

Protótipos de Materiais didáticos Para Aulas Experimentais na Disciplina de Física na 11^a Classe do Ensino Geral em Angola

Gil Chiloia Joaquim José

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Eng.^a Eletromecânica
(2^o ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor André Ferreira Costa Vieira

Junho de 2022

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha esposa, Angelina José e ao meu filho, Daniel José, por constituírem o canal pelo qual, todo o suporte necessário ao desenvolvimento do mesmo foi providenciado, por Deus.

Agradecimentos

Ao chegar no final de uma etapa importante da minha vida, é muito importante agradecer a todos que ajudaram para chegar até aqui.

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela força, saúde e por todas as condições que proporcionou no sentido de tornar possível a presente dissertação.

Estou muito grato, à minha esposa, Angelina José e ao meu filho, Daniel José, que foram submetidos a grandes sacrifícios, uma vez que, tiveram que ajustar as suas vidas a um contexto que exigia, suportar as minhas ausências e adequar o orçamento às exigências financeiras da minha formação que consumia mais de 70% de todo o rendimento familiar.

À minha família: pais, sogros, irmãos e cunhados, pelo apoio incondicional que me foi prestado, destacando o Mano Zito, que se responsabilizou em trabalhar em meu lugar durante um ano completo, deixando todo o valor do ordenado a minha disposição para ajudar a pagar pelas diversas despesas relativas aos estudos, o meu muito obrigado.

Estou muito agradecido, aos meus amigos, com especial destaque a, Salomão Francisco, Adelino Handa e Abílio Cachuco, por seu apoio moral, espiritual e material, que foi fundamental para chegar a este feito.

Os meus agradecimentos se estendem aos meus colegas por todo apoio. E aos professores do curso de Mestrado em Engenharia Eletromecânica da UBI, que transmitiram os conhecimentos que permitiram chegar a este feito. Sem esquecer, o Senhor Nuno Santos, funcionário do FABLAB, por toda ajuda, na construção dos materiais.

Sou bastante grato, ao Professor Doutor André Ferreira da Costa Vieira, por ter apostado em mim, desde os primeiros momentos da caminhada académica na UBI e pelo seu empenho e dedicação em ajudar-me, no sentido de tornar possível a presente dissertação.

Resumo

Angola é um país potencialmente rico. Contrastando com esta realidade, faz parte da lista dos países mais pobres do mundo. O grande desafio que se coloca para uma circunscrição territorial nestas condições, é necessariamente transformar a riqueza potencial em riqueza real, para a realização das aspirações do seu povo. Para a concretização deste objetivo, a formação do homem, no sentido de adquirir conhecimentos, habilidades e valores, que o tornem num agente ativo para a transformação positiva da realidade que o cerca, parece ser o fator mais importante. Neste quadro, o ensino das ciências, entre elas, a Física, terá de ocupar um lugar de destaque.

Não obstante a importância que a Física representa para o desenvolvimento do país, o seu ensino enfrenta diversos desafios, entre eles, a baixa qualidade da formação dos professores e a ausência ou o baixo apetrechamento dos laboratórios.

Assim, o presente trabalho surge como uma contribuição para dar resposta ao problema ligado a realização de aulas experimentais na 11^a Classe, nas escolas do secundo ciclo do ensino secundário, nos diversos subtemas ligados a Mecânica, presentes no programa da disciplina, apresentando um leque de protocolos e materiais que podem ser utilizados em sala de aula.

Com o objetivo de Contribuir para melhorar o Processo de Ensino e Aprendizagem da Física na 11^a Classe em Angola, foram projetados e construídos materiais didáticos de apoio às aulas experimentais, com recurso a componentes de baixo custo disponíveis no mercado local e outras partes impressas numa impressora 3 D. Além disso, foram elaborados protocolos experimentais onde os materiais desenvolvidos foram incorporados, para seu uso em ambiente didático, para os subtemas A.2. Interações entre os corpos e A.3. movimento oscilatório. Os materiais desenvolvidos, podem ser replicados para qualquer escola desde que tenha uma impressora 3 D.

Palavras-chave

Materiais didáticos;protocolos experimentais;Ensino experimental da FísicaProcesso de ensino e aprendizagem;Angola

Abstract

Angola is a potentially rich country. Contrary to this reality, it is part of the list of the poorest countries in the world. The great challenge for a territorial circumscription in these conditions is necessarily to transform the potential wealth into real wealth, for the realization of the aspirations of its people. For the achievement of this objective, the formation of man, in order to acquire knowledge, skills and values, which make him an active agent for the positive transformation of the reality around him, seems to be the most important factor. In this context, the teaching of sciences, including physics, will have to occupy a prominent place.

Besides the importance that physics represents for the development of the country, its teaching faces several challenges, among them, the low quality of teacher training and the low equipment of laboratories.

Therefore, the present work emerges as a contribution to respond to the problem related to the performance of experimental classes in the 11th Class, in the schools of the 2nd cycle of secondary education, in the various subthemes related to Mechanics, in the program of the discipline, presenting protocols and materials that can be used in the classroom.

In order to contribute to improve the Teaching and Physics Process of Learning in the 11th Class in Angola, materials were developed to support the experimental classes, using low-cost components available in the local market and printed parts with the help of a 3D printer. Experimental protocols were elaborated in which the materials developed were incorporated, for their use in a didactic environment, for sub-themes A.2. Interactions between bodies and A.3. oscillatory movement. Developed materials can be replicated in any school if you have a 3D printer.

Keywords

Teaching materials;experimental protocols;Experimental physics teaching;Teaching and learning process;Angola

Índice

Capítulo 1	1
Introdução	1
1.1. Relevância e Enquadramento do Tema	1
1.2. Processo de Ensino e Aprendizagem (PEA)	2
1.3. Objetivos e contribuição da dissertação	3
1.4. Estrutura da Dissertação	3
Capítulo 2	5
Caracterização do Ensino da Física no 2º ciclo do Ensino Geral em Angola	5
2.1. Breve Descrição do Sistema de Educação Angolano	5
2.2. Um Olhar ao Currículo do Segundo Ciclo do Ensino Secundário	6
2.3. O Ensino da Física no II Ciclo do Ensino Secundário Angolano	8
2.3.1. Breve descrição do Programa de Física da 11ª Classe	8
2.4. Principais Deficiências que apresenta o Ensino da Física no Ensino secundário	10
Capítulo 3	12
Ensino Experimental da Física	12
3.1. O Professor e o ensino da Física	12
3.2. Importância do ensino experimental da Física	13
3.3. Tipos/Classificação das atividades experimentais	15
3.4. O uso de material de baixo custo	17
3.5. Protocolos experimentais	18
Capítulo 4	20
Materiais Projetados e Protocolos Experimentais Para a sua Utilização	20
4.1. Requisitos de Projeto	20
4.2. Balança de dois pratos apoiados	21
4.2.1. Verificação das condições de funcionamento	22
4.2.2. Experiência 1: Funcionamento de uma Balança de dois pratos apoiados	23
4.3. Dinamómetro	27
4.3.1. Verificação das condições de funcionamento	28
4.3.2. Experiência 2: trabalho com o dinamómetro	28
4.4. Pêndulo gravítico simples	31
4.4.1. Verificação das condições de funcionamento	32
4.4.2. Experiência 3: Cálculo do valor aproximado da aceleração da gravidade	34
4.5. Sistema de polis montadas em uma base	36

4.5.1. Equilíbrio dos corpos	36
4.5.2. Experiência 4: Aplicação da primeira lei de Newton	37
4.5.3. Transmissão por correia	40
4.5.4. Experiência 5: polias ligadas por correia	40
4.5.5. Sistema de roldanas para erguer pesos	43
4.5.6. Experiência 6: Levantamento de pesos usando sistema de roldanas	44
4.6. Sistema Mecânico	46
4.6.1. Verificação das condições de funcionamento	47
4.6.2. Experiência 7: Conversão do movimento circular em movimento oscilatório	51
4.6.2. Sistema de engrenagens	53
4.6.3. Experiência 8: Transmissão por engrenagens	54
4.7. Plano Inclinado	56
4.7.1. Verificação das condições de funcionamento	56
4.7.2. Experiência 9: o plano inclinado e a força de atrito	57
4.7.3. Experiência 10: Movimento de um corpo ao longo de um plano inclinado	60
4.7.4. Experiência 11: Levantamento de pesos usando um plano inclinado	61
4.8. Embraiagem	63
4.8.1. Verificação das condições de funcionamento	64
4.8.2. Experiência 12: Aplicação do atrito	65
Capítulo 5	67
Conclusões Gerais	67
5.1. Perspetivas para trabalhos futuros	68
Referências Bibliográficas	69
Anexo 1: Programa de Física da 11 ^a Classe	73
Anexo 2: Desenhos técnicos	82

Lista de Figuras

Figura 4.2.1: Balança de dois pratos apoiados.	21
Figura 4.2.2: Representação da viga na situação mais crítica	22
Figura 4.2.3: Esquema do braço principal na situação em que o embolo do braço secundário suspende uma dada massa e está afastado do centro.	24
Figura 4.3: Dinamómetro.....	27
Figura 4.4.1: Pêndulo gravítico simples.	32
Figura 4.4.2: Diagrama de forças que atuam sobre o pêndulo simples	34
Figura 4.4.3: Sistema de corpos em equilíbrio.	37
Figura 4.4.4: Diagrama de forças do sistema em equilíbrio.	38
Figura 4.4.5: Transmissão do movimento por correia.....	40
Figura 4.4.6: Movimento circular descrito por uma partícula.....	41
Figura 4.4.7: Transmissão do movimento circular por correia	42
Figura 4.4.8: Sistema de polias para levantar cargas pesadas.....	43
Figura 4.4.9: Esquema de uma roldana fixa	44
Figura 4.4.10: Esquema de uma roldana móvel	45
Figura 4.5.1: sistema mecânico.	47
Figura 4.5.2: Relação entre o movimento circular e o movimento oscilatório	51
Figura 4.5.3: Transmissão do movimento por engrenagens.....	53
Figura 4.5.4: Esquema de uma transmissão por engrenagens	54
Figura 4.6.1: Plano inclinado.	56
Figura 4.6.2: Diagrama de forças que atuam sobre um corpo em um plano inclinado..	58
Figura 4.6.3: Corpo sobre um plano inclinado.	60
Figura 4.6.4: Forças que atuam sobre um corpo que é levantado até a altura h , aplicando uma força vertical e usando um plano inclinado	62
Figura 4.7: Embraiagem.....	64

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Plano de estudos da área Ciências Físicas e Biológicas

Tabela 4.1: Dados relativos as peças do pêndulo elástico

Tabela 4.2: Valores dos parâmetros das engrenagens cilíndricas

Tabela 4.3: Valores dos parâmetros das engrenagens cónicas

Lista de Acrónimos

UBI	Universidade da Beira Interior
MED	Ministério da Educação
ISCED	Instituto Superior de Ciências da Educação
INIDE	Instituto Nacional de Investigação e Desenvolvimento da Educação
FABLAB	Laboratório de Fabricação
PEA	Processo de Ensino e Aprendizagem
MHS	Movimento Harmónico Simples
MCU	Movimento Circular Uniforme
PLA	Poliácido Láctico

Capítulo 1

Introdução

1.1. Relevância e Enquadramento do Tema

Angola é um país potencialmente rico. São imensos os recursos naturais que abundam no subsolo do território angolano, aliados a um solo rico para a agricultura, costa marítima vasta, boa quantidade de recursos hídricos e uma população maioritariamente jovem. Contrastando com esta realidade, este país faz parte da lista dos países mais pobres do mundo. O grande desafio que se coloca para uma circunscrição territorial nestas condições, é necessariamente transformar a riqueza potencial em riqueza real, para a realização das aspirações do seu povo.

