, o seu impacto na vida quotidiana e na qualidade de vida, além de complementar o diagnóstico clínico.

Os instrumentos utilizados podem ser classificados em unidimensionais ou multidimensionais. Os designados unidimensionais analisam apenas uma característica, normalmente a intensidade. Os multidimensionais avaliam a dor em várias características, considerando-a como uma experiência composta também por fatores emocionais [38].

As escalas unidimensionais são benéficas pela sua aplicação fácil, rápida e de baixo custo. Ajudam a sistematizar a informação recolhida e possibilitam a escolha terapêutica [39]. A sua rápida avaliação torna-as muito úteis em casos em que é necessária uma frequente avaliação ou em casos

em que os pacientes apresentem baixa tolerância [14]. Apresentam a desvantagem de considerar a dor como um fenómeno unidimensional, avaliando apenas a sua intensidade, uma vez que se sabe que a dor é um conjunto de sensações e cada tipo de dor apresenta características únicas [39].

As escalas unidimensionais para a medição da intensidade da dor mais utilizadas são a escala visual analógica, a escala numérica, a escala qualitativa e a escala de faces.

A escala visual analógica, como podemos observar na Figura 27, e definida na Circular Normativa nº9/DGCG de 14/6/2003 da Direção Geral da Saúde, consiste numa linha horizontal ou vertical, que tem assinalada nas suas extremidades as classificações “Sem dor” e “Dor máxima” [40]. O indivíduo terá de fazer uma cruz ou um traço perpendicular à linha no ponto que representa a intensidade da sua dor. Posteriormente mede-se em centímetros a distância entre o início da linha, que corresponde a zero, e o local assinalado, obtendo-se uma classificação numérica. Considera-se uma escala difícil de preencher, uma vez que os indivíduos necessitam de uma certa noção espacial e de um maior intervalo de tempo para processar a informação e poder escolher a intensidade equivalente à dor sentida. A escala visual analógica mais recomendada é a escala de 10 mm [39].



Figura 27 – Escala visual analógica.

A escala numérica, como podemos analisar na Figura 28, pela Circular Normativa nº9/DGCG de 14/6/2003 da Direção Geral da Saúde, consiste numa régua dividida em 11 partes iguais, numeradas sucessivamente de 0 a 10 [40]. Pretende-se que o indivíduo faça a equivalência entre a intensidade da sua dor e uma classificação numérica, sendo que 0 corresponde a “Sem dor” e 10 a “Dor máxima”. Caracteriza-se por ser de fácil e rápida administração, sendo considerada superior às outras escalas em diversos estudos [14].



Figura 28 – Escala numérica.

A escala qualitativa, mostrada na Figura 29, definida pela Circular Normativa nº9/DGCG de 14/6/2003 da Direção Geral da Saúde, baseia-se na solicitação ao indivíduo para que classifique a intensidade da sua dor como “Sem dor,” “Dor ligeira,” “Dor moderada,” “Dor intensa” ou “Dor máxima” [40]. Apresenta como benefício a sua fácil e rápida administração, no entanto pode ser

inadequada para indivíduos que apresentem dificuldades cognitivas ou baixos níveis literários [14].

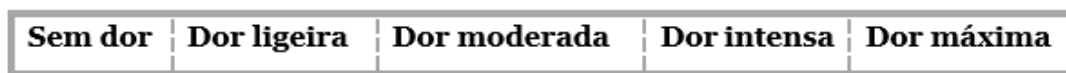


Figura 29 – Escala qualitativa.

A escala de faces, mostrada na Figura 30, definida pela Circular Normativa nº9/DGCG de 14/6/2003 da Direção Geral da Saúde, é uma escala em que o indivíduo classifica a intensidade da dor de acordo com a mímica representada em cada face, em que a expressão de felicidade corresponde à classificação “Sem dor” e a expressão de tristeza corresponde à classificação “Dor máxima” [40]. Indicada para crianças, pessoas com baixas habilitações literárias ou com alterações cognitivas [14].

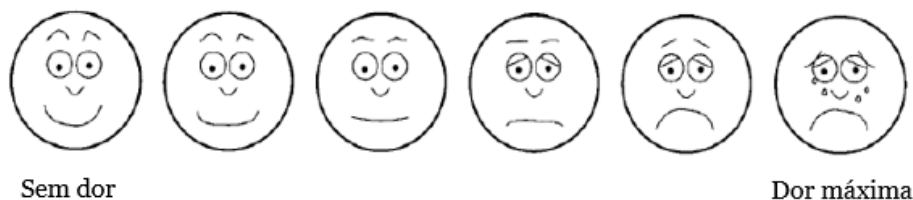


Figura 30 – Escala de faces [40].

Através dos instrumentos multidimensionais é possível avaliar a dor em múltiplas dimensões, tais como a sensorial e a afetiva, sendo que algumas incluem indicadores fisiológicos, comportamentais e contextuais. Os instrumentos multidimensionais mais utilizados são o *Brief Pain Inventory* (BPI) e o *McGill Pain Questionnaire* (MPQ).

O BPI é constituído por 15 itens que avaliam a existência de dor, a sua severidade, a sua localização, a sua interferência funcional, as estratégias terapêuticas aplicadas e a eficácia do tratamento. Apresenta boas propriedades psicométricas, é simples, prático e fácil de aplicar [41].

O MPQ foi elaborado em 1975 por Melzack e é considerado um dos melhores instrumentos para qualificar e distinguir os componentes afetivos, sensitivos e avaliativos da dor, quando se pretende adquirir informações quantitativas e qualitativas a partir de descrições verbais [14]. Este questionário avalia 4 dimensões, sensorial discriminativo (subgrupo 1-10), afetivo motivacional (subgrupo 11-15), avaliativo cognitivo (subgrupo 16) e miscelânea (subgrupo 17-20) [9]. É composto por 78 palavras, que são escolhidas pelo paciente para caracterizar a sua dor, estas encontram-se organizadas em 20 subgrupos. O índice de dor é calculado pelo somatório dos valores de intensidade. Conta com um diagrama corporal para melhor localização da dor e avaliação da dor quanto à sua periodicidade e duração [38].

Tendo em conta todas as escalas mencionadas anteriormente e o objetivo do estudo, algumas escalas não se aplicam como é o caso das multidimensionais, uma vez que não vamos avaliar uma dor localizada ou crônica, nem o seu efeito psicológico. Dentro das unidimensionais, a que se torna mais eficiente para o estudo é a escala numérica.

9.3. Procedimento

Neste estudo foram selecionados 6 indivíduos de forma aleatória, que pudessem ser sujeitos à TENS. Cada indivíduo foi sujeito a 6 tipos de TENS que o aparelho Chattanooga Physio dispõe, que se encontra representado na Figura 31 [42], nomeadamente a TENS a 100 Hz, TENS com frequência modulada, TENS com largura de pulso modulada, TENS endorfinica, TENS *burst* e TENS *burst* alternado. O objetivo dos testes é avaliar o aumento da temperatura durante as sessões dos vários tipos de TENS de forma objetiva e subjetiva. Assim, com recurso a um termógrafo foi possível retirar os valores da temperatura e observar a distribuição do aquecimento na área. Em todas as sessões, os elétrodos foram colocados na parte anterior do braço direito de cada paciente, como podemos observar na Figura 32.

Os voluntários, no final de cada sessão, tinham de responder a um pequeno questionário, onde avaliavam, para além do aumento da temperatura corporal, se tinham sentido algum tipo de dor, através de uma escala numérica, e descreviam de forma subjetiva se tinham sentido algum formiguelo, contração muscular ou um aumento da temperatura combinado com um ligeiro formiguelo.



Figura 31 – Equipamento Chattanooga Physio. Adaptado de [42].



Figura 32 – Demonstração da utilização do equipamento com os eletrodos colocados no braço direito do indivíduo.

9.3.1 Descrição de cada tipo de TENS usado

A TENS de 100 Hz e a TENS de frequência modulada, como se demonstrada nas Tabelas III e IV, são especialmente eficazes no alívio de dores localizadas e em condições inflamatórias.

O princípio de funcionamento é causar um efeito significativo de sensibilidade tátil de modo a limitar a entrada de impulsos de dor aquando do regresso ao corno posterior da medula. Deste modo, deve-se estimular a área dolorosa, e para tal é necessário utilizar uma frequência igual às frequências operacionais das fibras nervosas de sensibilidade tátil, ou seja, de 50 a 150 Hz [42].

Devem-se utilizar larguras de pulso muito curtas, 30,50 ou 70 μ s, consoante a sensibilidade do paciente; se for muito sensível, normal ou pouco sensível, far-se-á corresponder ao nível 1, 2 ou 3, respetivamente. As sessões podem ser repetidas o número de vezes desejadas, sem limite.

No estudo, foi usada uma largura de pulso de 50 μ s, ou seja, considerando uma sensibilidade normal, em todos os indivíduos.

Este programa tem incluída a função mi-TENS, que evita qualquer tipo de contração muscular. Se o sensor detetar uma resposta muscular, o estimulador reduz automaticamente a energia da estimulação, de modo a parar essa resposta muscular [42].

Tabela III. TENS de 100 Hz.

TENS de 100 Hz			
Frequência	Nível	Largura de pulso	Duração do tratamento
100 Hz	1	30 μ s	20 minutos
100 Hz	2	50 μ s	20 minutos
100 Hz	3	70 μ s	20 minutos

Tabela IV. TENS com frequência modulada.

TENS com frequência modulada				
Frequência	Nível	Largura de pulso	Duração da modulação	Duração do tratamento
50 - 150 Hz	1	30 μ s	2 segundos	20 minutos
50 - 150 Hz	2	50 μ s	2 segundos	20 minutos
50 - 150 Hz	3	70 μ s	2 segundos	20 minutos

A TENS com largura de pulso modulada, ilustrada na Tabela V, tem o mesmo princípio que a TENS de 100 Hz e a TENS de frequência modulada. É especialmente eficaz no alívio de dores localizadas de origem não muscular e em condições inflamatórias [42].

A largura de pulso varia continuamente, o que evita a habituação, e é considerado mais agradável por parte de alguns pacientes.

Tabela V. TENS com largura de pulso modulada.

TENS com largura de pulso modulada			
Frequência	Largura de pulso	Duração da modulação	Duração do tratamento
80 Hz	70 – 180 μ s	2 segundos	30 minutos

A TENS endorfinica é ideal para o alívio de dores musculares crônicas. A redução da dor através do aumento da produção de endorfinas implica que os impulsos têm de ser grandes o suficiente para excitar as fibras do tipo A-delta, que é demonstrado pela produção de contrações musculares [42].

Deste modo, a estimulação endorfinica destina-se particularmente às fibras nervosas sensíveis A-delta, que são mais facilmente estimuladas com uma largura de pulso de 200 μ s, e frequências compreendidas entre 2 e 8 Hz; neste estudo foi usada uma frequência de 5 Hz, como podemos observar na Tabela VI. Um fator essencial na eficácia terapêutica é causar espasmos musculares visíveis, os quais podem, em certos casos, exigir o uso de energias de estimulação superiores.

Um aspeto importante no efeito terapêutico é a produção de contrações musculares visíveis. A função mi-RANGE, ativada por predefinição, pode ser utilizada para determinar o nível mínimo de energia necessário para produzir uma resposta muscular adequada [42].

Tabela VI. TENS endorfinica.

TENS endorfinica		
Frequência	Largura de pulso	Duração do tratamento
5 Hz	200 μ s	20 minutos

A TENS *burst* é semelhante à TENS endorfinica, contudo com um efeito vascular menos visível. Do mesmo modo é utilizada para o alívio da dor muscular crónica, com uma largura de pulso de 180 μ s [42].

O modo *burst*, representado na Tabela VII, envolve a substituição da emissão de um impulso elétrico pela emissão de um pico muito curto de 8 impulsos; deste modo, este programa emite 2 picos por segundo, o que pode produzir os mesmos resultados endorfinicos para uma frequência padrão de 2 Hz.

No caso de existir dor muscular crónica, é fundamental a produção de contrações musculares visíveis, o que pode, em certos casos, exigir o uso de energias de estimulação superiores [42].

Tabela VII. TENS *burst*.

TENS <i>burst</i>		
Frequência	Largura de pulso	Duração do tratamento
2 Hz (2 rajadas de pulsos por segundo com uma frequência interna de 80 Hz)	180 μ s	20 minutos

A TENS *burst* alternado é uma TENS de pico de estimulação modulada sucessivamente ativa, a cada 3 segundos. É usada no tratamento de diversas dores mal localizadas [42].

A TENS de modulação de pico baseia-se na teoria de controlo do portão, ou seja, na libertação de endorfinas. Podemos ver na Tabela VIII que as frequências de estimulação variam a cada 3 segundos, produzindo uma estimulação combinada de 80 Hz e 2 Hz, com uma largura de pulso de 180 μ s.

Em caso de tratamento, a estimulação deve produzir uma aguda, mas agradável sensação de formigamento e contrações musculares visíveis [42].

Tabela VIII. TENS *burst* alternado.