Para a concretização deste objetivo, a formação do homem, no sentido de adquirir conhecimentos, habilidades e valores, que o tornem num agente ativo para a transformação positiva da realidade que o cerca, parece ser o fator mais importante. Neste quadro, o ensino das ciências, entre elas, a Física, tem de ocupar um lugar de destaque.

O Ensino da Física, a par do ensino da Matemática e outras ciências, no ensino secundário, é muito importante, para a qualificação dos profissionais necessários para o desenvolvimento de qualquer país. A Física, por exemplo, é uma disciplina basilar na formação de engenheiros, profissionais que tanta falta fazem ao desenvolvimento de Angola.

A Física influi consideravelmente sobre os mais variados ramos e setores da ciência, técnica e produção, sendo a sua importância para o desenvolvimento do país, bastante significativa. Mas, o ensino da mesma, enfrenta diversos desafios, entre eles, a baixa qualidade da formação dos professores e a ausência ou o baixo apetrechamento dos laboratórios. Em muitos casos, os conteúdos são lecionados, exclusivamente de forma teórica com base no livro de texto. A Física fica reduzida a assimilação de teorias e leis e na resolução de exercícios, estando ausente a realização de experiências de laboratório, ainda que, a importância da experimentação seja reconhecida para o processo de ensino e aprendizagem da Física, uma vez que, alia teoria à prática e possibilita o desenvolvimento da pesquisa e da problematização em sala de aula, despertando a curiosidade e o interesse do aluno.

Dentro do espírito de reinvenção que caracteriza o Professor (ou pelo menos devia caracterizar), o presente trabalho surge como uma contribuição para dar resposta ao problema ligado a realização de aulas experimentais na 11^a Classe, nas escolas do segundo ciclo do ensino secundário, nos diversos subtemas ligados à Mecânica Clássica, presentes no programa da disciplina, apresentando um leque de protocolos e materiais que podem ser utilizados em sala de aula.

1.2. Processo de Ensino e Aprendizagem (PEA)

O PEA, relaciona as complexas tarefas de ensinar, geralmente sob responsabilidade do professor, e de aprender, considerada como atividade do aluno. As definições dos conceitos, ensino e aprendizagem, são apresentadas em diferentes perspectivas por diversos autores.

Para Scheffle [1], ensinar, pode ser caracterizado como uma atividade que visa promover a aprendizagem e que é praticada de modo a respeitar a integridade intelectual do aluno e a sua capacidade para julgar de modo independente. Entretanto, nem sempre que uma atividade de ensino é realizada, a aprendizagem acontece, pelo que, Scheffler complementa a sua definição com a seguinte sentença: ensinar é ter como objetivo promover a aprendizagem, mas não, necessariamente, alcançá-la.

A aprendizagem, em termos simples, pode ser definida como o processo de aquisição de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes, possibilitado através do estudo, do ensino ou da experiência.

Para possibilitar o desenvolvimento do PEA, cada país possui o seu sistema educativo. De acordo com a UNESCO, para poder dar resposta ao conjunto das suas missões, a educação deve organizar-se em torno de quatro aprendizagens fundamentais que, ao longo de toda a vida, serão de algum modo para cada indivíduo, os pilares do conhecimento:

- **Aprender a conhecer**, isto é adquirir os instrumentos da compreensão;

- **Aprender a fazer**, para poder agir sobre o meio envolvente;

-**Aprender a viver juntos**, a fim de participar e cooperar com os outros em todas as atividades humanas;

-**Aprender a ser**, via essencial que integra os três precedentes. É claro que estas quatro vias do saber constituem apenas uma, dado que existem entre elas múltiplos pontos de contato, de relacionamento e de permuta.[2]

As diversas formas em que se dá a aprendizagem, têm sido assunto de pesquisa por parte de diferentes psicopedagogos, surgindo diversas teorias de aprendizagem, que se agrupam nas grandes correntes clássicas, comportamentalista, cognitivista e humanista.

Na abordagem experimental do ensino de ciências, tem sido destacada a teoria da aprendizagem significativa, da autoria de Ausubel, que põe ênfase no estudo dos processos internos que conduzem a aprendizagem, interessando-se pelos fenómenos e por estes processos internos que se produzem no indivíduo quando aprende, como ingressa a informação a aprender, como se transforma no indivíduo e como a informação se encontra pronta para se manifestar. [3]

Os investigadores, Fairstein e Gissels [4], afirmam que existem quatro elementos-chave da teoria de Ausubel:

- Conhecimento prévio: é o conhecimento prévio que o aluno já conhece sobre o tema de aprendizagem. Está no interior da mente e é produto de suas experiências prévias (escolares ou não). Nem sempre se sabe o que se tem;
- Conhecimento novo: é aquilo que o professor quer que o aluno aprenda. É novo sobre o mesmo tema de aprendizagem. É alheio e externo ao aluno;
- Mudança: é um mecanismo interno porque sucede dentro da mente do aluno. Consiste em que o conhecimento prévio deixe lugar ao resultado da aprendizagem.

O processo em análise, tem as seguintes categorias: Objetivos, Conteúdos, formas organizativas, métodos e meios de avaliação.

O presente trabalho, tem sua intervenção nas categorias, formas organizativas, ao propor aulas experimentais como forma de materialização dos objetivos e métodos e meios, ao propor materiais e formas de utilizá-los.

1.3. Objetivos e contribuição da dissertação

O principal objetivo desta dissertação, traduz-se em uma proposta para melhorar o PEA da Física na 11^a Classe do Ensino Secundário Geral em Angola, baseada na implementação de um conjunto de protocolos e materiais desenvolvidos para serem usados em aulas experimentais. Este objetivo, pode ser decomposto nos seguintes objetivos específicos:

- Caraterização do ensino da Física no Ensino secundário em Angola;
- Pesquisa bibliográfica sobre aulas experimentais no ensino da Física;
- Desenvolvimento de materiais de apoio a aulas experimentais e protocolos para operacionalizar o seu uso.

1.4. Estrutura da Dissertação

A dissertação está estruturada em 5 capítulos, que a seguir são apresentados:

Capítulo 1: Introdução, onde são apresentadas as razões para a escolha do tema, se definem os conceitos de ensino e aprendizagem expondo alguns de seus aspetos principais dentro do contexto da dissertação, se apresentam os objetivos do trabalho e a estrutura da dissertação.

Capítulo 2: Caraterização do Ensino da Física no 2º Ciclo do Ensino Geral em Angola, com o objetivo de fornecer o contexto em que será aplicada a dissertação. Apresenta uma breve descrição do sistema de educação angolano, o currículo do 2º ciclo do ensino secundário, o ensino da Física no 2º ciclo, destacando o programa de Física da 11ª Classe e sobre as principais dificuldades que têm sido apontadas no ensino da Física.

Capítulo 3: Ensino experimental da Física. Com o objetivo de fornecer uma base teórica para o trabalho, trata sobre o Professor e o ensino da Física, a importância do ensino experimental da Física, o recurso a materiais de baixo custo para o ensino experimental e sobre protocolos experimentais.

Capítulo 4: Materiais e Protocolos experimentais para o seu uso. Apresenta os requisitos tidos em conta para a projeção dos materiais, os materiais projetados e uma gama de protocolos experimentais associados aos mesmos.

Capítulo 5: Conclusões e proposta para futuras pesquisas.

Capítulo 2

Caracterização do Ensino da Física no 2º ciclo do Ensino Geral em Angola

2.1. Breve Descrição do Sistema de Educação Angolano

Angola foi durante cerca de cinco séculos colónia portuguesa, conquistando a sua independência a 11 de novembro de 1975. A lei constitucional do país, consagra a educação como um direito de todos os cidadãos, independentemente do sexo, raça, etnia e crença religiosa.

No que respeita à sua evolução, são considerados três períodos importantes para o desenvolvimento do sistema educativo angolano, desde o seu surgimento com a independência, nomeadamente, em 1975, 1978 e 2001, que a seguir serão descritos resumidamente.

Em 1975, o sistema educativo herdado do governo colonial, não foi reformado no verdadeiro sentido da palavra. Foram apenas realizadas algumas alterações, visando conformar a política educativa à nova ideologia implementada na altura, de matriz Marxista-Leninista, baseada na “criação do homem novo” (no sentido de afirmação da identidade nacional numa fase pós-independência) e promover um futuro melhor à nova geração.[5]

Em 1978 realizou-se a 1ª reforma educativa em Angola, após a independência, não tendo, contudo, a mesma sido efetivada em todo o País, mas apenas nas cidades capitais das províncias, sem a abrangência de grande número de municípios e comunas distanciadas da capital, devido ao conflito armado que se vivia no país.[5]

Em 2001, surgiu a 2ª reforma educativa, fundamentada na Lei de Bases do sistema de educação (Lei 13/01 de 31 de Dezembro) aprovada naquele ano, pela Assembleia Nacional da República de Angola. O sistema atualmente em vigor, resultou desta reforma, embora, tenha sido aprovada, uma nova lei para o mesmo, a Lei nº 17/16 (Lei de Bases do Sistema de Educação e Ensino), em 2016. À luz desta lei, o sistema é constituído por seis subsistemas de ensino e quatro níveis. Os subsistemas de Ensino são os seguintes: Subsistema de Educação Pré-Escolar; Subsistema de Ensino Geral; Subsistema de Ensino Técnico-Profissional; Subsistema de Formação de Professores; Subsistema de Educação de Adultos; Subsistema de Ensino Superior. Os Níveis de Ensino são os seguintes: Educação Pré-Escolar, Ensino Primário; Ensino Secundário; Ensino Superior.[6]

É objeto do presente trabalho, o ensino secundário geral, que compreende dois ciclos de três classes cada e organiza-se da seguinte forma: I Ciclo, que corresponde a 7ª, 8ª e 9ª classes e II Ciclo, que corresponde a 10ª, 11ª e 12ª classes.

2.2. Um Olhar ao Currículo do Segundo Ciclo do Ensino Secundário

O Ensino Secundário Geral é o nível que sucede o Ensino Primário e prepara os alunos para o ingresso no Ensino Superior ou no mercado de trabalho imediatamente ou após formação profissional complementar. [6]

De acordo com a fundamentação do Currículo do Ensino Secundário, este nível de ensino, tem como função social, proporcionar conhecimentos necessários, com a qualidade requerida, desenvolver capacidades e aptidões e a consciencialização de valores para a vida social e produtiva que o País exige ou para o prosseguimento de estudos.[7]

A natureza do nível de ensino em questão, impõe o prosseguimento de metas exigentes de desenvolvimento, considerando as particularidades socioculturais dos alunos. Nesta perspetiva, são considerados dois grandes objetivos:

- Preparar o ingresso no mercado de trabalho e/ou no subsistema de ensino superior;
- Desenvolver o pensamento lógico e abstrato e a capacidade de avaliar a aplicação de modelos científicos na resolução de problemas da vida prática. [7]

Os objetivos anteriormente mencionados, de acordo com A Lei de Bases do Sistema de Educação Angolano, poderão ser alcançados, considerando os seguintes objetivos específicos:

- Assegurar uma formação sólida e aprofundada numa determinada área de conhecimento;
- Preparar o aluno para ingressar no Subsistema de Ensino Superior ou para atividades de formação profissional e inserção na vida ativa;
- Desenvolver uma visão do mundo assente no pensamento filosófico, lógico e abstrato e a capacidade de avaliar a aplicação de modelos científicos na resolução de problemas da vida prática;
- Fomentar a aquisição e aplicação de um saber cada vez mais aprofundado, assente no estudo, na reflexão crítica, na observação e na experimentação;
- Consolidar os valores patrióticos, morais e cívicos, desenvolvendo o espírito de participação e envolvimento na vida social;
- Desenvolver experiências práticas, fortalecendo os mecanismos de aproximação entre a escola e a comunidade, dinamizando a função inovadora e interventora da escola;
- Favorecer a orientação e formação profissional dos jovens, através da preparação técnica e tecnológica, com vista à entrada no mundo do trabalho. [7]

O 2º Ciclo da formação geral, organiza-se em áreas de conhecimento e visa não só a vocação para os cursos superiores, mas também para a formação profissional após a conclusão da 12.^a classe, para os alunos que por uma ou outra razão não ingressem no ensino superior. Assim

sendo, os planos curriculares estruturam-se em quatro áreas de conhecimento, de acordo com a natureza dos cursos superiores a que dão acesso, em conformidade com o artigo 19.º da Lei de Bases do Sistema de Educação, que são: Área de Ciências Físicas e Biológicas, Área de Ciências Económico-Jurídicas, Área de Ciências Humanas e Área das Artes Visuais. [6]

A área de Ciências físicas e Biológicas está vocacionada para os alunos que pretendam seguir cursos de Engenharia (Construção Civil, Mecânica, Química, Informática, Matemática, Geologia, Engenharia Geográfica, Geofísica e outros), Medicina, Ciências Biológicas e Enfermagem Superior. A área de Ciências Económico-Jurídicas está orientada para os cursos de Economia e Direito. A área de Ciências Humanas, vocacionada para cursos de Línguas, História, Filosofia, e outras afins. A área das Artes Visuais, orientada para o acesso aos cursos de Artes Plásticas, Música, Arquitetura, Desenho e afins. [7]

A disciplina de Física, é lecionada apenas na área, Ciências Físicas e Biológicas, fazendo parte da componente específica da mesma. O plano de estudo desta área é apresentado no quadro abaixo.

Disciplinas	Horário semanal			
	10ª Classe	11ª Classe	12ª Classe	Total do Curso
Formação Geral				
Língua Portuguesa	4	3	3	300
Língua Estrangeira	3	3	3	270
Matemática	5	4	4	390
Informática	4	-	-	120
Educação Física	2	2	2	180
Filosofia	-	2	2	120
Formação Específica				
Física	4	4	4	360
Química	4	4	4	360
Biologia	4	4	4	360
Geologia	-	2	2	120
Opção	-	2	2	120
Total	30	30	30	-
Total Anual	900	900	900	2700

Tabela 2.1: Plano de estudos da área Ciências Físicas e Biológicas (Fonte: Currículo do 2.º Ciclo do Ensino secundário Geral)

2.3. O Ensino da Física no II Ciclo do Ensino Secundário Angolano

De acordo com o INIDE, o ensino da Física ocupa um lugar de importância fundamental entre as diversas disciplinas inseridas no Plano Curricular do Ensino Secundário. Esta disciplina, com a função de educação e formação integral da personalidade do aluno, é uma das mais importantes. Pois, neste quadro, a física tem como objetivos, não só formar os conceitos científicos do mundo físico que nos rodeia, criar as bases para a compreensão das novas técnicas e tecnologias e ampliar o horizonte intelectual, mas também criar as bases para o estudo de uma série de disciplinas técnicas e especiais. [8]

O objetivo geral do estudo da física, neste ciclo, estabelecido pelo MED, consiste em transmitir aos alunos conhecimentos sobre fenómenos, factos, termos, leis, grandezas e modelos físicos, com as respetivas aplicações no quadro de uma formação geral aprofundada para uma formação superior; e criar também pressupostos para uma formação profissional fora do ensino superior. [8]

De acordo com as orientações contidas no programa da disciplina, os professores devem dar atenção especial a resolução de exercícios práticos, a interpretação de dados e gráficos, bem como as experiências de laboratório para que sirvam para desenvolver a abstração, dedução, argumentação, previsão e a habilidade de manipulação dos objetos. [8]

2.3.1. Breve descrição do Programa de Física da 11^a Classe

O atual currículo de Física da 11^a classe do II Ciclo do Ensino Secundário da República de Angola comporta dois temas, para serem lecionadas em três trimestres durante 110 horas, que correspondem a 147 tempos letivos, cada um, com duração de 45 minutos.

O programa da disciplina prevê os seguintes conteúdos e objetivos para cada secção. [8]

Tema A - Forças e Movimentos

Subtema A1 - Movimento mecânico

Objetivo geral: compreender os tipos, formas e causas do movimento mecânico.

Tópicos:

- Generalidades sobre o movimento mecânico;
- Breve revisão do movimento retilíneo uniformemente variado;
- Movimento Circular Uniforme;
- Velocidade linear e angular. Relação entre as velocidades linear e angular;
- Aceleração centrípeta. Componentes tangencial e normal da aceleração centrípeta;

- Período e Frequência no movimento circular uniforme;
- Movimento de queda livre. Aceleração de gravidade;
- Movimento ascensional de um grave;
- Movimento circular uniformemente variado.

Subtema A2 - Interações entre corpos

Objetivo geral: compreender as causas e efeitos da interação dos corpos e as Leis que a regem.

Tópicos:

- Lei da Inércia (1ª Lei de Newton). Sistemas Inerciais;
- Lei Fundamental da Dinâmica (2ª Lei de Newton);
- Aceleração. Unidade S I da Aceleração;
- Lei da Ação e Reação (3ª Lei de Newton);
- Quantidade de Movimento de Translação (Movimento Linear). Unidade S I do Momento Linear;
- Variação do Momento Linear. Conceito de Força;
- Impulso de uma força. Unidade S I do Impulso;
- Lei da Conservação do Momento Linear;

Subtema A3 - Movimento oscilatório mecânico

Objetivo Geral: compreender os conceitos de movimento oscilatório.

Tópicos:

- Conceito do movimento oscilatório. Características;
- Movimento Harmônico Simples. Características cinemáticas do M.H.S;
- Oscilações Livres e Oscilações Amortecidas;
- Oscilações forçadas;
- Ressonância;
- Pêndulo Simples;
- Dinâmica do M.H.S. Sistema Corpo-Mola;
- Energia de um Oscilador harmônico simples.

Tema B - Ondas e Luz

Subtema B1 - Ondas e suas propriedades

Objetivo geral: desenvolver a noção de ondas e as suas propriedades.

Subtema B2 - Fenómenos luminosos

Objetivo: conhecer a natureza e os fenómenos da luz.

A presente dissertação, concentra-se apenas no tema A e seus subtemas, para os quais, são propostos materiais e protocolos para atividades experimentais.

2.4. Principais Deficiências que apresenta o Ensino da Física no Ensino secundário

O Ensino da Física em Angola, à semelhança de todo o sistema educativo do país, enfrenta inúmeros desafios. Nesta perspetiva, algumas questões têm sido levantadas por alguns pesquisadores em ensino da Física, que assinalam existir algum desequilíbrio entre a importância crescente do ensino da Física e o baixo nível de compreensão dos conhecimentos científicos pelos alunos. De acordo com Lundungo [9], algumas das razões para a baixa compreensão dos alunos, no 2º Ciclo do Ensino Secundário, do Município da Humpata, província da Huíla, podem ser resumidas nas seguintes:

- Falta de motivação dos alunos para o estudo da Física e ausência de colocação de situações problemáticas;
- Pouca relação entre o conteúdo da aprendizagem e as necessidades reais dos alunos, havendo um divórcio entre o conhecimento e a vida quotidiana no tratamento dos assuntos em sala de aulas, ou seja, não existe ligação entre estes e o contexto social;
- Insuficiências na formação de habilidades intelectuais no ensino da Física;
- A não compreensão pelo professor, durante muito tempo, da existência de preconceções nos alunos, fruto das suas experiências quotidianas individuais e inclusive de estudos anteriores.
- Tendência de incluir no nível secundário os mesmos currículos de cursos superiores, por parte de professores não especializados em ensino da Física;
- Predomínio de um ensino tradicional, tornando o aluno como expectador;
- Ausência de catividades experimentais com carácter de situações problemáticas, onde os alunos devem ser protagonistas do seu próprio saber, através da descoberta do que se quer transmitir.

Em pesquisa semelhante, Manuel [10], constatou os seguintes aspetos na escola do 2º Ciclo do ensino Secundário do município de Chicomba/Huíla:

- Os conteúdos são tratados ou ensinados, apenas teoricamente, dando-se especial destaque a equações matemáticas, leis e definições de conceitos;
- Os exercícios são resolvidos pelos alunos de forma reprodutiva, isto é, existe muito pouca diversidade que possa levá-los a uma pequena reflexão;
- Os alunos, na sua maioria, não gostam da Física, limitando-se a memorizar as fórmulas e exercícios já resolvidos, para obterem boas notas nas provas e transitar de classe;
- A escola não possui laboratório, pelo que os professores, para além do manual, não são criativos, no sentido de desenvolver aulas experimentais com materiais alternativos;
- Alguns professores da escola não têm formação específica em Física, para lecionar esta disciplina, de modo que, sem o manual, nada mais podem fazer.