TENS <i>burst</i> alternado		
Frequência	Largura de pulso	Duração do tratamento
80 Hz/ 3 segundos 2 Hz/ 3 segundos	180 μ s	30 minutos

9.4 Resultados

Os 6 sujeitos foram submetidos aos diferentes tipos de TENS, e em todos os ensaios a temperatura foi retirada no início de cada sessão, ou seja, aos 0 minutos, e, de seguida, de 5 em 5 minutos até ao final da mesma, com recurso a um termógrafo de infravermelhos.

9.4.1. TENS de 100 Hz

Na TENS de 100 Hz, os sujeitos foram submetidos a uma frequência de 100Hz, com uma largura de pulso de 50 μ s com a duração de 20 minutos. As Figuras 33, 34, 35, 36, 37 e 38 correspondem às medições feitas aos sujeitos 1 a 6, respectivamente. A letra A corresponde à medição feita no início dos testes, a B aos primeiros 5 minutos, a C aos 10 minutos, a D aos 15 minutos e a E no final do teste.

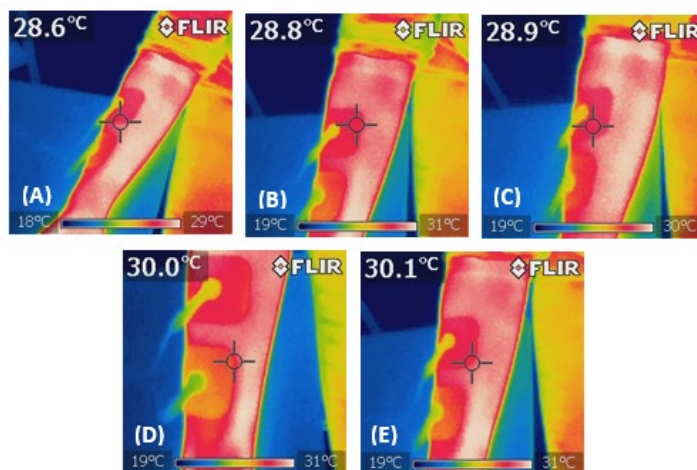


Figura 33 – TENS de 100 Hz no sujeito 1.

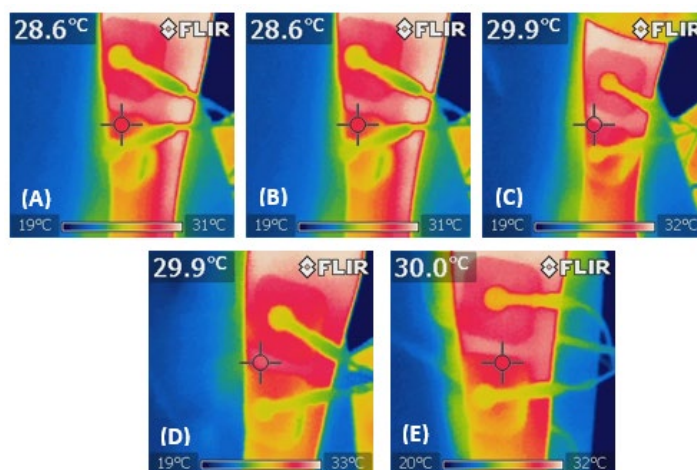


Figura 34 – TENS de 100 Hz no sujeito 2.

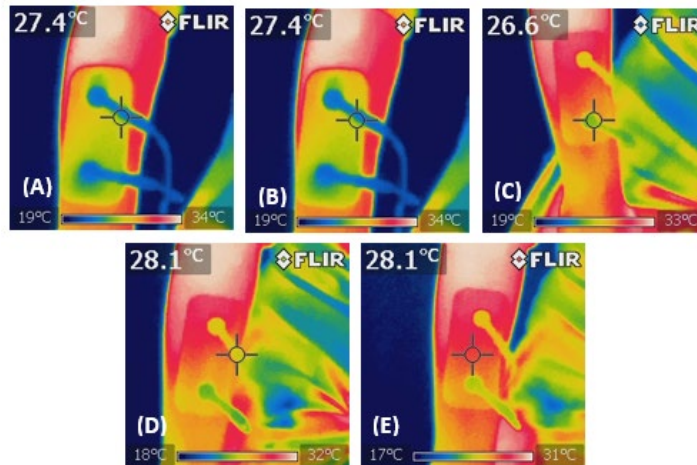


Figura 35 – TENS de 100 Hz no sujeito 3.

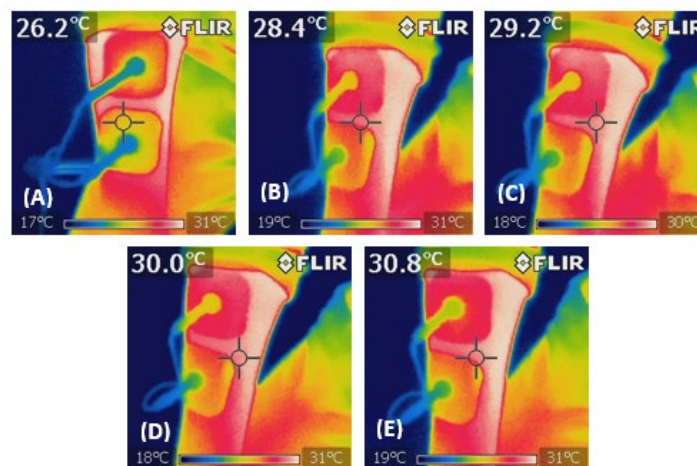


Figura 36 – TENS de 100 Hz no sujeito 4.

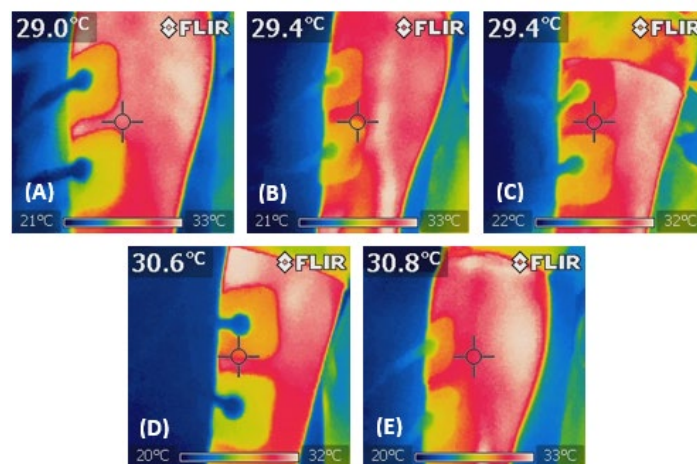


Figura 37 – TENS de 100 Hz no sujeito 5.

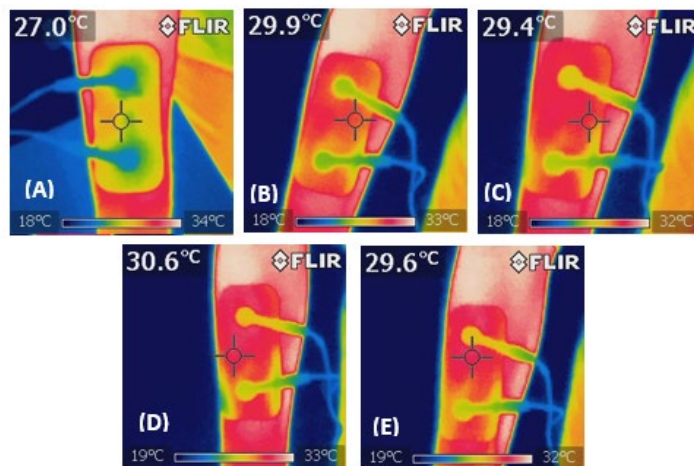


Figura 38 – TENS de 100 Hz no sujeito 6.

Com base nos valores de temperatura indicados nas Figuras 33, 34, 35, 36, 37 e 38 construiu-se o gráfico da Figura 39 com a percentagem de aumento da temperatura, tendo como comparação a temperatura inicial e a final de cada sessão. Através de uma avaliação subjetiva, e tendo em conta todas as figuras referidas, podemos afirmar que ao longo das sessões a área que se encontrava por debaixo dos eléctodos, e em redor dos mesmos, ficou mais vermelha, o que se traduz num aumento de temperatura.

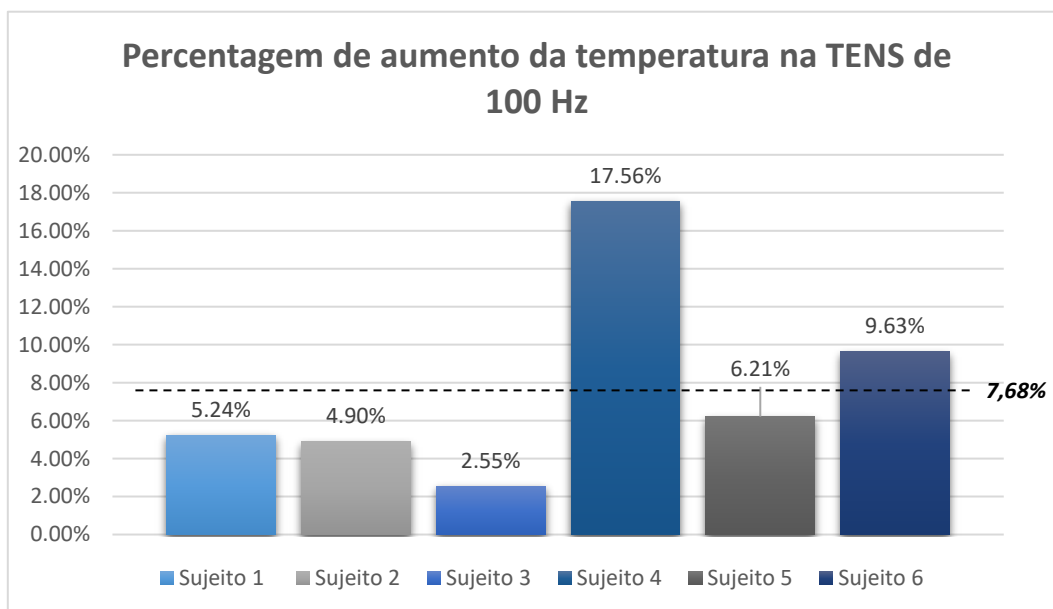


Figura 39 – Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS de 100Hz.

Analisando o gráfico da Figura 39, na TENS de 100 Hz, a temperatura no final de cada sessão aumentou em relação à temperatura inicial em todos os sujeitos, em média 7.68%. Os resultados foram dispersos, dado que todos os sujeitos apresentam sensibilidades diferentes. A maior

diferença de temperatura ocorreu no sujeito 4, uma vez que esta aumentou cerca de 17.56%, dado que a sua temperatura inicial era de 26.2°C e no final apresentou uma temperatura de 30.8°C.

Através do questionário preenchido pelos sujeitos no final da sessão, conseguiu-se constatar que nenhum deles sentiu qualquer tipo de dor, dado que todos assinalaram na escala numérica o número 0, sem dor. No entanto, as respostas à avaliação subjetiva que era pedida variaram, três sujeitos não sentiram nenhuma alteração, dois sentiram um aumento da temperatura no local onde os elétrodos estavam colocados e apenas um sujeito sentiu um aumento da temperatura em conjunto com um ligeiro formigueiro.

9.4.2. TENS com frequência modulada

Na TENS com frequência modulada, os sujeitos foram expostos a uma frequência que variava entre 50 e 150 Hz e uma largura de pulso de 50 μ s, cada sessão teve a duração de 20 minutos. As Figuras 40, 41, 42, 43, 44 e 45 correspondem às medições feitas aos sujeitos durante o teste. A letra A corresponde à medição feita no início dos testes, a B aos primeiros 5 minutos, a C aos 10 minutos, a D aos 15 minutos e a E no final do teste.

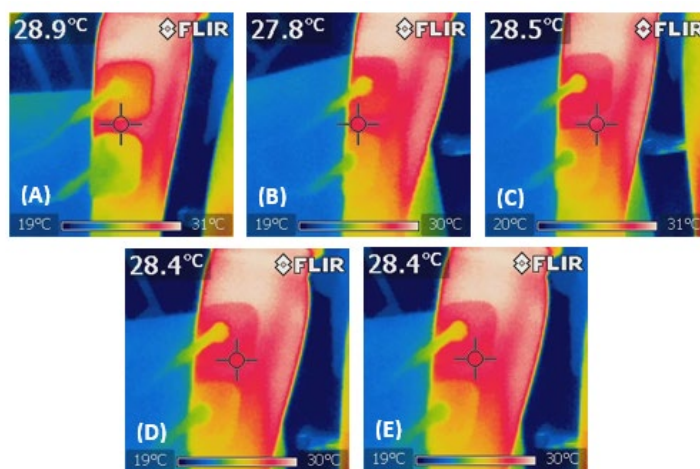


Figura 40 – TENS com frequência modulada no sujeito 1.