Algumas das insuficiências detetadas no ensino secundário, persistem no ensino superior. Na investigação realizada por André [11], no Curso de Física do ISCED da Huíla, sobre a resolução de problemas, detetaram-se as seguintes:

- É considerável o número de estudantes que, depois da graduação no ensino superior, não dominam os conceitos básicos, não adquirem as habilidades intelectuais que se esperavam;
- Outros conhecem a teoria, mas não conseguem aplicá-la na solução de problemas concretos;
- Os estudantes têm conhecimentos, entendem o professor quando resolve os problemas, mas quando eles enfrentam sós o novo problema, não conseguem resolvê-lo;
- Muitos estudantes conseguem determinar os dados do problema, mas não conseguem aplicá-los no processo de resolução dos problemas.

Os problemas referidos anteriormente, são uma pequena parte do conjunto de insuficiências detetadas pelo INIDE, a quando da avaliação da reforma educativa em curso no país em 2010, tendo produzido um relatório onde foram, sinalizadas a persistência de várias situações anómalas, nomeadamente a falta de infraestruturas (e de laboratórios para a disciplina de Física), fraco aproveitamento dos alunos, elevadas taxas de desistências, um índice elevado de reprovações, relativamente aos diferentes níveis de ensino e deficiente formação de professores. [12]

Para reverter estes problemas, todo esforço é importante. Cada um deve contribuir como pode para que, a cada dia, menos problemas existam, como obstáculos para se alcançar os resultados pretendidos pelo Ensino da física no ensino secundário.

Capítulo 3

Ensino Experimental da Física

3.1. O Professor e o ensino da Física

A Física é uma ciência em constante evolução. Todos os anos, novas descobertas são publicadas por diferentes pesquisadores de lugares distintos do mundo. A par disso, a cada dia, nascem novos seres humanos, que devem se apropriar da cultura existente para se posicionarem no mundo e poderem contribuir para o seu desenvolvimento. Entre os cientistas e a nova geração, está o professor, como mediador, cuja função, consiste em perceber o que foi descoberto e encontrar a melhor maneira de o ensinar. Desta forma, existem e se desenvolvem os complexos processos de ensino e aprendizagem, que não seguem um padrão linear. De acordo com Goulart et al [13], os assuntos que relacionam a prática de ensino estão em um constante processo de construção e reconstrução, fazendo com que várias discussões se façam, permanentemente, presentes dentro do contexto escolar, visando assim, uma maior qualificação na área do ensino.

Dentro do grande quadro de pesquisas que visam melhorar o processo de ensino e aprendizagem, o ensino experimental da Física, tem merecido a atenção de diversos pesquisadores em ensino de ciências, há vários anos.

O caráter natural e experimental da Física, enquanto ciência, tem servido de base para posicionamentos que vão no sentido de criticar o seu ensino por meio de métodos tradicionais, privilegiando uma abordagem, mais experimental.

O fato de se constatar que muitos alunos consideram a Física como uma disciplina difícil e pouco atraente, é um dos aspectos que tem servido de base para as discussões. Conforme Pereira[14], essa postura de desinteresse pelo estudo da Física encontra a sua origem no método tradicional de ensino e aprendizagem, no qual o professor preocupa-se demasiadamente com a resolução de problemas, levando o aluno a decorar fórmulas e resolver equações de forma mecânica, preenchendo seu caderno de informações, mas sem conseguir construir a ponte entre essas informações e o mundo que o cerca. Nesta perspectiva, o professor, apenas escreve o conteúdo no quadro, explica-o e, por fim, passa um trabalho ou prova para analisar o grau de aprendizagem dos alunos. Contrastando com esta realidade, Grillo et al [15], afirmam que a ação didática do professor deve ter por objetivo enriquecer as competências e habilidades dos educandos para que possam adquirir domínio dos saberes escolares.

Para Cardoso e João [16], a Física é uma ciência da natureza que faz uso das leis, modelos matemáticos e representações para a interpretação dos dados empíricos, explicação de fenômenos cotidianos e aplicações em diversos setores industriais. Esta definição, está de acordo com a concepção apresentada pela equipa de trabalho que elaborou o Programa de Física

para o segundo Ciclo do ensino secundário geral de Angola, que a considerou como uma disciplina científica natural, cujo ensino teria de desenvolver-se sobre uma base experimental. De acordo com a equipa, a experiência deve constituir o ponto de partida do estudo da física. O estudo das leis físicas deve, nalguns casos, começar com a experiência e, em outros, concluir com esta. Em todo o caso, a experiência tem que servir como fonte de aquisição de conhecimento e, não só, como objetivo. [8]

Segundo Pietrocola [17], a Física é uma ciência da natureza e como tal se propõe a conhecê-la da forma mais precisa possível. Em outras palavras, a Física é uma ciência presente no mundo quotidiano, pois a natureza faz parte da realidade envolvente. O ensino da mesma não deve ignorar este fato, contribuindo desta forma para um melhor entendimento do mundo pelo aluno e para que este desenvolva uma atitude crítica em relação a natureza que o cerca. Esta realidade é reforçada por Batista [18], em que a sua experiência como professor de Física tem mostrado que não basta oferecer escolarização, é necessário ofertar uma educação que atenda às necessidades de formação do aluno como ser social apto a agir no ambiente em que vive. De acordo com este pensamento, segundo o autor, é imprescindível que os conteúdos sejam abordados de forma contextualizada, dando-se ênfase às questões que fazem parte da realidade do aluno. Deste modo, a utilização de experimentos, pode contribuir para adequar o conteúdo à realidade dos alunos.

Esta realidade, é corroborada por Guimarães, segundo seu posicionamento, a aprendizagem se dará por meio de metodologias que promovam a ação do estudante, no sentido de refletir, buscar explicações e participar das etapas de um processo que leve à resolução de problemas. Nesse sentido o professor precisa estimular seus alunos a realizarem não somente cálculos, mas também, novos experimentos para obterem um maior conhecimento, bem como novas experiências no que tange ao saber das atividades de Física. [19]

3.2. Importância do ensino experimental da Física

No ensino da Física se utilizam de maneira indistinta, em textos, artigos e diferentes materiais impressos como na própria comunicação verbal de investigadores, professores, estudantes e políticos, os termos de “práticas de laboratório”, “trabalho experimental”, “atividades práticas”, “experimento”, entre outros, para designar um mesmo tipo de atividade docente.

A utilização da experimentação como estratégia didática, tem reunido consenso de diversos pesquisadores. De acordo com Espinosa, o experimento constitui um artifício didático que não é proposto com o intuito de motivar, imitar ou mostrar como se produz conhecimento científico, mas que representa, na verdade, uma estratégia, para favorecer a aprendizagem. [20]

Cardoso e João[16], destacam a importância das atividades experimentais, em contextos de ensino e aprendizagem, uma vez que, na ótica dos autores, apresentam algumas características desejáveis, como a de estimular os alunos a interpretar informações, relacionando ao

conhecimento científico com aspetos do seu quotidiano, e de despertar a sua curiosidade para novos questionamentos. E estes atributos da experimentação podem ser potencializados a partir da participação direta dos alunos nas metodologias propostas ao trabalho, quando lhes são oferecidas condições de elaborar um método próprio de investigação.[21]

Ainda de acordo com Cardoso e João [16], o trabalho prático na aula permite os alunos utilizarem na sua vida diária, como por exemplo, o pensamento produtivo, a tomada de decisões, a planificação, a predição e a comunicação.

Entre os vários argumentos favoráveis ao uso da experimentação, que têm sido publicados, estão os de Martins et al [22], que destacam o seguinte:

- Permitem encontrar resposta a situações problema, fazendo a necessária ligação entre a teoria, a experiência e a exploração de resultados;
- Permitem ao aluno o desenvolvimento das competências de observação, contribuindo para o incremento da sua curiosidade;
- Permitem ao aluno o desenvolvimento do seu espírito de iniciativa, da sua tenacidade e perseverança, bem como do sentido crítico;
- Permitem o desenvolvimento de competências ao nível da medição de precisão, possibilitando a reflexão e aprendizagem no campo das ordens de grandeza e da precisão das medições efetuadas;
- Permitem que o aluno se aproprie de leis, técnicas, processos e modos de pensar.

Os autores, Perez e Castro [23], apontam alguns aspetos importantes das ciências que podem ser explorados em uma atividade experimental capaz de promover a investigação crítica do aluno:

- Apresentar situações problemáticas abertas;
- Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
- Potencializar análises qualitativas, significativas, que ajudem a compreender as situações planeadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;
- Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central de investigação científica, sendo este processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as preconcepções dos estudantes;
- Considerar as análises, com atenção para os resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.), a partir dos conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipas de estudantes;
- Conceder uma importância especial a memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;

- Ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por intermédio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

Na visão Shulman e Tamir [24], os objetivos da atividade experimental no ensino, estão voltados a formação de:

- Habilidades - de manipular, questionar, investigar, organizar, comunicar;
- Conceitos - por exemplo: hipótese, modelo teórico, categoria taxionômica;
- Habilidades cognitivas - pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, síntese;
- Compreensão da natureza da ciência - empreendimento científico, cientistas e como eles trabalham, a existência de uma multiplicidade de métodos científicos, inter-relações entre ciência e tecnologia e entre várias disciplinas científicas;
- Atitudes - por exemplo: curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência.

As diferentes concepções sobre a questão em análise, foram apresentadas de forma sintética por Cunha [25], em quatro domínios principais, atribuídos às atividades práticas:

- Melhorar a compreensão dos conceitos teóricos;
- Funcionar como um fator motivacional;
- Permitir o desenvolvimento de competências técnicas e experimentais;
- Melhorar a aprendizagem da abordagem científica.

Pela compreensão dos aspetos anteriormente mencionados, pode-se perceber a dimensão da importância das atividades experimentais na formação da nova geração, não só em relação a categoria do saber, mas também, do saber fazer e saber ser.

3.3. Tipos/Classificação das atividades experimentais

As atividades experimentais, são agrupadas em categorias diferentes por diferentes autores. Lundungo, defende as atividades experimentais como um componente essencial das disciplinas das ciências da natureza no Ensino Secundário, e o experimento docente como a sua forma de organização. Apresenta três tipos básicos: demonstrações, experimento da aula e práticas de laboratório. As diferenças estão dadas pela função do professor e do aluno na aula e o nível da atividade independente do aluno.[9]

O trabalho de Laburú [26], identifica através das opiniões dos professores, ao justificarem a escolha de determinados experimentos e equipamentos em aulas de Física no Ensino Médio, propondo uma reorganização dos objetivos referentes ao uso das atividades experimentais em quatro categorias: Motivacional, Funcional, Instrucional e Epistemológica.

- Na categoria Motivacional, as respostas dadas pelos professores têm como foco direto de atenção o aluno. Enquadram-se as atividades experimentais que despertam o interesse dos alunos: atividades curiosas, atraentes, envolventes, chocantes, relacionadas à tecnologia e que estabeleçam relações com o cotidiano;
- A categoria Funcional reuniu as respostas dadas pelos professores que priorizam aspectos relativos à atividade experimental, considerando as características e propriedades inerentes do material, como também a implementação em sala de aula, com a intenção de facilitar a tarefa tanto do professor quanto do aluno, priorizando a escolha de experimentos com fácil manuseio e montagem dos equipamentos;
- Já as respostas que tratam fundamentalmente do ensino e da aprendizagem, foram agrupadas na categoria intitulada Instrucional. Trata das atividades experimentais facilitadoras da explicação, da apresentação dos conceitos e modelos, procurando tornar a teoria simplificada e para o aluno;
- A categoria Epistemológica reuniu respostas que procuram contemplar um padrão de características nas respostas dos participantes que tende a dar um apelo forte para a construção do conhecimento, ou, mais especificadamente, para a capacidade da formulação teórica em tratar a realidade.

Como se pode perceber, as diferentes concepções sobre as diferentes classes de experimentos didáticos, apesar de partirem de critérios diferentes, têm em comum, entre outros aspectos, a valorização da sua função para a motivação dos alunos. Um dos critérios mais simples, consiste numa abordagem que permite considerar três categorias básicas: a experimentação por meio demonstrativo; a experimentação por meio de verificação; a experimentação por meio de investigação.

Segundo Ferreira [27], os principais objetivos da experiência de cátedra (de demonstração) são: ilustrar e ajudar a compreensão das matérias desenvolvidas nos cursos teóricos, tornar o conteúdo interessante e agradável, desenvolver a capacidade de observação e reflexão dos alunos. Assim, experimentos deste tipo, podem ser realizados pelo professor em diferentes fases da aula, visando estimular a reflexão dos alunos sobre o tema em abordagem. Dentre as funções descritas para esta classe de experimentos, pode-se destacar: motivar os alunos para o tema a ser tratado, ilustrar um dado fenômeno físico, apresentar o conteúdo de maneira mais atraente e agradável e facilitar a compreensão. Nos últimos anos, têm-se levantado críticas a esta variante de experimentos, pelo fato, de terem uma tendência para o paradigma tradicional do ensino onde o ensino é centrado no professor.

As atividades experimentais de verificação, geralmente são empregues com a finalidade de verificar ou confirmar alguma lei ou teoria apresentada nas aulas sem, contudo, deixar de proporcionar aos alunos um desenvolvimento da capacidade de interpretar parâmetros que determinam o comportamento dos fenômenos observados, articulando-os com os conceitos

científicos que conhecem, e de efetuar generalizações, especialmente quando os resultados dos experimentos são extrapolados para novas situações.[28]

As atividades experimentais investigativas, têm entre outros, os seguintes aspetos: o desenvolvimento de habilidades necessárias à observação, formulação, discussão das Leis científicas. Na perspetiva de Gil-Perez [29], o aluno deve projetar e identificar algo interessante a ser resolvido, mas não deve dispor de procedimentos automáticos para chegar a uma solução mais ou menos imediata, ou seja, a atividade de investigação requerer do aluno um processo de reflexão e tomada de decisões sobre a sequência dos passos a seguir.

3.4. O uso de material de baixo custo

O valor da experimentação para o processo de ensino e aprendizagem da Física, é reconhecido pela generalidade dos pesquisadores. Porém, os Professores enfrentam diversos obstáculos para a sua implementação, como concluiu o estudo de Pena e Ribeiro, que investigou relatos de experiências pedagógicas publicadas em periódicos brasileiros entre 1971 e 2006. Neste estudo, eles verificaram que os principais obstáculos ao uso da experimentação no ensino da Física são: a) a falta de pesquisas sobre a aprendizagem associada à experimentação; b) a falta de preparação dos professores para trabalharem a física por meio de atividades experimentais; e c) as más condições de trabalho oferecidas aos professores, que desfavorecem o uso de experimentos, ou seja, as escolas não possuem instrumentos ou espaço físico laboratorial, ou as condições materiais disponíveis são insuficientes devido ao grande número de alunos. Esta realidade não é restrita ao contexto brasileiro. Angola tem um atraso maior na área da educação, dada a sua situação económico-social, pelo que, os obstáculos mencionados anteriormente estão presentes em um grau bastante acentuado, como já foi referido no capítulo anterior. [30]

Para contrapor os obstáculos relacionados às condições materiais, alguns professores têm tentado apresentar propostas para enquadrar atividades experimentais com recurso a materiais de baixo custo, de acordo com as reais condições da escola e do professor. Muitos autores, entre eles, Ferreira, Violin, nas últimas décadas, propuseram que o professor busque alternativas à ausência de laboratórios bem equipados através da utilização de material de baixo custo ou de custo algum. A utilização destes materiais, em geral, permite que se realizem experimentos físicos sem a necessidade de ambientes especiais (laboratórios).[27]

A utilização de material de baixo custo é uma boa alternativa a inexistência de condições de trabalho, que deve ser explorada em nossos dias, para uma aprendizagem significativa da Física, enquanto, se espera pelas condições que demandam maiores investimentos na educação. Entretanto, há pesquisadores que defendem que os países subdesenvolvidos não devem descansar no uso de materiais de baixo custo, como se fosse a solução definitiva para o problema. Axt e Moreira [31], há mais de trinta anos defenderam uma ideia que parece muito atual, face ao contexto do ensino da Física em Angola, quando afirmaram o seguinte: não

podemos ficar permanentemente na posição de “reinventar a roda” quando já existe uma variedade de material industrializado que pode ser adquirido.

A proposta apresentada na presente dissertação, foi pensada no sentido de evitar ao máximo o paliativo, observando-se o rigor que se exige para a produção de material didático, havendo possibilidade de se concretizar industrialmente o que foi projetado.

3.5. Protocolos experimentais

Os protocolos experimentais têm sido concebidos no sentido de orientarem as atividades experimentais, consistindo em um conjunto de tópicos que vão desde o tema do experimento às conclusões que se podem tirar da sua realização. Os diferentes textos, consultados acerca do assunto, apresentam ligeiras diferenças na estrutura dos protocolos, entretanto, o conteúdo é o mesmo em todos os casos. Nesta dissertação, adota-se a seguinte estrutura:

1. Tema: apresenta-se o assunto sobre o qual trata o experimento;
2. Objetivos: são enumeradas as metas que se pretendem alcançar com a realização do experimento;
3. Introdução teórica: onde são apresentados os conceitos, leis, formulas e teorias que servem de base à realização do experimento;
4. Materiais necessários: onde é apresentada a lista de objetos e equipamentos necessários à realização do experimento;
5. Procedimentos: onde são apresentados de forma sequencial, os passos que conduzem ao alcance dos objetivos traçados;
6. Conclusões: parte reservada à apresentação dos resultados finais e sua interpretação.

A aula experimental, como qualquer aula, exige que se cumpra de maneira rigorosa com a fase da planificação. Além do professor, os alunos também devem estar preparados para a atividade em questão, antes da mesma ser realizada. De acordo com Cunha [25], o aluno deve estar consciente que o trabalho experimental começa muito antes de entrarem no laboratório. Isso pode ser conseguido se houver:

- Uma clarificação do tema;
- Uma discussão sobre as ideias prévias que o aluno possa ter sobre o assunto;
- Uma pesquisa de informação acerca do tema a abordar;
- Um planeamento da experiência e da identificação das grandezas a medir e das condições a usar (incluído materiais, equipamento e condições de segurança).

Na presente dissertação, houve um esforço, no sentido de evitar ao máximo que o protocolo seja rígido demais, a ponto de impedir a criatividade do aluno, o que pode tornar as atividades experimentais numa tarefa pouco atrativa para este, como assevera Azevedo [32], para quem, estas atividades em seu nível mais profundo, devem estar acompanhados de situações problemáticas, questionadoras e de diálogo, envolvendo a resolução de um problema e

introdução de conceitos. Além disso, deve conter características de um trabalho científico: refletir, discutir, explicar, relatar. Portanto, a aprendizagem se dará por meio de metodologias que promovam a ação do estudante, no sentido de refletir, buscar explicações e participar das etapas de um processo que leve à resolução de problemas. [19]

Capítulo 4

Materiais Projetados e Protocolos Experimentais Para a sua Utilização

4.1. Requisitos de Projeto

Tendo como base o programa de Física da 11^a Classe do Ensino Secundário Geral de Angola, foram projetados materiais didáticos para tornar viável a realização de aulas experimentais dentro do tema 1, Movimento mecânico, especificamente para os subtemas, B e C, Interação entre os corpos e movimento oscilatório, respetivamente. Nesta perspetiva, foram produzidos os seguintes materiais: balança de pratos, dinamómetro, plano inclinado, pendulo gravítico simples, pêndulo elástico, sistema de polis montadas em uma base, sistema mecânico e embraiagem.

O desenvolvimento dos materiais, foi feito no sentido de satisfazer os seguintes requisitos identificados pelo autor, em sua experiência como Professor de Física, no contexto escolar de aplicação do trabalho:

- Contribuir para desenvolver a parte prática do Programa de Física da 11^a Classe do Ensino Geral em Angola;
- Permitir estudar os fenómenos pretendidos com margens de erro, dentro dos padrões admissíveis. Neste contexto, evitou-se ao máximo a mera improvisação, que em muitos casos, pela falta de rigor, pode comprometer os resultados esperados para um processo experimental específico;
- Necessidade de serem utilizados em salas de aulas normais (montados na secretária ou mesa do Professor), em contexto de ausência de laboratórios. Para a satisfação deste requisito, os materiais foram projetados em tamanho pequeno para facilitar as tarefas de armazenamento depois de cada aula. Além disso, foi necessário garantir que não exijam processos de montagem e desmontagem complexos, para facilitar esta operação, uma vez que, pode ser repetida muitas vezes, ao longo do período letivo em que o uso dos materiais é requerido;
- Fácil manipulação, de modo a permitir o seu uso por qualquer professor de Física, sem que para tal, precise de um treinamento prévio e por seus alunos, sob sua supervisão;
- Possibilidade de construção com recurso a materiais de baixo custo e de fácil aquisição para a maioria das escolas angolanas;
- Potencialidades para explicar a aplicação do conteúdo da Física na técnica, na engenharia e na vida quotidiana;

- Possibilidade de uso em atividades experimentais demonstrativas, de verificação e de investigação, em função dos objetivos fixados para o experimento.

A seguir, serão descritos de forma resumida, os materiais projetados e algumas formas de serem usados, para aulas experimentais de Física.