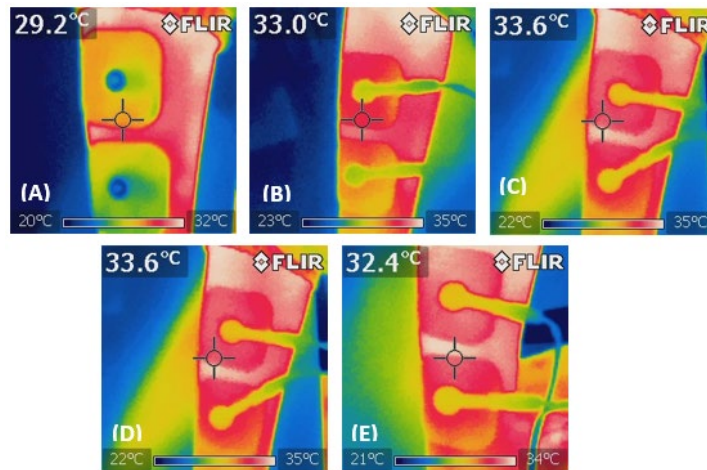


Figura 41 – TENS com frequência modulada no sujeito 2.

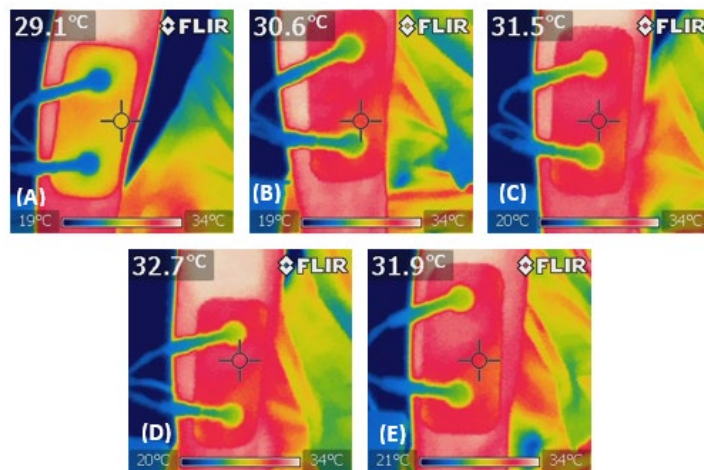


Figura 42 – TENS com frequência modulada no sujeito 3.

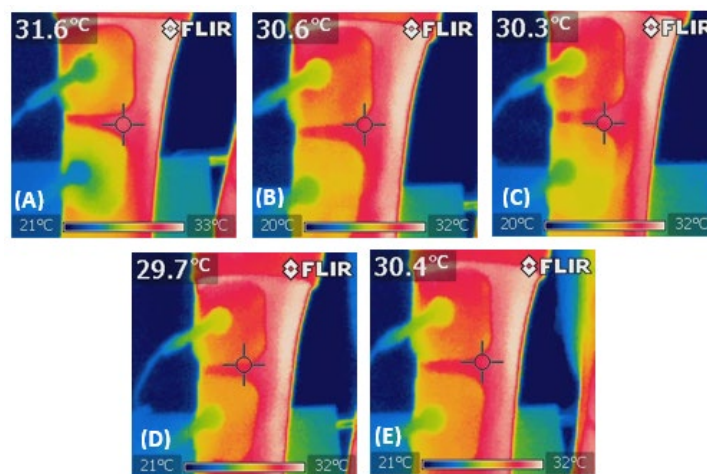


Figura 43 – TENS com frequência modulada no sujeito 4.

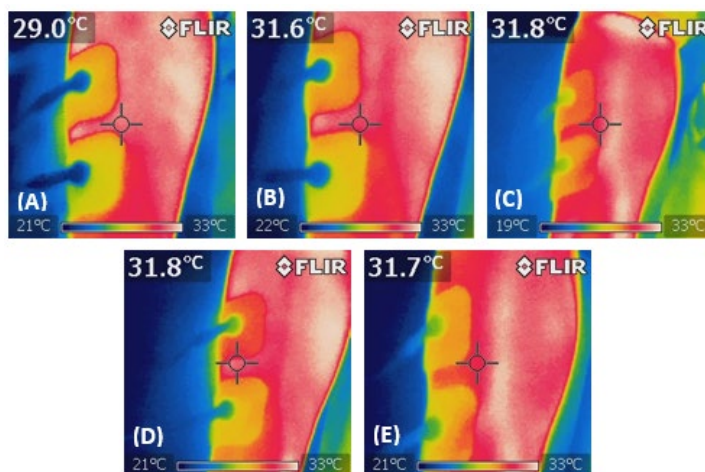


Figura 44 – TENS com frequência modulada no sujeito 5.

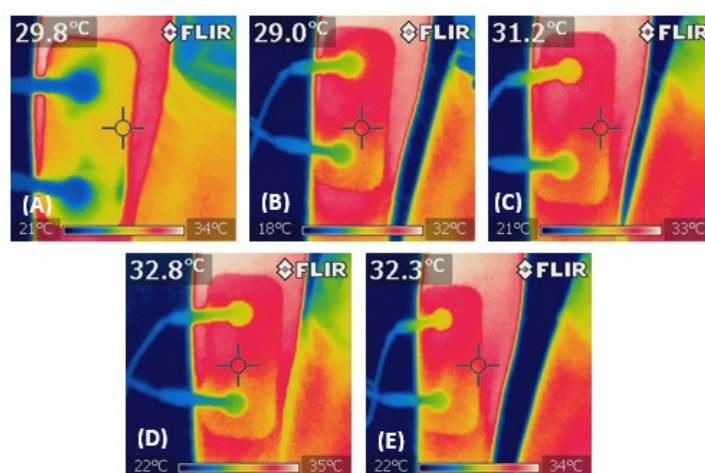


Figura 45 – TENS com frequência modulada no sujeito 6.

Com base nos valores de temperatura indicados nas Figuras 40, 41, 42, 43, 44 e 45 elaborou-se fazer o gráfico da Figura 46 com a percentagem de aumento da temperatura, comparando a temperatura inicial com a final em cada sessão. Fazendo uma avaliação subjetiva das figuras mencionadas, consegue-se mais uma vez provar que a área que se encontrava por debaixo dos elétrodos, e em redor dos mesmos, ia ficando mais vermelha no decorrer de cada sessão.

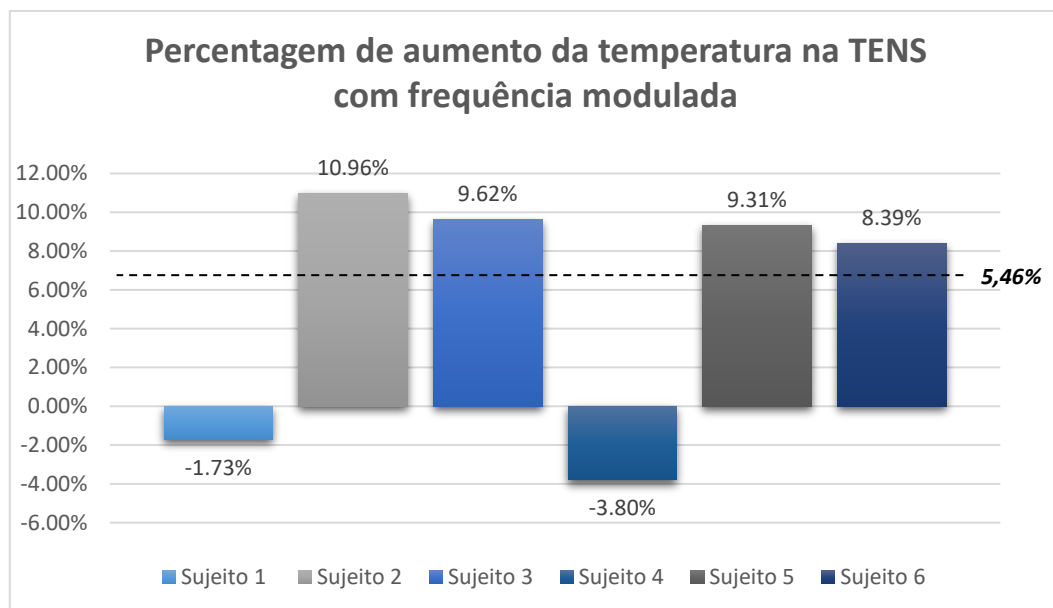


Figura 46 – Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS com frequência modulada.

Observando o gráfico da Figura 46 podemos verificar que nem em todos os casos a temperatura no final se registou mais elevada que aquela que foi registada no início da sessão. Em dois dos sujeitos do estudo a temperatura não aumentou e nos restantes a temperatura aumentou em percentagens bastante idênticas. Conclui-se que a percentagem média de aumento da temperatura neste tipo de TENS é de 5,46%.

A possível justificação para que a temperatura em dois dos sujeitos do estudo não tenha aumentado poderá ser devido ao facto de estes terem vindo da rua a caminhar, com a temperatura corporal aumentada e depois, durante a realização da sessão de TENS, terem estado imóveis, tendo a temperatura corporal diminuído naturalmente. Outra possível justificação poderá ser um erro de medição, ou seja, a medição pode não ter sido feita exatamente no mesmo alvo.

Através do questionário preenchido pelos sujeitos no final da sessão, conseguiu-se averiguar que cinco dos sujeitos não sentiu qualquer tipo de dor, assinalaram na escala numérica o número 0, e um sujeito assinalou o número 1. As respostas à avaliação subjetiva foram dispersas, três sujeitos não sentiram nenhuma alteração, um apenas sentiu um aumento da temperatura e os outros dois sujeitos apenas sentiram um ligeiro formigueiro.

9.4.3. TENS com largura de pulso modulada

Na TENS com largura de pulso modulada, os sujeitos foram expostos a correntes com uma frequência de 80 Hz, com uma largura de pulso variável entre 70 a 180 μ s, num período de 30

minutos. As Figuras 47, 48, 49, 50, 51 e 52 correspondem às medições feitas aos sujeitos durante a sessão. A letra A corresponde à medição feita no início dos testes, a B aos primeiros 5 minutos, a C aos 10 minutos, a D aos 15 minutos, a E aos 20 minutos, a F aos 25 minutos e a G no final do teste.

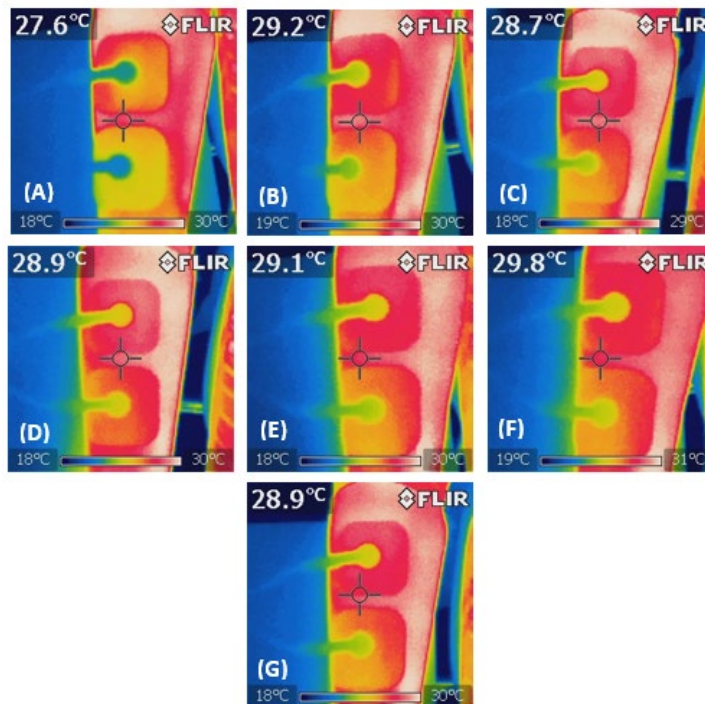


Figura 47 – TENS com largura de pulso modulada no sujeito 1.

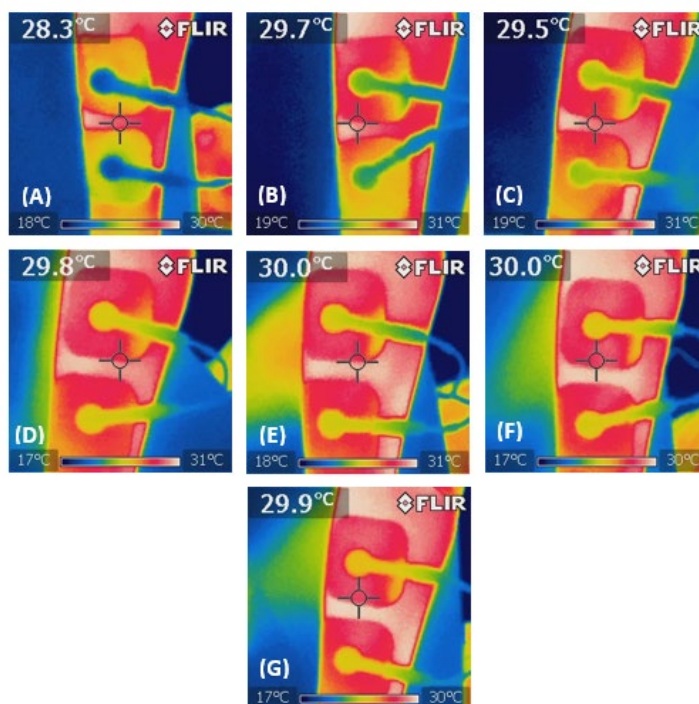


Figura 48 – TENS com largura de pulso modulada no sujeito 2.