4.2. Balança de dois pratos apoiados

A balança é um instrumento de medição usado para medir a massa de um dado corpo. Um dos arranjos mais simples deste instrumento, é composto de dois pratos equidistantes a um eixo central, como mostra a figura:

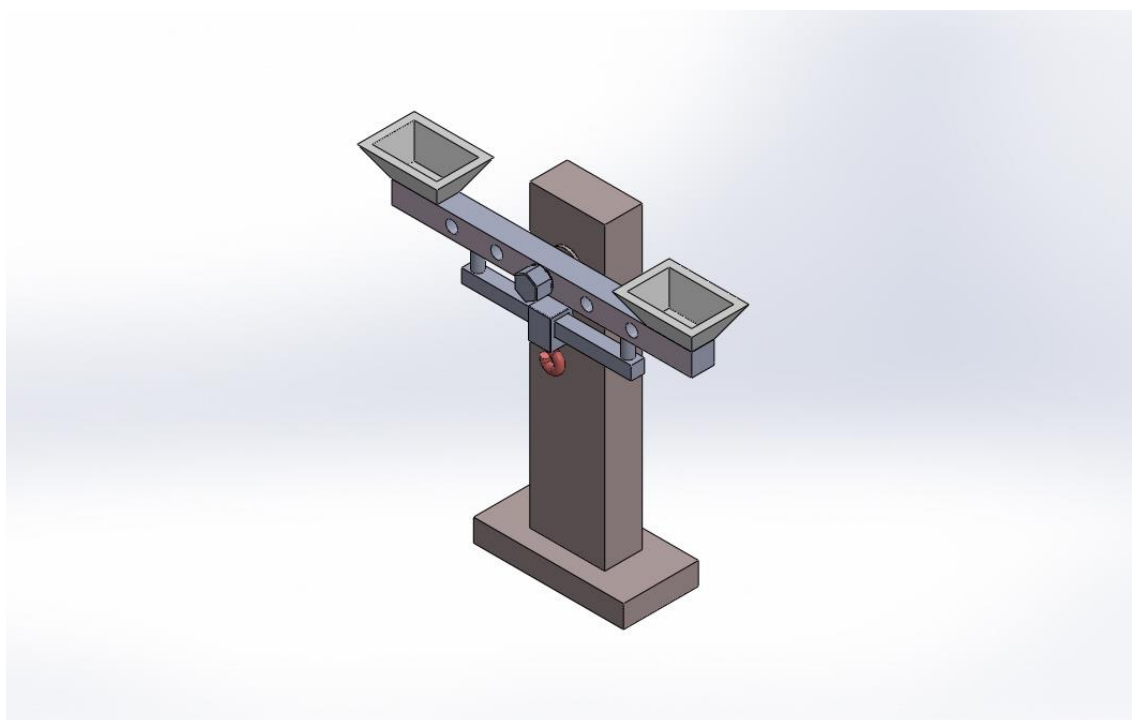


Figura 4.2.1: Balança de dois pratos apoiados.

No braço da balança, suspendeu-se um braço auxiliar, com o objetivo de tornar a balança mais precisa.

Para realizar a medição, coloca-se um corpo ou mais corpos de massa conhecida (padrão) num dos pratos e o corpo cuja massa se pretende medir, no outro. Seguidamente, colocam-se ou retiram-se pesos padrão, até que o sistema alcance o equilíbrio, sendo deste modo conhecida a massa relativa do corpo cuja massa é desconhecida. Havendo necessidade, de encontrar o ponto de equilíbrio, com maior precisão, suspende-se no gancho do embolo do braço auxiliar um corpo de massa pequena (por exemplo, 10 g) e move-se o embolo no sentido de equilibrar o sistema. A massa a medir, será igual a massa do corpo padrão, mais ou menos a contribuição do momento no braço auxiliar.

No projeto feito, para este trabalho, os braços da alavanca da balança, podem ter comprimentos diferentes, desde que, seja montada por um dos furos não central. O objetivo desta situação, consistiu em usar o instrumento para estudar o equilíbrio do sistema, aplicando a primeira lei de Newton.

Na sua construção, a estrutura de base foi feita em madeira. Os braços (principal e auxiliar), e os pratos, foram impressos em PLA. O braço foi montado na base, usando um parafuso M10. Para um funcionamento correto, o atrito na articulação da balança deverá ser mínimo, pelo que, a utilização de um lubrificante é necessária.

O material em questão, pode ser usado numa aula teórica, para explicar de forma básica a definição de massa inercial e a forma de medi-la ou em uma aula experimental completa, onde os alunos podem ser desafiados a medir a massa de um objeto determinado. Também pode ser usado para explicar a primeira lei de Newton e o sistema de alavanca ao variar o comprimento dos braços. No exemplo que será apresentado, mais adiante, apresenta-se um protocolo de atividades experimentais que podem ser realizadas com este instrumento.

4.2.1. Verificação das condições de funcionamento

Considerando a tensão a ser suportada pela viga (alavanca da balança), a situação mais crítica, corresponde a montagem por um dos furos mais afastados do centro. Tal situação pode ser representada pelo seguinte esquema:

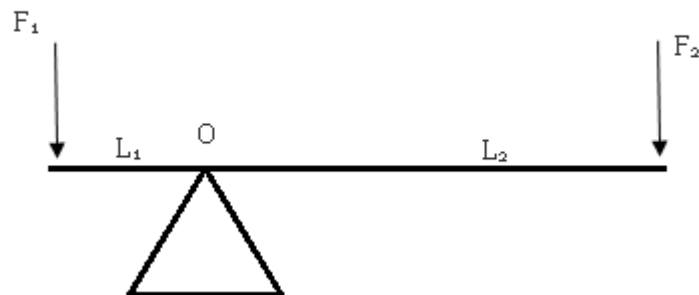


Figura 4.2.2: Representação da viga na situação mais crítica

Pela geometria, o comprimento é, $b = 200$ mm, a altura, $h = 15$ mm, a espessura, $t = 15$ mm. O braço da força F_2 , $L_2 = 160$ mm. Por outro lado, para o PLA, a tensão admissível é de 70-80 MPa.

O Momento de inercia, I , da viga, é:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (4.2.1)$$

$$I = \frac{0,015 \times 0,015^3}{12}$$

$$I = 0,00000005625\text{kgm}^2$$

A tensão aplicada a viga, pode calcular-se pela seguinte expressão:

$$\sigma = \frac{M_{\text{máx}}Y}{I} \quad (4.2.2)$$

Considerando um coeficiente de segurança, c.s, de 10 e sabendo que o momento fletor, M, é dado pelo produto da força pelo braço de força, a carga máxima que a viga pode suportar, é:

$$8000000 = \frac{F \times 0,16 \times \frac{0,015}{2}}{0,00000005625}$$

$$F = 281 \text{ N}$$

Conclui-se que, o braço projetado responde as exigências de funcionamento para a situação em que será usado, onde as cargas que lhe serão aplicadas estão muito abaixo de 281 N. 4.2.2.

Experiência 1: funcionamento de uma balança de pratos apoiados

4.2.2. Experiência 1: Funcionamento de uma Balança de dois pratos apoiados

Objetivos:

- Estabelecer uma escala para a balança;
- Determinar a massa aproximada de um corpo relativamente a outro, cuja massa é conhecida;
- Aplicar a primeira lei de Newton para determinar a força necessária para equilibrar uma dada carga através de uma alavanca.

Introdução teórica

A massa é uma propriedade Física da matéria. Pode ser entendida como a quantidade de matéria de que um determinado corpo é composto ou como a medida da sua inércia. Sendo a inércia, uma propriedade de todos os corpos, que consiste, na oposição que os mesmos oferecem à alteração da sua velocidade ou ao seu estado de repouso. A massa, também pode ser definida, como a propriedade que relaciona uma força que age sobre um corpo à aceleração resultante. [33], [34]

Medir uma grandeza física é compará-la com outra da mesma espécie tomada como unidade. No caso da massa, o seu padrão no sistema internacional é um cilindro de platina-Irídio mantido no Bureau Intencional de Pesos e Medidas, nas proximidades de Paris, ao qual foi atribuída uma massa de 1 Kg. [34]

Além do Quilograma, existem outras unidades para a massa, entre elas, o grama, o decigrama, o centigrama e o miligrama.

Para medir a massa, usam-se balanças. A balança de pratos apoiados, como a representada na figura 4.2.1, é exemplo de uma alavanca, uma vez que, o braço onde os pratos estão apoiados, pode girar em redor do ponto ou eixo fixo, o fulcro ou ponto de apoio. As medições são realizadas, através deste instrumento, aplicando a condição de equilíbrio.

Um corpo, diz-se em equilíbrio, quanto em situação de repouso ou de movimento uniforme. Tendo em conta que, o corpo pode ser “animado” de movimento translacional ou e rotacional, para que esteja em equilíbrio, tem de cumprir as seguintes condições:

1. A soma vetorial das forças externas que atuam sobre ele devem ser nulas: $\sum_{i=1}^n \vec{F}_n = 0$ (4.2.3);
2. A soma vetorial dos momentos externos que agem sobre o corpo, medidos em relação a qualquer ponto, deve ser nula: $\sum_{i=1}^n \vec{M}_n = 0$ (4.2.4).

Considere-se a balança representada na figura 4.2.1, na situação em que o embolo do braço secundário, suspende uma dada massa e está afastado do centro, como mostra o esquema abaixo:

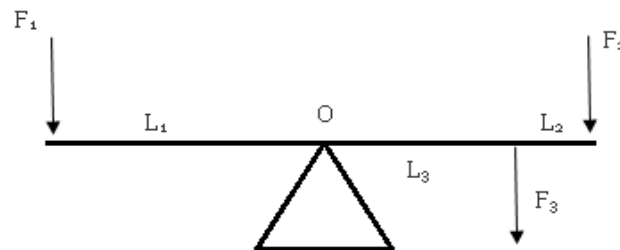


Figura 4.2.3: Esquema do braço principal na situação em que o embolo do braço secundário suspende uma dada massa e está afastado do centro.

Se o sistema estiver em equilíbrio, teremos:

$$F_2 L_2 - F_1 L_1 + F_3 L_3 = 0 \quad (4.2.5)$$

$$F_1 L_1 = F_2 L_2 + F_3 L_3 \text{ ou } F_1 = F_2 + \frac{F_3 L_3}{L_1} \quad (4.2.6), \quad (\text{já que, } L_1 = L_2).$$

A expressão, $\frac{F_3 L_3}{L_1}$, representa a contribuição do braço secundário para o equilíbrio do sistema e é nula quando o embolo encontra-se no centro ($L_3 = 0$).

Divido está equação pela aceleração da gravidade local, teremos:

$$m_1 = m_2 + \frac{m_3 L_3}{L_1} \quad (4.2.7)$$

Tendo em conta que, na situação projetada, $L_1 = 100 \text{ mm}$, considerando uma massa, m_3 , de 20 g, para uma medição em gramas, teremos:

$$m_1 = m_2 + \frac{L_3}{5} \quad (4.2.8)$$

Se a massa que se pretende saber, exerce a força F_2 , a sua massa será:

$$m_2 = m_1 - \frac{L_3}{5} \quad (4.9)$$

Material necessário:

- 1 Balança de dois pratos;
- Corpos de massa conhecida;
- 2 corpos de massa “desconhecida”;
- Régua;
- Folha de papel, lápis e canetas;
- Cola.