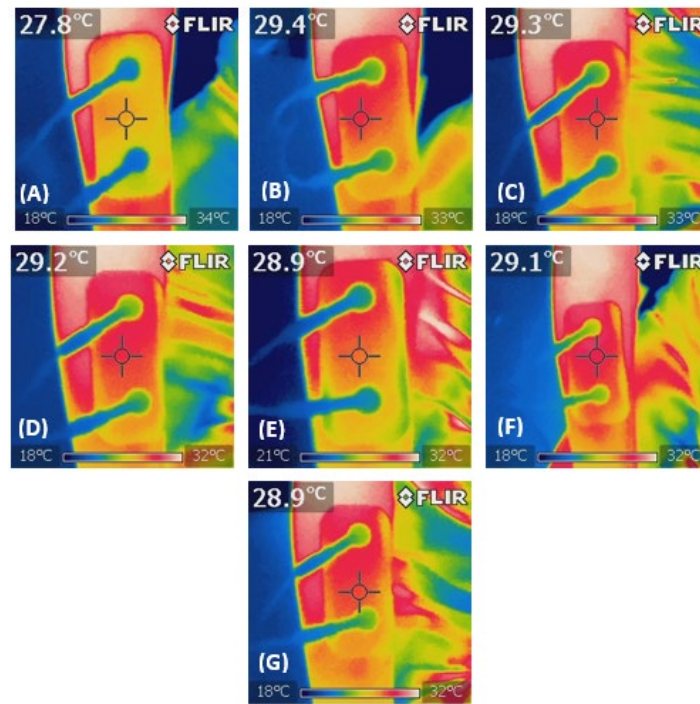


Figura 49 – TENS com largura de pulso modulada no sujeito 3.

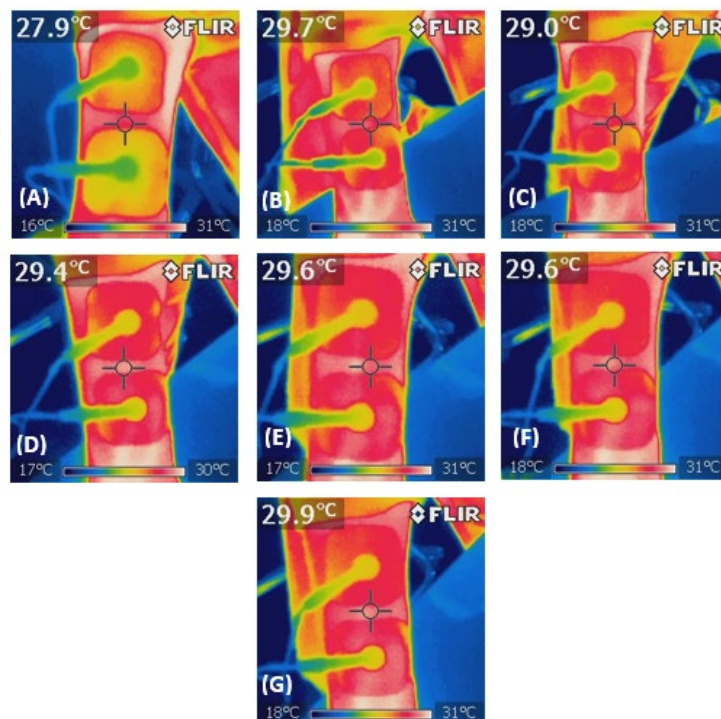


Figura 50 – TENS com largura de pulso modulada no sujeito 4

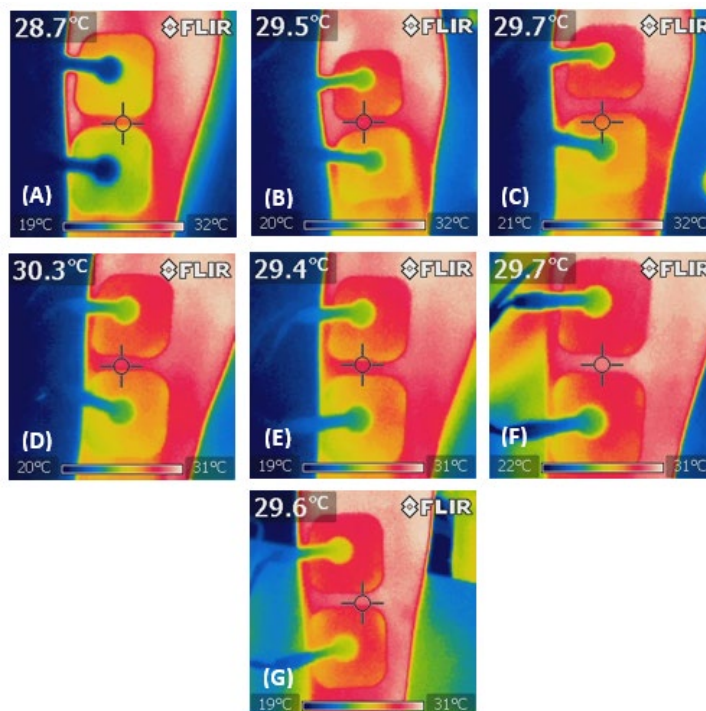


Figura 51 – TENS com largura de pulso modulada no sujeito 5.

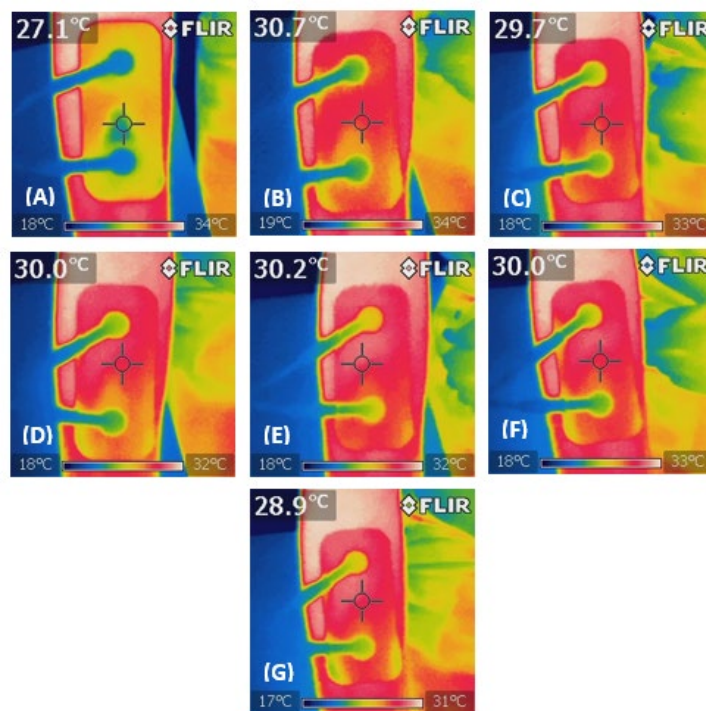


Figura 52 – TENS com largura de pulso modulada no sujeito 6.

Com base nos valores de temperatura indicados nas Figuras 47, 48, 49, 50, 51 e 52, construiu-se o gráfico da Figura 53, com a percentagem de aumento da temperatura. Fazendo uma avaliação

subjetiva, podemos ver nas figuras a diferença de cor na área que se encontra por debaixo dos eletrodos, e em redor dos mesmos, que vai ficando mais avermelhada no decorrer de cada sessão.

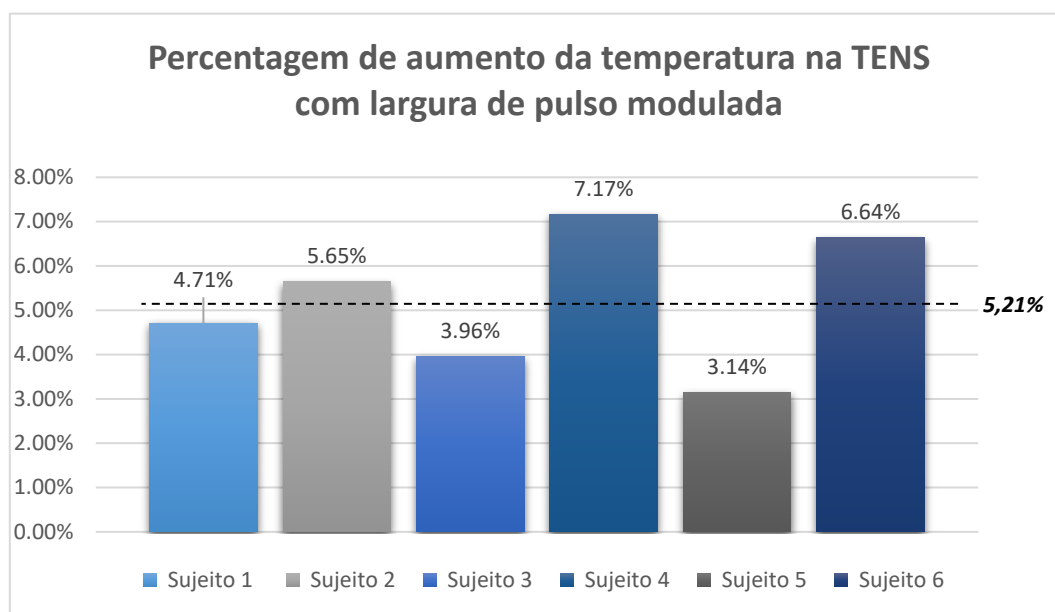


Figura 53 – Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS com largura de pulso modulada.

Estudando o gráfico da Figura 53, podemos ver que na TENS com largura de pulso modulada se registou em todos os sujeitos um aumento de temperatura, em média de 5,21%.

Avaliando o questionário preenchido pelos sujeitos no final da sessão, quatro sujeitos assinalaram na escala numérica o número 0, e dois sujeitos o número 1. A avaliação subjetiva feita pelos sujeitos foi bastante variada, dois dos sujeitos não sentiram nenhuma alteração, dois sentiram um aumento da temperatura, um sentiu um ligeiro formigueiro e outro sentiu um aumento da temperatura em conjunto com um ligeiro formigueiro.

9.4.4. TENS endorfinica

A TENS endorfinica tem como objetivo provocar um aumento da produção de endorfinas e para tal foi usada uma largura de pulso de 200 μ s e uma frequência de 5 Hz, com uma duração de 20 minutos. As Figuras 54, 55, 56, 57, 58 e 59 correspondem às medições feitas aos sujeitos durante o teste. A letra A corresponde à medição feita no início dos testes, a B aos primeiros 5 minutos, a C aos 10 minutos, a D aos 15 minutos e a E no final do teste.

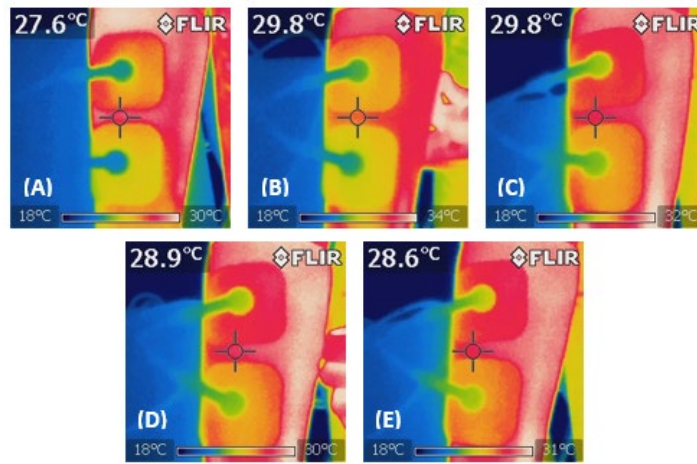


Figura 54 – TENS endorfinica no sujeito 1.

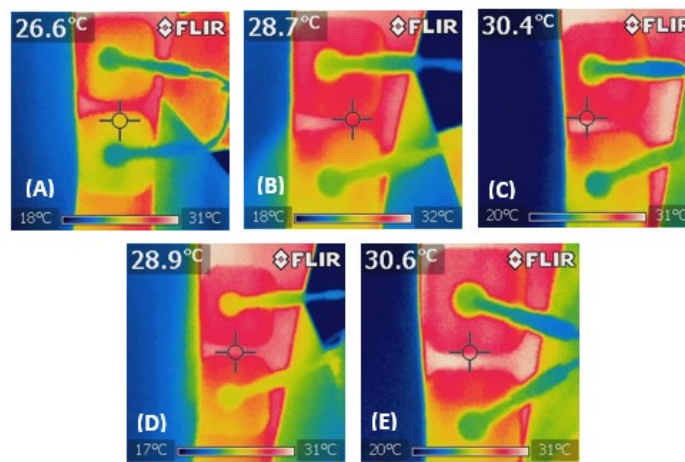


Figura 55 – TENS endorfinica no sujeito 2.