Procedimentos para a calibragem:

- Suspender no gancho um corpo de 20 g massa;
- Dividir o comprimento do braço secundário em 20 partes iguais, marcando a origem no seu ponto médio. Tendo em conta o comprimento do braço, 100 mm, cada divisão terá 5 mm. Os valores de fundo, serão, - 50 mm e 50 mm, considerando negativo o sentido para a esquerda da origem;
- Usar a expressão $\frac{L_3}{5}$, para determinar a massa em gramas correspondente a cada comprimento, sendo o valor mínimo, igual a 0 e o valor máximo igual a 10 g;
- Marcar todos os valores em um pedaço de papel, recortá-lo e finalmente, colar no braço auxiliar;

- Experimentar o sistema para aferir a coerência da escala, colocando cada um dos pratos da balança, corpos de 50 e 45 g de massa, usando o embolo para equilibrar as cargas. Repete-se o procedimento para outros corpos, cuja diferença de massas não excede 10 g;

Procedimentos para a medição da massa:

- Colocar num dos pratos, a massa-padrão;
- Colocar no outro prato, o objeto cuja massa se pretende medir;
- Suspender no embolo a massa de 20 g e deslocá-lo de maneiras a equilibrar o sistema;
- Calcular a massa pretendida, somado a massa-padrão e o valor indicado na leitura da escala do braço secundário;
- Repetir a medição usando uma massa de referência diferente e comparar os valores medidos;
- Repetir os procedimentos anteriores usando um segundo corpo, cuja massa se pretende saber (Este é escolhido pelo professor de modos a revelar as debilidades de precisão da balança em uso).

Procedimentos para a condição de equilíbrio:

- Monta-se a balança de pratos suspensos representada na figura 4.2.1, por um dos furos afastado da posição central e medem-se os valores dos braços com a régua;
- Coloca-se no prato cujo braço é menor, a carga que se pretende suspender, depois de se aferir o seu peso;
- Tendo em conta que, o sistema estará em equilíbrio quando houver igualdade de momentos, calcula-se a força necessária para o cumprimento desta condição;
- Coloca-se no prato livre da balança o corpo cujo peso é igual ao valor calculado no passo anterior, dando um impulso inicial ao sistema no sentido de suspender a carga;
- Repetir os procedimentos anteriores montado a balança pelo furo imediatamente a seguir ao anterior e pelo furo central.

Conclusões:

Estas deverão ser tiradas pelos alunos com a ajuda do Professor, entre elas, deverá se destacar que, apesar da balança projetada servir para fazer exercícios didáticos, cujo objetivo central é revelar o princípio que está na base do funcionamento de uma balança, a sua utilização é bastante limitada pelo fato de só poder medir massas que podem ser equilibradas pelo peso de

referência, mais a contribuição do braço auxiliar. Para necessidades que passam disso, uma balança mais sofisticada será necessária. Além disso, os alunos poderão estar em condições de responder as seguintes questões:

1. Quais são os valores das massas medidas? A troca da massa-padrão tem influência no resultado? Porquê?
2. Que força é necessária para equilibrar a carga, em cada caso? Como depende esta força do valor do comprimento dos braços da alavanca?
3. Podem dar exemplos da aplicação deste princípio em mecanismos presentes no dia-a-dia?

4.3. Dinamómetro

O dinamómetro é um aparelho usado para medir a intensidade de determinadas forças. É composto basicamente por estrutura, mola, gancho em uma das extremidades da mola e graduação na estrutura.

O princípio de funcionamento deste instrumento, pode ser explicado com base na lei de Hooke, segundo a qual, a deformação da mola é proporcional a força elástica ($F = -Kx$). A escala de medição relaciona a deformação da mola e a força aplicada.

Na figura abaixo, está representado o instrumento projetado à luz do presente trabalho, concebido para funcionar com base em uma mola de compressão. Se o objeto é suspenso no gancho, o embolo comprime a mola e a sua deformação pode ser relacionada ao peso do corpo suspenso, ficando, deste modo determinado. Para estabelecer a escala de medição, são usados pesos de valor conhecido, marcando a deformação que causam ao serem suspensos.

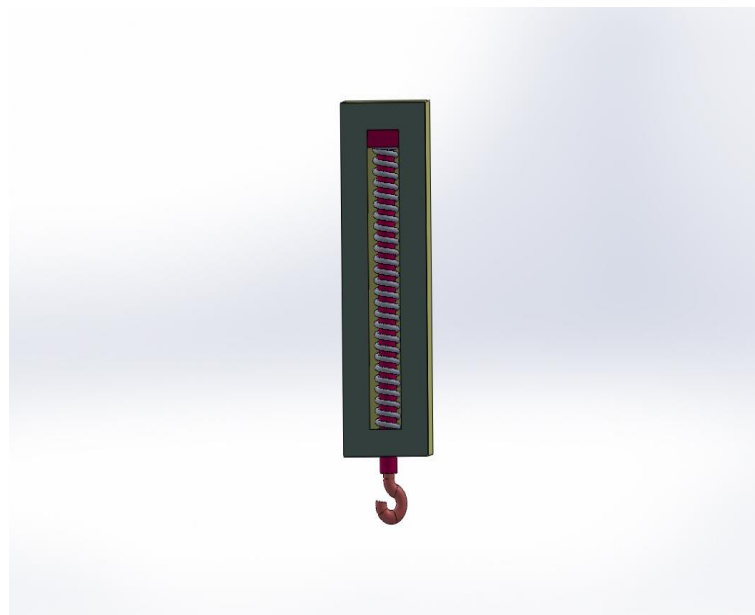


Figura 4.3: Dinamómetro.

Este instrumento, pode ser usado, também para medir a massa de um determinado corpo, basta que, para tal, se divida o peso medido pelo valor da aceleração da gravidade local ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

O uso didático que se pode dar a este instrumento, depende dos objetivos traçados para cada aula. Assim, pode ser explorado para esclarecer a relação entre peso e massa, o processo de medição do peso de um corpo e o cálculo da constante elástica de diferentes molas.

4.3.1. Verificação das condições de funcionamento

A mola usada para a construção do dinamómetro, é feita de ferro e tem as seguintes dimensões: diâmetro do arame, d , 1 mm, diâmetro da mola, D , 9,12mm, comprimento, c , 34,9 mm, espiras ativas, N_a , 9, módulo de elasticidade, G , 70 GPa. Estes dados, permitem calcular a constante de elasticidade da mola, k , pela seguinte expressão:

$$k = \frac{Gd^4}{8D^2N_a} \quad (4.3.1)$$

$$k = \frac{70 \times 10^9 \times 0,00065^4}{8 \times 0,00912^2 \times 9}$$

$$k = 146 \text{ N/m}$$

Considerando uma compressão máxima de 17 mm, a força máxima, que o dinamómetro pode medir é:

$$F = k\delta \quad (4.3.2)$$

$$F = 146 \cdot 0,024$$

$$F = 3,504 \text{ N}$$

O valor limite (equivalente a 350 g), pode ser maior, se o comprimento da mola for aumentado. Entretanto, é suficiente para que se explore o instrumento de forma didática dentro dos objetivos do ensino da Física na 11ª Classe.

4.3.2. Experiência 2: trabalho com o dinamómetro

Objetivos:

- Estabelecer uma escala para o dinamómetro usando corpos de pesos conhecidos;
- Determinar a massa de um corpo com ajuda de um dinamómetro simples;
- Determinar experimentalmente a constante elástica da mola do dinamómetro.

Introdução teórica

A força elástica pode ser considerada como a força que aparece quando se deforma um corpo elástico e tende a devolver o corpo ao formato original. Tal força é proporcional à deformação sofrida pelo corpo (dentro dos limites elásticos).

A força elástica é definida a partir da lei de Hooke. Essa lei afirma que, quando se aplica uma força sobre uma mola, ela se deforma, dando origem a uma força elástica proporcional à deformação que tem a mesma direção da força externa, mas sentido oposto. A sua expressão matemática é:

$$F = -kX \text{ (4.3.3).}$$

Onde k é a constante de elasticidade da mola.

O peso de um corpo é o módulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente, medida em relação ao solo. Assim, por exemplo, para manter uma bola em repouso sobre a mão, quando se está de pé e parado, é necessário aplicar uma força para cima para equilibrar a força gravitacional que a Terra exerce sobre a bola. Supondo que o módulo da força gravitacional é 2,0 N, o módulo da força para cima deve ser 2,0 N, portanto, o peso da bola é de 2,0 N. Também se diz que a bola pesa 2,0 N. [34]

Considerando um corpo que tem uma aceleração nula em relação ao solo, sobre ele atuam, a força da gravidade dirigida para baixo, F_g e uma força para cima, de módulo P , que a equilibra. Aplicando a primeira lei de Newton, no eixo vertical, com sentido positivo para cima, tem-se:

$$P - F_g = 0 \text{ (4.3.4)}$$

$$P = mg \text{ (4.3.5)}$$

O peso, P , de um corpo é igual ao módulo, F_g , da força gravitacional que age sobre o corpo.

Material necessário:

- Dinamómetro não graduado;
- Conjunto de pesos (cujo valor não poderá exceder 3,504);
- 1 folha de papel;
- 1 lápis;
- 1 esferográfica

- 1 Régua;
- 1 Tesoura;
- Cola.

Procedimentos para a calibragem do dinamómetro:

- Suspender no dinamómetro três corpos diferentes de pesos conhecidos (0,5 N; 1 N; 3,5N) registando os valores correspondentes para a deformação da mola;
- Verificar que, o quociente de cada peso pelo comprimento correspondente, é constante;
- O comprimento corresponde ao peso de 3,5 N será o valor de fundo da escala e o valor correspondente ao peso de 0,5 N, o valor da menor divisão;
- Desenhar na folha de papel com o lápis, as dimensões externas correspondentes às dimensões da parte frontal do dinamómetro;
- Marcar no desenho, a escala, adotando os valores acima referidos, fazendo 7 divisões, separadas pela distância que corresponde a deformação da mola ao atuar sobre ela o peso de 0,5 N;
- Depois de bem conferidas as dimensões, passar todas as linhas a caneta preta;
- Com a ajuda da tesoura, fazer os cortes necessários;
- Finalmente, colar o pedaço recortado ao dinamómetro.

Procedimentos para a medição do peso de um corpo:

- Suspendem-se dois corpos diferentes ao dinamómetro e registam-se os valores do peso de cada um (o peso de cada corpo não pode exceder o limite 3,5N);
- Comparam-se os pesos dos dois corpos;
- Usando a equação 4.3.5, considerando a aceleração da gravidade local, aproximadamente igual a $9,81 \text{ m/s}^2$, calcula-se a massa de cada corpo.