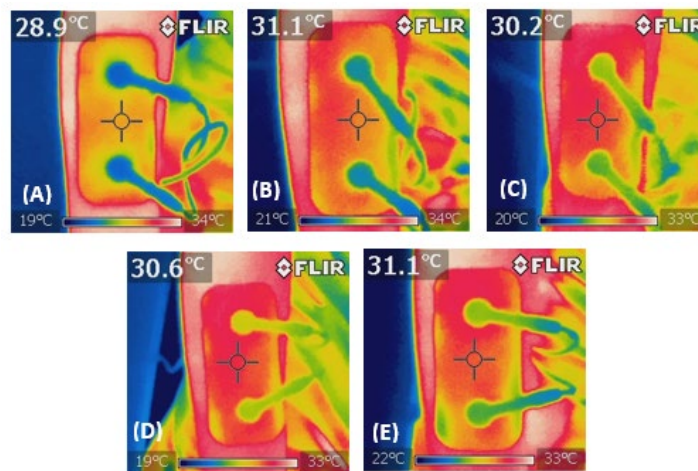


Figura 56 – TENS endorfinica no sujeito 3.

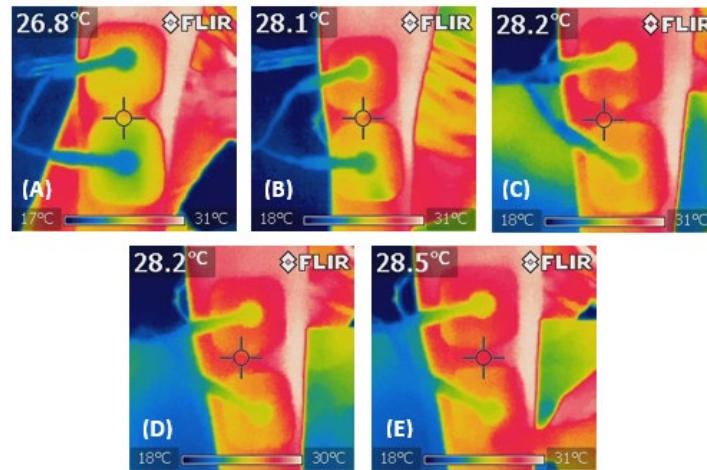


Figura 57 – TENS endorfinica no sujeito 4.

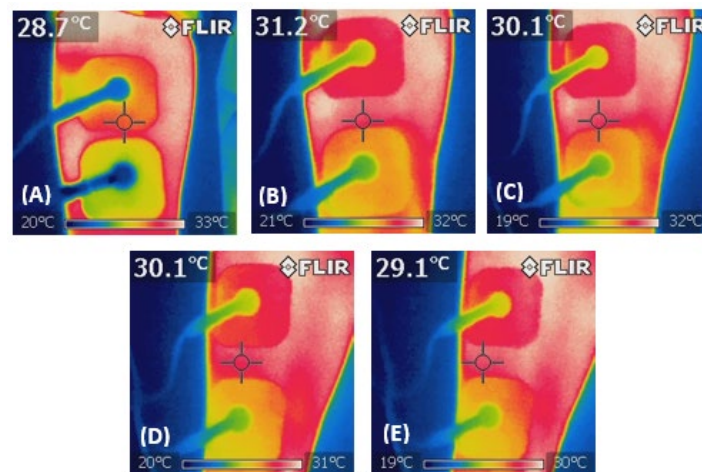


Figura 58 – TENS endorfinica no sujeito 5.

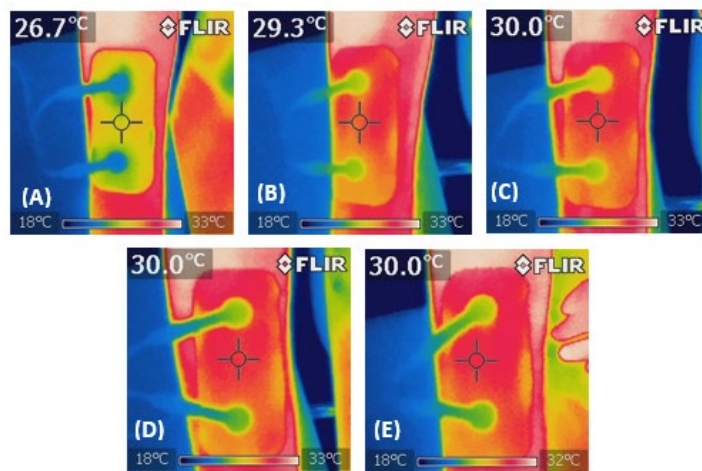


Figura 59 – TENS endorfinica no sujeito 6.

Com base nos valores de temperatura indicados nas Figuras 54, 55, 56, 57, 58 e 59 foi possível construir o gráfico da Figura 60 com a percentagem de aumento da temperatura, tendo como comparação a temperatura inicial e a final de cada sessão. Fazendo uma avaliação subjetiva das figuras mencionadas, consegue-se novamente observar na região que se encontra por debaixo dos eletrodos, e em redor dos mesmos, um aumento gradual da cor vermelha.

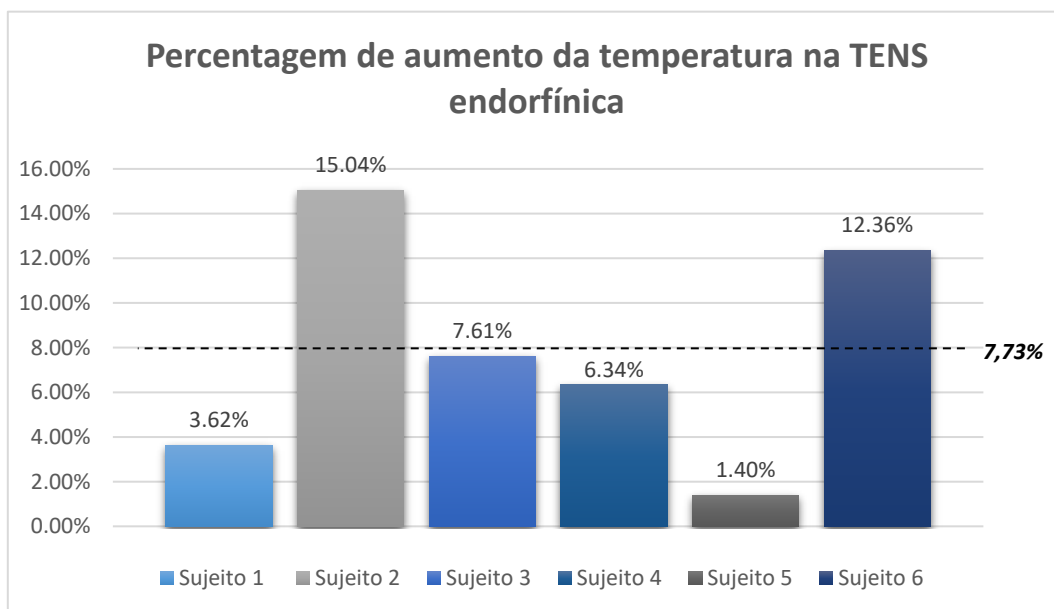


Figura 60 – Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS endorfinica.

Avaliando o gráfico da Figura 60, podemos verificar um aumento da temperatura em todos os sujeitos no decorrer na sessão, em média 7.73%, no entanto em dois deles o aumento foi mais significativo, um de 15.04% e outro de 12.36%.

Através do questionário preenchido pelos sujeitos no final da sessão, constatou-se que seis dos sujeitos não sentiu qualquer tipo de dor, assinalaram na escala numérica o número 0. As respostas à avaliação subjetiva foram bastante diferentes, dois dos sujeitos não sentiram nenhuma alteração, um sentiu um ligeiro formigueiro, um sentiu um aumento da temperatura, um sentiu uma ligeira contração muscular e outro dos sujeitos sentiu um aumento da temperatura em conjunto com formigueiro.

9.4.5. TENS burst

Na TENS burst os sujeitos foram expostos a uma frequência de 2 Hz, com 2 rajadas de pulsos por segundo com uma frequência interna de 80 Hz e a uma largura de pulso de 180 µs por 20 minutos. As Figuras 61, 62, 63, 64, 65 e 66 correspondem às medições feitas aos sujeitos durante o teste. A

letra A corresponde à medição feita no início dos testes, a B aos primeiros 5 minutos, a C aos 10 minutos, a D aos 15 minutos e a E no final do teste.

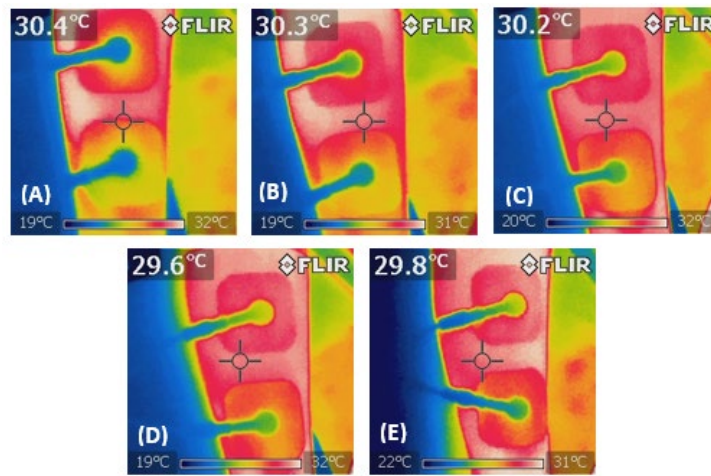


Figura 61 – TENS *burst* no sujeito 1.

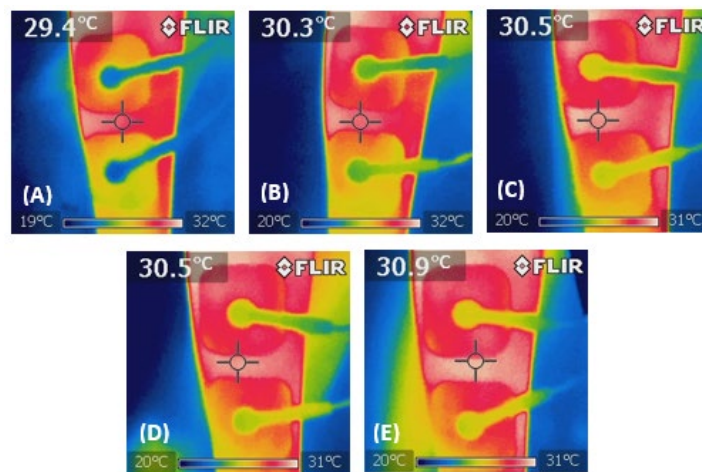


Figura 62 – TENS *burst* no sujeito 2.

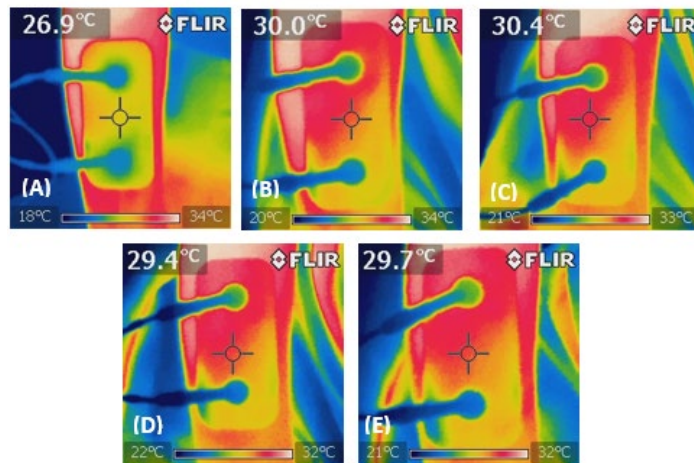


Figura 63 – TENS *burst* no sujeito 3.

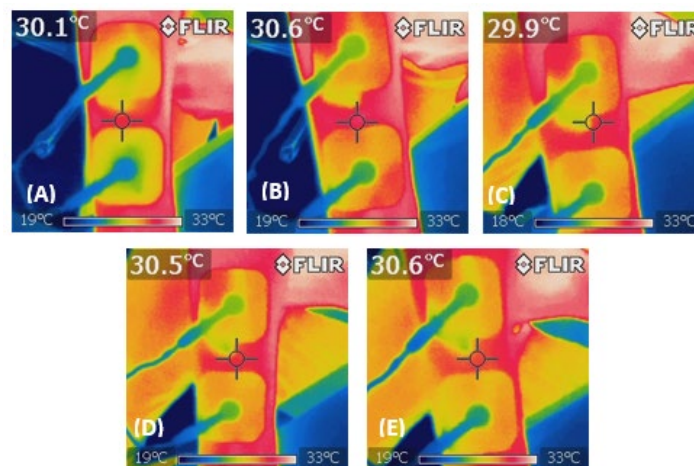


Figura 64 – TENS *burst* no sujeito 4.

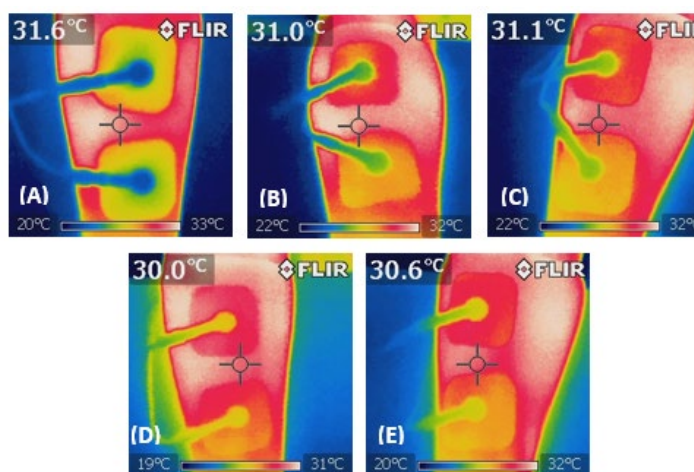


Figura 65 – TENS *burst* no sujeito 5.

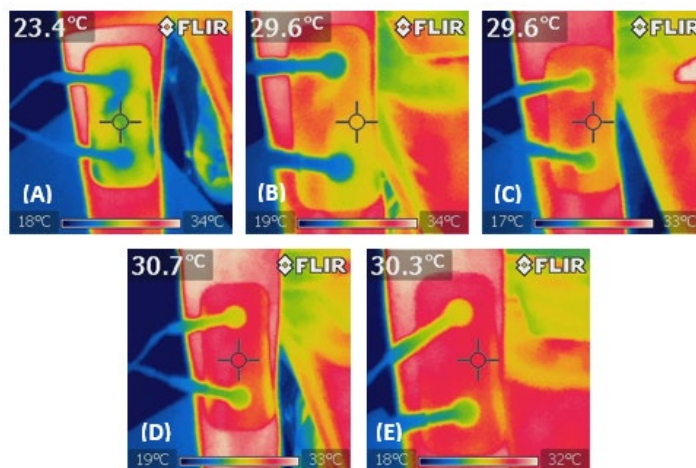


Figura 66 – TENS *burst* no sujeito 6.

Com base nas Figuras 61, 62, 63, 64, 65 e 66 obtemos o gráfico da Figura 46 com a percentagem de aumento da temperatura, tendo como comparação a temperatura inicial e a final de cada sessão. Fazendo novamente uma avaliação subjetiva das figuras mencionadas, verifica-se que a área que se encontra por debaixo dos elétrodos, e em redor dos mesmos, ficou mais vermelha no decorrer da sessão.

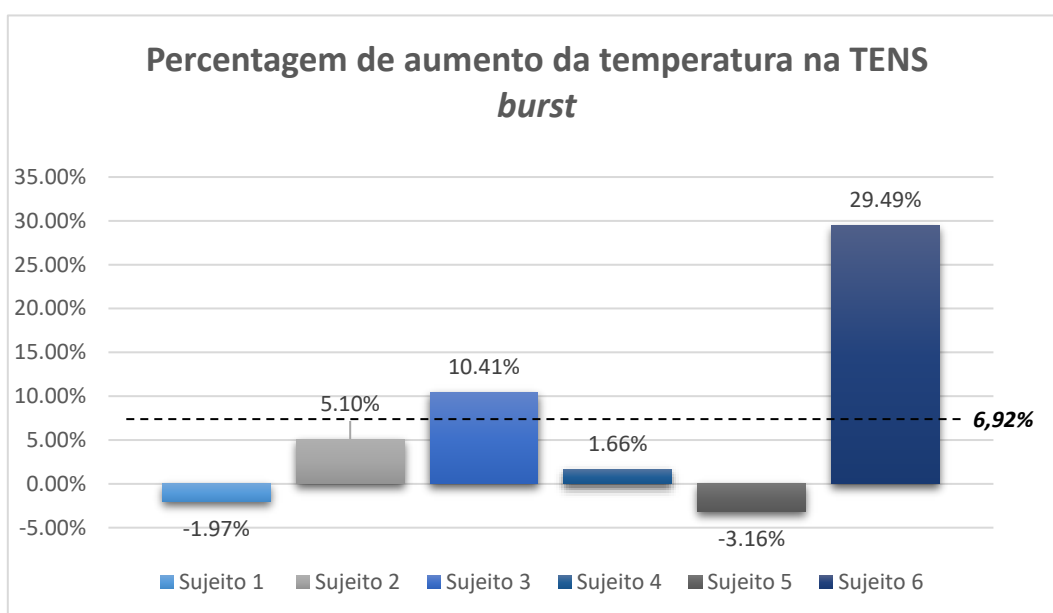


Figura 67– Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS *burst*.

Analisando o gráfico da Figura 67, podemos observar que os resultados foram muito diferentes em todos os sujeitos, em dois deles a temperatura final não aumentou em relação à inicial, num dos sujeitos registou-se um elevado aumento da temperatura, 29,49%, e nos restantes também se observou um aumento da temperatura, mas não tão elevado. Conclui-se que a percentagem média de aumento da temperatura neste tipo de TENS é de 6.92%.

Através do questionário preenchido pelos sujeitos no final da sessão, conseguiu-se inquirir que cinco dos sujeitos não sentiu qualquer tipo de dor, assinalaram na escala numérica o número 0, e um sujeito assinalou o número 1. Nas respostas à avaliação subjetiva, cinco dos sujeitos não sentiram nenhuma alteração, e apenas um sentiu um aumento da temperatura e um ligeiro formigueiro.

9.4.6. TENS *burst* alternado

Na sessão de TENS *burst* alternado os sujeitos foram expostos a frequências de estimulação que variavam a cada 3 segundos, produzindo uma estimulação combinada de 80 Hz e 2 Hz, com uma largura de pulso de 180 μ s, num período de 30 minutos. As Figuras 68, 69, 70, 71, 72 e 73 correspondem às medições feitas aos sujeitos durante o teste. A letra A corresponde à medição feita no início dos testes, a B aos primeiros 5 minutos, a C aos 10 minutos, a D aos 15 minutos, a E aos 20 minutos, a F aos 25 minutos e a G no final do teste.

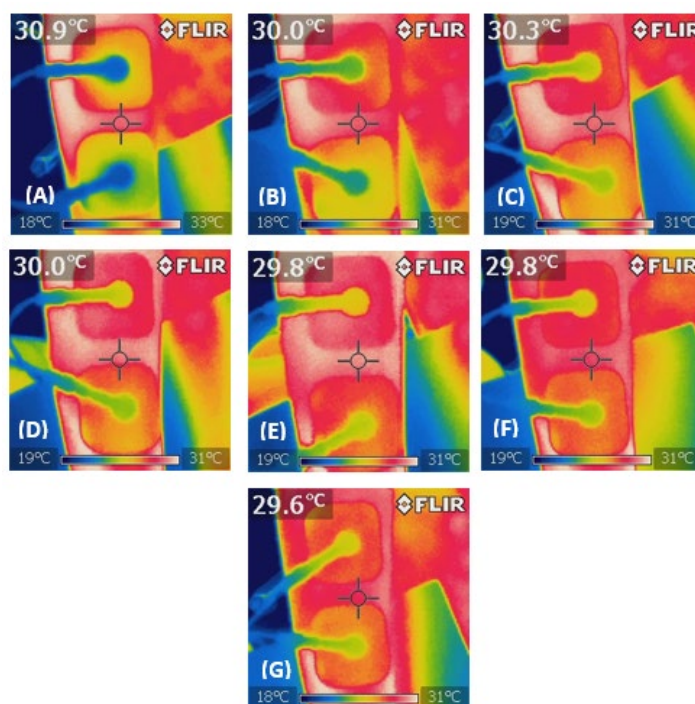


Figura 68 – TENS *burst* alternado no sujeito 1.

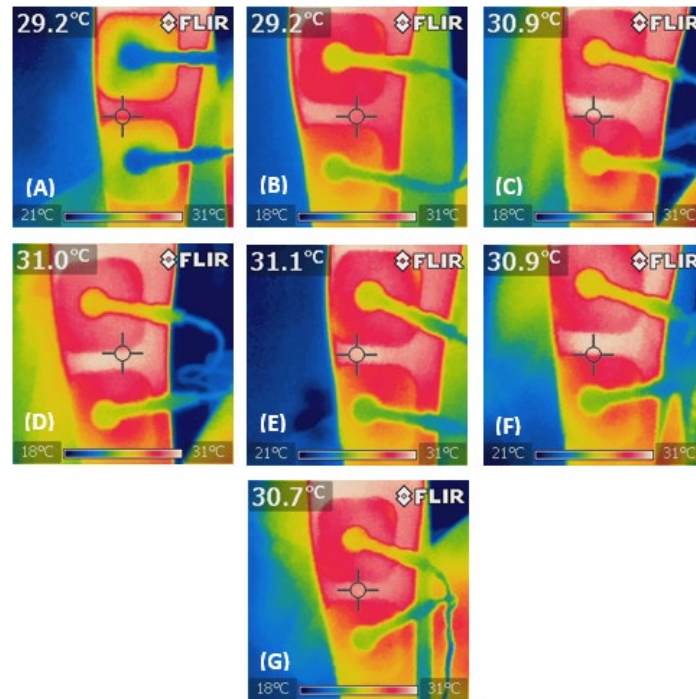


Figura 69 – TENS *burst* alternado no sujeito 2.

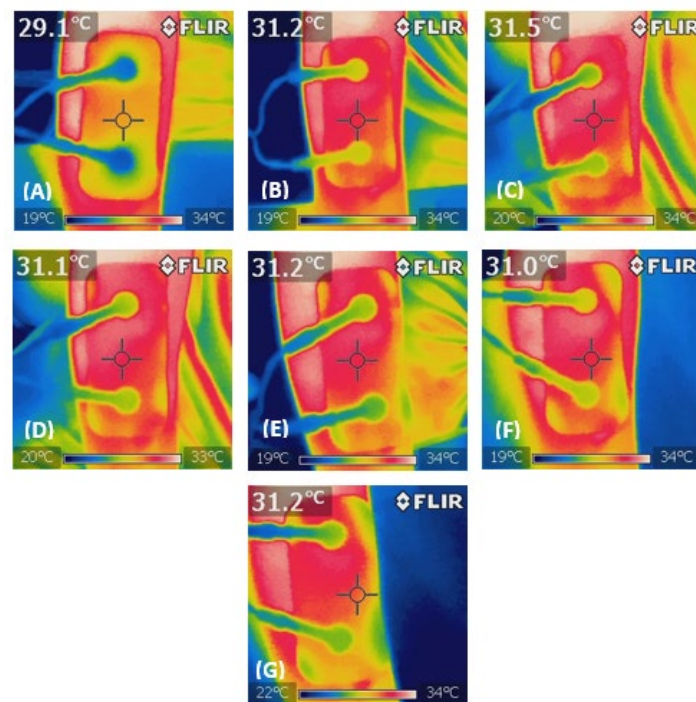


Figura 70 – TENS *burst* alternado no sujeito 3.

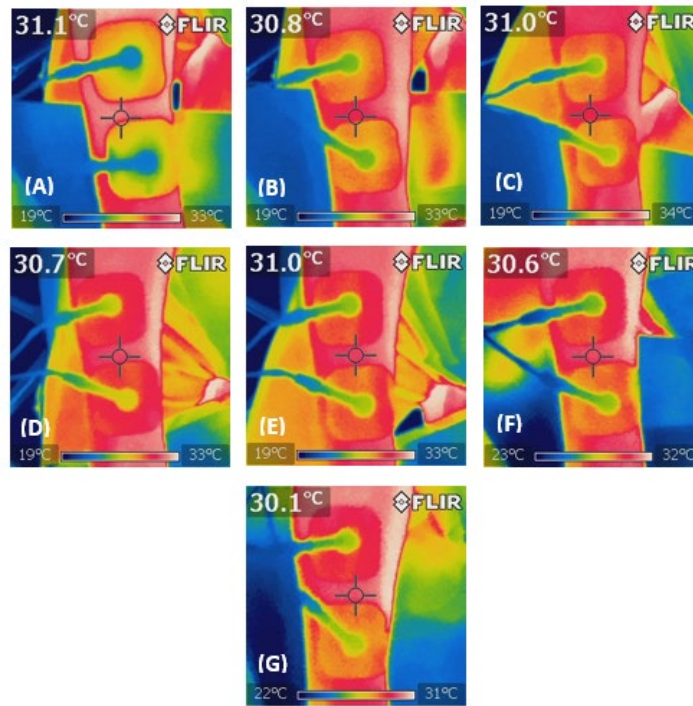


Figura 71 – TENS *burst* alternado no sujeito 4.

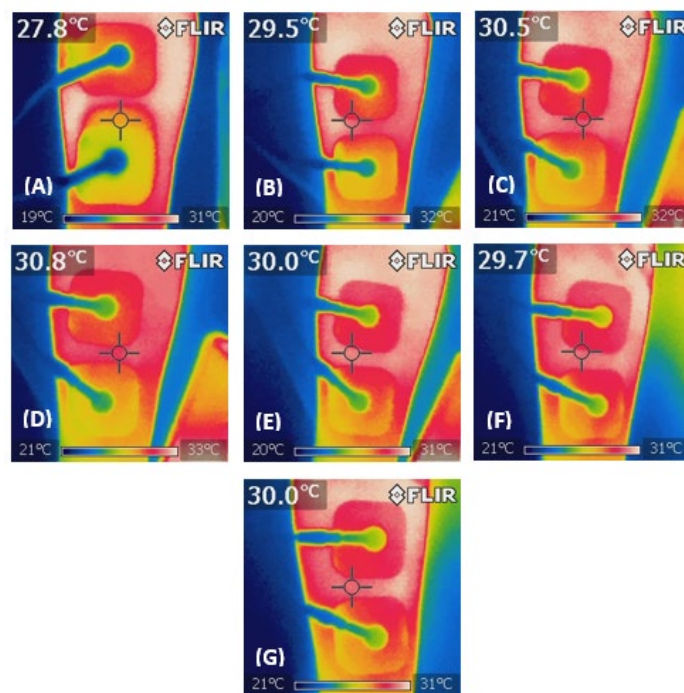


Figura 72 – TENS *burst* alternado no sujeito 5.

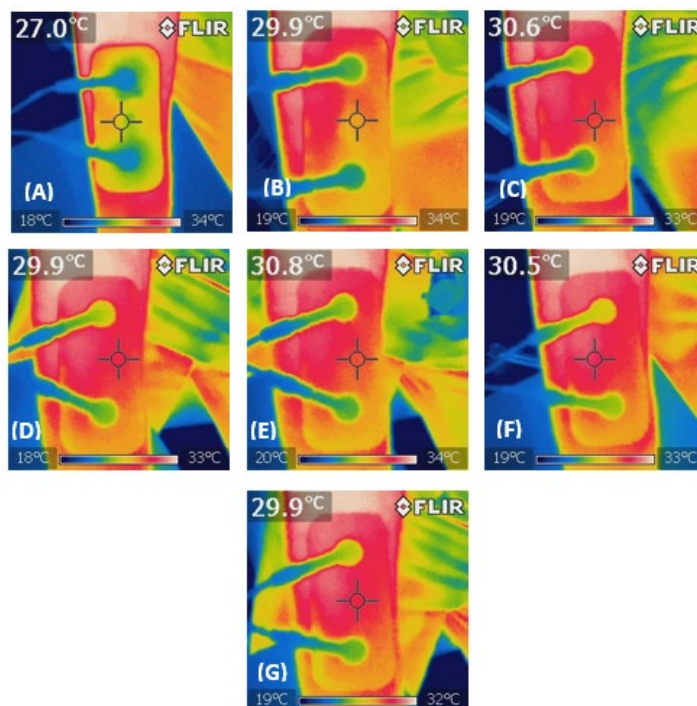


Figura 73 – TENS *burst* alternado no sujeito 6.

Com base nos valores de temperatura indicados nas Figuras 68, 69, 70, 71, 72 e 73 obteve-se o gráfico da Figura 74 com a percentagem de aumento da temperatura. Fazendo uma avaliação subjetiva das figuras mencionadas, consegue-se mais uma vez provar que a área que se encontra por debaixo dos elétrodos, e em redor dos mesmos, ficou mais vermelha no decorrer das sessões.

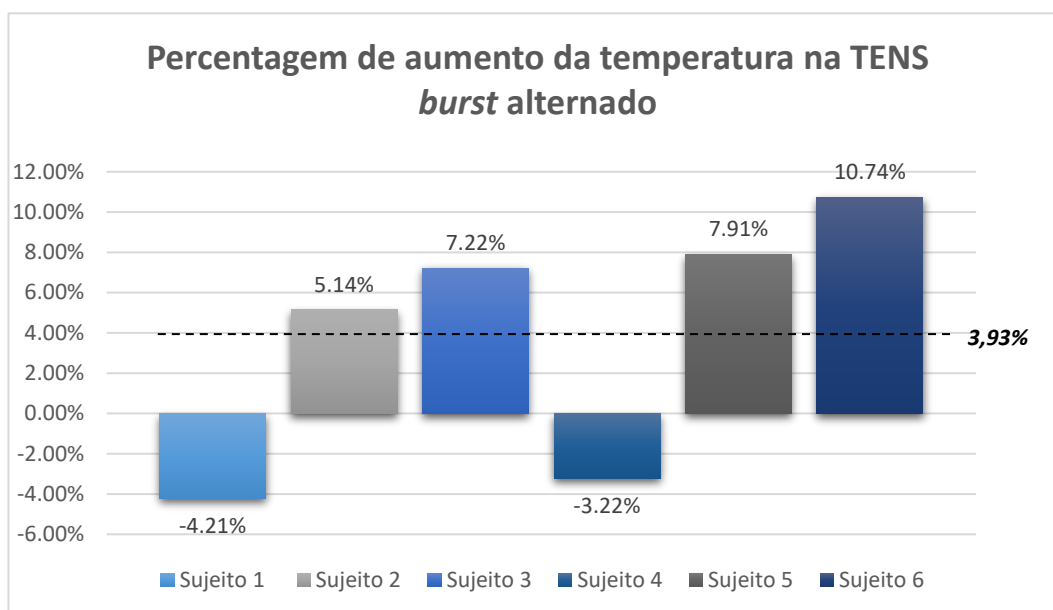


Figura 74 – Gráfico da percentagem de aumento da temperatura na TENS *burst* alternado.

Observando o gráfico da Figura 74, podemos dizer que a temperatura não aumentou em dois sujeitos, e aumentou nos restantes, dando em média um aumento da temperatura de 3.93%.

Através do questionário preenchido pelos sujeitos no final da sessão, conseguiu-se apurar que cinco dos sujeitos não sentiu qualquer tipo de dor, assinalaram na escala numérica o número 0, e um sujeito assinalou o número 1. Nas respostas à avaliação subjetiva, quatro sujeitos não sentiram nenhuma alteração, um apenas sentiu um aumento a temperatura e o outro sujeito apenas sentiu um ligeiro formigueiro.

De forma a comparar o aumento da temperatura nos diferentes tipos de TENS, construiu-se o gráfico da Figura 75, com o aumento médio de temperatura para cada um dos tipos, sendo a média de aumento para todos os tipos de TENS de 6.16%. Podemos afirmar que onde se registou um maior aumento da temperatura foi na TENS endorfnica e na TENS de 100 Hz. E onde se registou um menor aumento da temperatura foi na TENS *burst* alternado. A Figura 76 mostra o gráfico com a avaliação de dor feita a todos os sujeitos para todos os tipos de TENS.

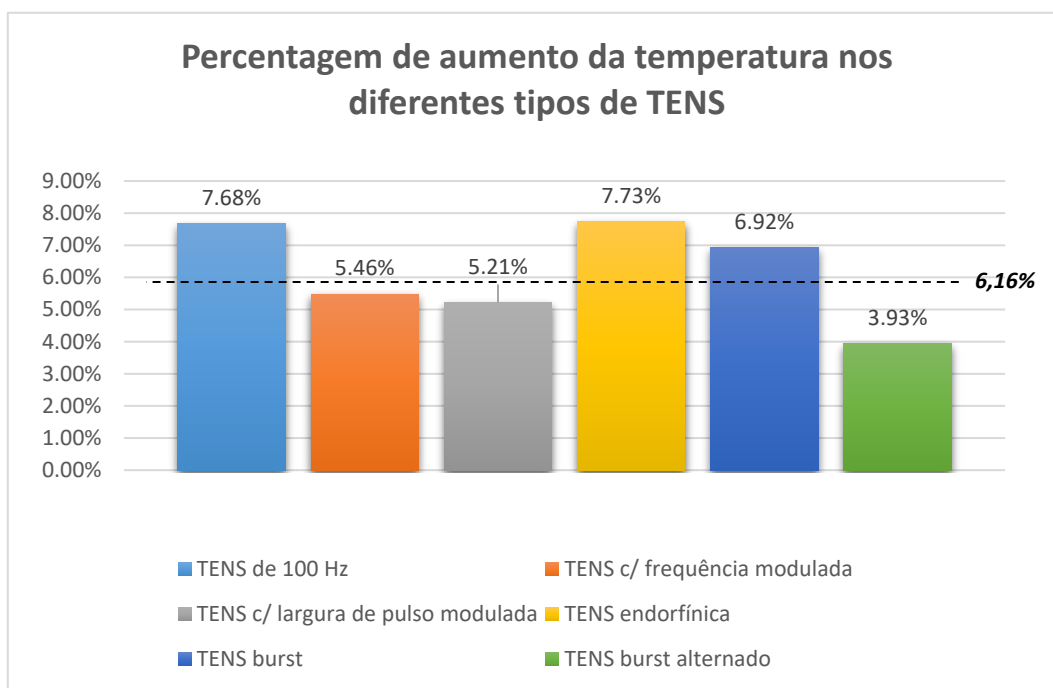


Figura 75– Gráfico da percentagem de aumento da temperatura nos diferentes tipos de TENS.

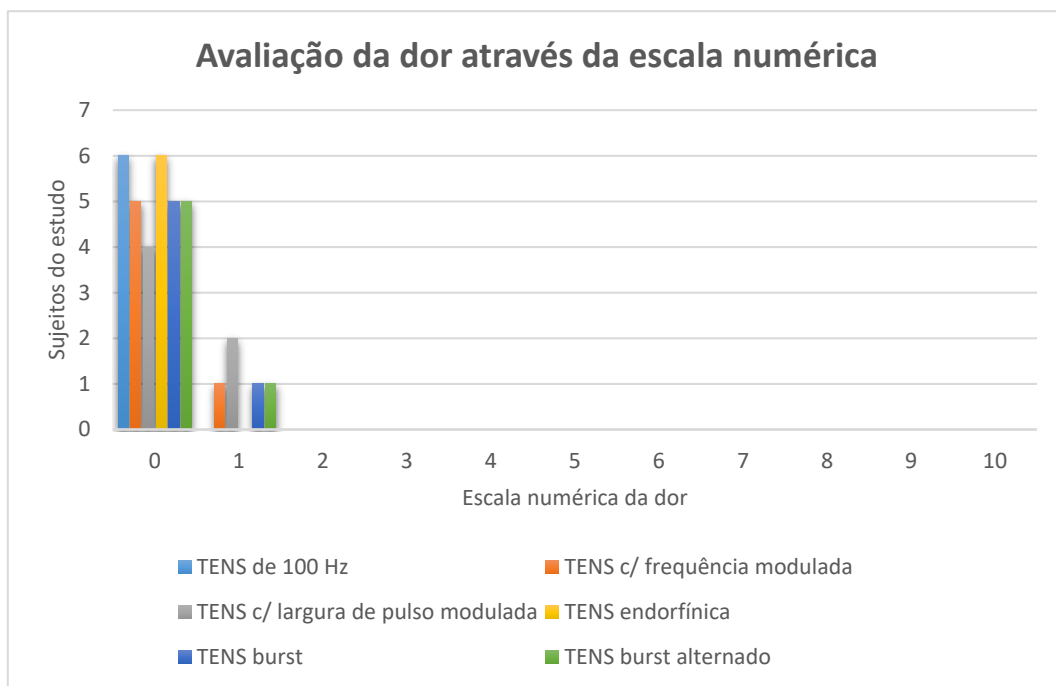


Figura 76 – Gráfico da avaliação da dor feita aos sujeitos em todos os tipos de TENS.

Observando o gráfico da Figura 76, podemos afirmar que em todos os tipos de TENS experimentados nenhum deles pode ser considerado doloroso, dado que as respostas dadas pelos sujeitos foram bastante claras, uma vez que maioritariamente a resposta dada foi o número 0, sem dor, e em alguns casos o número 1 da escala numérica.

Na TENS de 100 Hz e na TENS endorfinica, as respostas da avaliação de dor dadas foram 100% para o número 0 da escala numérica. Na TENS com frequência modulada, na TENS *burst* e na TENS *burst* alternado 83.33% dos sujeitos escolheu o número 0 na escala numérica e apenas 16.67% escolheu o número 1 na escala numérica. Na TENS com largura de pulso modulada 66.67% dos sujeitos escolheu o número 0 na escala numérica e 33.33% escolheu o número 1 na escala numérica.

A Figura 77 mostra o gráfico com a avaliação subjetiva de sensações ocorridas durante a aplicação dos diferentes tipos de TENS.

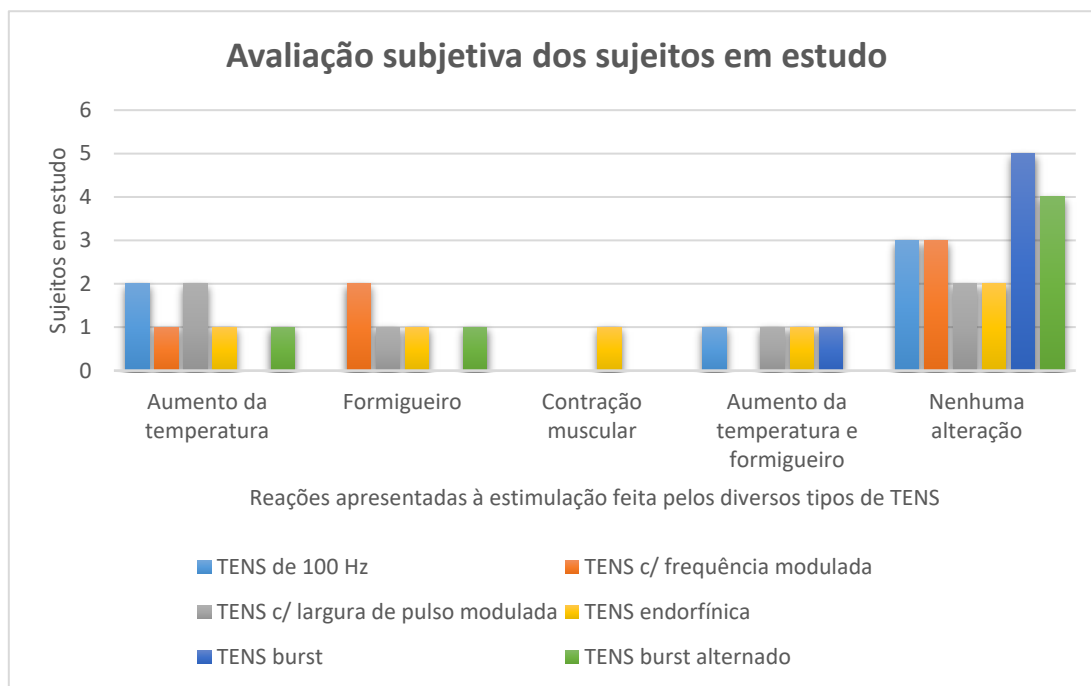


Figura 77 – Gráfico da avaliação subjetiva feita pelos sujeitos em todos os tipos de TENS.

Analisando o gráfico da Figura 77, podemos ver que as respostas foram bastante diferentes em quase todos os tipos de TENS. Na TENS de 100 Hz, 50% dos sujeitos não sentiram nenhuma alteração, 33.33% dos sujeitos sentiu apenas um aumento de temperatura na região onde estavam colocados os elétrodos e 16.67% dos sujeitos sentiu um aumento da temperatura em conjunto com um ligeiro formigueliro.

Na TENS endorfinica, as respostas foram bastante dispersas, dado que 33.33% dos sujeitos não sentiu qualquer alteração, 16.67% dos sujeitos sentiu apenas um aumento da temperatura, 16.67% dos sujeitos um ligeiro formigueliro, 16.67% dos sujeitos teve contração muscular e 16.67% dos sujeitos sentiu um aumento da temperatura em combinação com um ligeiro formigueliro.

Na TENS com frequência modulada, 50% dos sujeitos não sentiu nenhuma alteração, 33.33% dos sujeitos sentiu apenas um ligeiro formigueliro e 16,67% um aumento de temperatura.

Na TENS *burst*, os resultados foram mais unânimes, dado que 83.33% dos sujeitos não sentiu nenhuma alteração e apenas 16.67% sentiu um aumento da temperatura na zona onde estavam colocados os elétrodos.

Na TENS *burst* alternado, 66.66% dos sujeitos não sentiu nenhuma alteração, apenas 16.67% sentiu um aumento da temperatura e 16.67% teve um ligeiro formigueliro.

Na TENS com largura de pulso modulada, as respostas também foram bastante diferentes umas das outras, 33.33% dos sujeitos não sentiu nenhuma alteração, 33.33% sentiu um aumento da temperatura, 16.67% sentiu um ligeiro formigueliro e 16.67% sentiu um aumento da temperatura em conjunto com um ligeiro formigueliro.

10. Conclusão

Com este trabalho podemos concluir que após a administração dos diferentes tipos de TENS, através do estimulador Chattanooga Physio, que a TENS pode ser considerada indolor, dado que em todos os casos os sujeitos não sentiram dor.

A avaliação subjetiva feita pelos sujeitos do presente estudo foi dispersa. Na TENS *burst* e na TENS *burst* alternado, a maioria dos sujeitos não sentiram nenhuma alteração no decorrer das sessões de TENS. Contrariamente, na TENS endorfinica e na TENS com largura de pulso modulada mais de metade dos sujeitos manifestarem algum tipo de alteração.

Os resultados do presente estudo também concluíram que com a TENS a temperatura da região que se encontrava por debaixo dos elétrodos ia ficando mais avermelhada com o decorrer das sessões. Tendo em conta os vários tipos de TENS do estudo, a temperatura aumentou em média 6.16%. Dado que, onde se registou um maior aumento da temperatura foi na TENS endorfinica e na TENS de 100 Hz de, 7.73% e 7,68%, respetivamente. E onde se registou um menor aumento da temperatura foi na TENS *burst* alternado de, 3.93%.

Referências

- [1] - Lopes, L. (n.d.). A aplicação da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) e seus principais riscos e contraindicações. Trabalho de pós-graduação em Ortopedia e Traumatologia com ênfase em terapia manual. 12pp.
- [2] - Johnson, M. (2007). Transcutaneous electrical nerve stimulation : mechanisms, clinical application and evidence. *Reviews in Pain*, 1(1), 7–11.
- [3] - Camilo, F. M. (2014). Proposta de novo método de aplicação da TENS e eficácia clínica em mulheres com dismenorreia primária: Estudo controlo randomizado duplo cego. Tese de doutoramento em Biotecnologia. Universidade Federal de São Carlos. 111pp.
- [4] - Inês Vasconcellos Furtado, M. (2019). Redes Neurais Artificiais: Uma Abordagem Para Sala de Aula. In Atena Editora.
- [5] - Velloso, J. B. (2007). Sistema para estimulação elétrica funcional (FES-PEB). Tese de mestrado em Engenharia Biomédica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 152pp.
- [6] - Carvalho, C. da C. (2014). Efeito da estimulação transcraniana com corrente DC na excitabilidade cortical. Universidade de Lisboa.
- [7] - Frontera, W. R., Campus, M. S., & Ochala, J. (2014). Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function *Skeletal Muscle . Calcified tissue international*. 96.
- [8] - Smith BH. Chronic Pain in Primary Care. *Fam Pract*. 1999; 16(5):475-82.
- [9] - Villanova, V. H., Fornazari, L. P., & Deon, K. C. (2013). Estimulação elétrica nervosa transcutânea como coadjuvante no manejo da dor oncológica. *Revista Inspirar Movimento & Saúde*, 6, 28–33.
- [10] - Marquete, D. C. (2013). Dor - Teorias da dor e Teoria das “Comportas da Dor.” <https://www.diegomarquete.com/teorias-da-comporta-da-dor>
- [11] - Horn, S., & Munafò, M. (1997). *Pain:Theory,Research and Intervention*. Open University Press.
- [12] - Reis, R. de A. (2015). Mecanismos dopaminérgicos envolvidos na antinocicepção mediada pela substância cinzenta periaquedutal em ratos. Tese de mestrado em Fisiologia. Universidade Federal do Paraná.
- [13] - Melzack, R., & Wall, P. D. (1965). Pain mechanisms:A new theory. *Science*, 150, 971–979.
- [14] - Cunha, A. R. F. (2017). Qualidade de vida e funcionamento sexual em indivíduos com dor crónica. Tese de mestrado em Psicologia. Faculdade de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Fernando Pessoa.114pp.

- [15] - Garcez, P. de A. (2016). Efeito da TENS associada ao exercício na doença de Parkinson: ensaio clínico randomizado. Tese de mestrado em Ciências da Saúde. Universidade Federal de Sergipe. 65pp.
- [16] - Ciqueleiro, R. T., & Bertolin, G. R. F. (2012). Efeitos da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) modo burst sobre o limiar de dor induzida pela hipotermia local em indivíduos saudáveis. *Fiep Bulletin*, 82.
- [17] - Pena, R; Barbosa, LA; Ishikawa, N. (2008). Estimulação Elétrica Transcutânea do Nervo (TENS) na Dor Oncológica - uma Revisão da Literatura. *Revista Brasileira de Cancerologia*, 54, 193–199.
- [18] - Vance, C. G. T., Dailey, D. L., Rakel, B. A., & Sluka, K. A. (2014). Using TENS for pain control: the state of the evidence. *Pain Managemen*, 4, 197–209.
- [19] - Migotto, J. (2016). Eletroterapia. UNIASSELVI.
- [20] - Adel, R. V. den, & Luykx, R. H. J. (2005). Low and medium frequency electrotherapy. *Enraf Nonius*.
- [21] - Cheroto, A. de C., & Yamada, E. F. (2014). Efeito da TENS e da corrente interferencial na dor induzida pelo frio. *Revista Brasileira de Reabilitação e Atividade Física*, 3, 7–13.
- [22] - Fukuda, T. (2012). Tratado de Fisioterapia Hospitalar - Assistência Integral ao Paciente (Capítulo 31). Editora Atheneu, São Paulo.
- [23] - Martins, T. R., Jacinto, E. M., & Oliveira, B. de. (2015). Comparação entre a corrente russa e a FES no fortalecimento do músculo quadríceps de mulheres sedentárias. Trabalho de conclusão de curso de Fisioterapia. Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium.
- [24] - Agripino, M. E. de J. (2017). Efeito hipoalgésico da corrente alternada de média frequência em quilohertz (Aussie) em indivíduos saudáveis: ensaio clínico randomizado. Tese de mestrado em Ciências da Saúde. Universidade Federal de Sergipe. 66pp.
- [25] - Tribioli, R. A. (2003). Análise crítica atual sobre a TENS envolvendo parâmetros de estimulação para o controle da dor. Tese de mestrado em Bioengenharia. Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- [26] - Watson, T. (2016) Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation(TENS). Eletrotherapy on the web. Educational resources for pratitioners, students and educators: <http://www.electrotherapy.org/modality/transcutaneous-electrical-nerve-stimulation-tens>
- [27] - Guimarães, E. C. (2013). Ativação de Neurônios Encefálicos pela Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) em ratos. Tese de mestrado em Ciências Fisiológicas. Universidade Federal de Sergipe. 63pp.
- [28] - Morgan, C. R., & Santos, F. S. (2011). Estudo da estimulação elétrica nervosa transcutânea (TENS) nível sensório para efeito de analgesia em pacientes com osteoartrose de joelho. *Fisioterapia em movimento*, 24(4), 637–646.

- [29] - Machado, A. F. P., Santana, E. F., Tacani, P. M., & Liebano, R. E. (2012). The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on tissue repair: A literature review. *Canadian Journal of Plastic Surgery*, 20(4), 237–240.
- [30] - G, M. D. P., VR, M. D. P., RO, D., & K, M. (2006). Estimulação Elétrica Nervosa Transcutânea (TENS) no pós-operatório de cesariana. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 10, 219–224.
- [31] - Tonella, R. M., Araújo, S., & Da Silva, Á. M. O. (2006). Estimulação elétrica nervosa transcutânea no alívio da dor pós-operatória relacionada com procedimentos fisioterapêuticos em pacientes submetidos a intervenções cirúrgicas abdominais. *Revista Brasileira de Anestesiologia*, 56(6), 630–642.
- [32] - Ali, Z. T., & Salih, B. (2020). A comparative biophysical effectiveness between the therapeutic ultrasound waves (U/S) vs. transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in athletes with tendinitis. *The Medical Journal of Tikrit University*, 26, 39–46.
- [33] - Astokorki, A. H. Y., & Mauger, A. R. (2017). Transcutaneous electrical nerve stimulation reduces exercise-induced perceived pain and improves endurance exercise performance. *European Journal of Applied Physiology*, 117, 483–492.
- [34] - Basile, R. C. (2012). Metodologia de avaliação e análise de termografia em equinos. Trabalho de Iniciação Científica em Medicina Veterinária. Universidade Estadual Paulista. 102pp.
- [35] - Meira, L. F., Krueger, E., Neves, E. B., Nohama, P., & Souza, M. A. (2014). Termografia na Área Biomédica. *Pan American Journal of Medical Thermology*, 1(1), 31–41.
- [36] - Barreira, E. S. B. M. (2004). Aplicação da termografia ao estudo do comportamento hidrotérmico edifícios. Tese de mestrado em Construção de Edifícios. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 183pp.
- [37] - Roberto, J. V. B., & Souza, B. B. (2014). Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2(3), 73–84.
- [38] - Martinez, J. E., Grassi, D. C., & Marques, L. G. (2011). Análise da aplicabilidade de três instrumentos de avaliação de dor em distintas unidades de atendimento: ambulatório, enfermaria e urgência. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 51(4), 304–308.
- [39] - Ourique, A. S. S. (2015). Aplicação e avaliação de quatro escalas unidimensionais para avaliação da intensidade da dor em doentes que recorram à consulta da clínica universitária Egas Moniz. Tese de mestrado em medicina dentária. Instituto superior de ciência da saúde Egas Moniz. 82pp.
- [40] - Miguel, J. (2003). Direção Geral da Saúde, Circular Normativa nº9/DGCG de 14/6/2003. <https://www.dgs.pt/directrizes-da-dgs/normas-e-circulares-normativas/circular-normativa-n-9dgcg-de-14062003-pdf.aspx>.

[41] – Batalha, L. M. da C. (2016). Avaliação da Dor: Manual de estudo- versão 1, Escola Superior de Enfermagem de Coimbra.

[42] - Chattanooga. (2016). Rehab/Theta/Physio User Manual.