Procedimentos para determinar a constante elástica da mola:

- Suspendem-se dois corpos ao dinamómetro, um de cada vez, e registam-se os valores do Peso, P, e da alongação, X;

- Repete-se o procedimento anterior por três vezes;

- Com os dados recolhidos, preenche-se a tabela a seguir:

Pesos	1ª Medição			2ª Medição			3ª Medição			Média
	P (N)	X(cm)	K(N/cm)	P (N)	X(cm)	K(N/cm)	P (N)	X(cm)	K(N/cm)	K(N/cm)
1										
2										

Conclusões:

Os alunos com a ajuda do Professor poderão tirar conclusões relacionadas ao princípio básico de funcionamento de um dinamómetro, as limitações que o dinamómetro específico apresenta em termos de possibilidade de medição de forças e sobre a sua precisão e desenvolver percepção sobre a diferença entre o peso e a massa e o fato da calibração anteriormente feita, não ser válida para todos os lugares, uma vez que a aceleração da gravidade pode variar. Além disso, a curiosidade dos alunos deverá ser despertada em relação ao que aconteceria se fosse usada uma mola diferente e desafiados, a testarem suas hipóteses usando outra mola, na estrutura que é apresentada mais adiante.

Depois da realização da experiência, os alunos estarão em condições de responder as seguintes questões:

1. Qual é o valor do peso e da massa medidos para cada corpo?
2. Qual é o valor da constante elástica da mola?

4.4. Pêndulo gravítico simples

O pêndulo simples é um sistema mecânico composto por um fio inextensível de massa desprezável preso a um suporte, cuja extremidade contém um corpo de dimensões desprezáveis, capaz de oscilar em torno de uma posição fixa. [33]

Quando o sistema está em equilíbrio, permanece fixo na direção vertical. Ao deslocar a massa da extremidade para uma dada posição, o sistema oscila em torno da posição de equilíbrio.

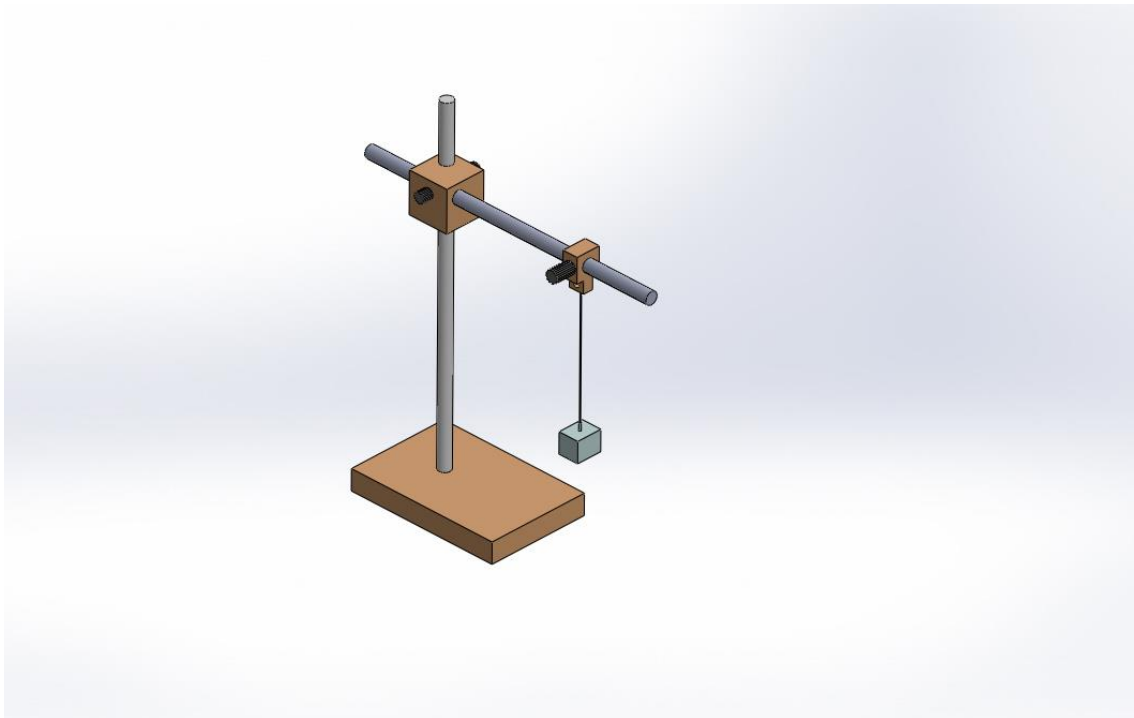


Figura 4.4.1: Pêndulo gravítico simples.

Este material pode ser usado para explicar sobre o movimento oscilatório (com ênfase ao movimento harmónico simples) durante a aula teórica ou para determinar o valor aproximado da aceleração da gravidade experimentalmente.

4.4. 1. Verificação das condições de funcionamento

Para a verificação da estabilidade do sistema, foram tidos em conta os dados relativos ao sistema projetado, na situação mais crítica, apresentados na tabela abaixo:

Peça	Posição do centro de massa em relação ao eixo x em mm	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)	Massa (g)
Barra horizontal	150	18,84	2,7	50,868
Base	25	300	1,53	459
Junta de barras	2	54,9568	1,2	65,94816
Junta barra-peso	270	9,7335	1,2	11,6802
Peso	270			m

Tabela 4.1: Dados relativos as peças do pêndulo elástico

O centro de massa do sistema, em relação ao eixo x, calcula-se pela seguinte expressão:

$$\bar{x} = \frac{\sum(x_i m_i)}{\sum m_i} \quad (4.4.1)$$

Considerando que, o sistema será estável, se o seu centro de massa em relação ao eixo X, estiver sobre o comprimento da base, cujo valor, é de 75 mm, a massa máxima do corpo a ser suspenso, será:

$$75 = \frac{150 \times 50,868 + 25 \times 459 + 2 \times 65,948 + 270 \times 11,68 + 270 \times m}{50,868 + 459 + 65,948 + 11,68 + m}$$

$$m = 47,58 \text{ g}$$

Para a verificação da resistência, além das características geométricas das peças, é necessário ter em conta o material de que foram feitas. As barras são de alumínio e as juntas de PLA, enquanto a base é de madeira.

O peso suspenso, imprime à barra horizontal, uma dada flexão e sobre a barra vertical, uma dada tração. A tensão resultante, pode ser determinada por:

$$\sigma = \frac{M_y y}{I} + \frac{N}{A} \quad (4.4.2)$$

Sendo M_y , o momento fletor, que se pode calcular pela seguinte expressão: $M_y = Fl$ (4.4.3), N, é a força normal, A, a área da secção transversal da barra e I, momento de inercia de cada uma das barras, que se pode calcular por: $I = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$ (4.4.4)

Considerando que, para a construção foram usados tubos cujo diâmetro interno é de 8mm e o externo, 12 mm e o valor da tensão limite de elasticidade do alumínio igual a 255 MPa, pode calcular-se a força que a estrutura pode suportar, com um coeficiente de segurança igual a 2:

$$I = \frac{\pi(0,012^4 - 0,008^4)}{64}$$

$$I = 0,000000008164 \text{ m}^4$$

$$A = \pi(R^2 - r^2) \quad (4.4.5)$$

$$A = \pi(0,006^2 - 0,004^2)$$

$$A = 0,0000628 \text{ m}^2$$

$$127,5 \cdot 10^6 = \frac{F \cdot 0,27 \cdot 0,012/2}{0,000000008164} + \frac{F}{0,0000628}$$

$$F = 63,7 \text{ N}$$

Portanto, a massa do corpo a ser suspenso, não deve ultrapassar 47,58 g, considerando a estabilidade do sistema e a resistência da barra. Este limite, é mais do que suficiente, para a realização das experiências que se pretendem com o mecanismo.

4.4.2. Experiência 3: Cálculo do valor aproximado da aceleração da gravidade

Objetivo: Determinar experimentalmente o valor da aceleração da gravidade com a ajuda de um pêndulo simples.

Introdução teórica

O pêndulo simples, em boa aproximação, pode ser tratado como um sistema no qual, as forças dissipativas têm uma influência desprezável. Deste modo, o movimento oscilatório é uma consequência da ação das forças, Peso e Tensão exercida pelo fio.

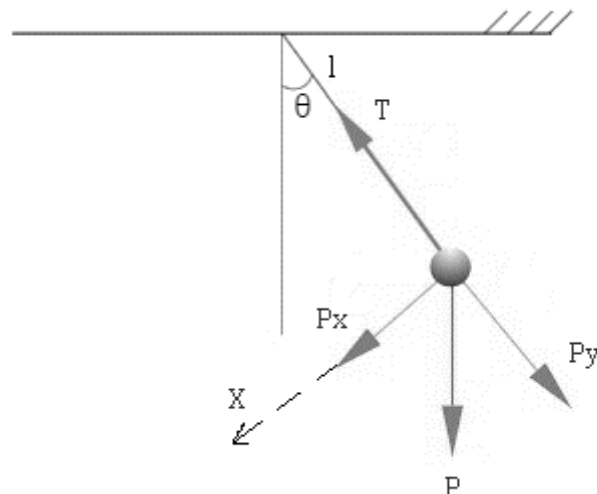


Figura 4.4.2: Diagrama de forças que atuam sobre o pêndulo simples (fonte <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/pendulo-simples.htm>)

Na figura acima, P_x e P_y , são as componentes da força peso, P .

A tensão do fio, T , e a componente em Y do peso, P_y , se anulam mutuamente, pelo que o corpo não se move nesta direção. A força resultante, é, portanto, igual a componente do peso em X , P_x :

$$F = - P_x \quad (4.4.6)$$

$$ma = - mg \sin \theta$$

$$a = - g \sin \theta \quad (4.4.7)$$

Se θ , for suficientemente pequeno (não superior a 15°), a trajetória, do corpo, pode ser considerada retilínea, pelo que: $\text{Sen}\theta = X/l$, sendo x a posição do corpo em relação ao ponto de equilíbrio e l o comprimento da corda. Então, a equação 2, será:

$$a = -\frac{g}{l}X \quad (3) \text{ ou } a = -KX \quad (4), \text{ sendo } K = \frac{g}{l} \quad (4.4.8).$$

Logo, o movimento será harmónico simples.

Sabe-se que $\omega^2 = \frac{g}{l}$ (4.4.9), sendo ω , a pulsão ou frequência angular.

Considerando a relação entre a pulsão e o Período de oscilação, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ tem-se:

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{g}{l} \text{ ou } T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (4.4.10)$$

Portanto, o período é independente da massa e é proporcional à raiz quadrada do comprimento l .

Se for considerada a relação entre a frequência e o período, $T = \frac{1}{f}$, a equação para a frequência

$$\text{será: } f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}} \quad (4.4.11).$$

Material:

- 2 Pesos de massas diferentes;
- Fio;
- Cronometro;
- Régua;
- Suporte vertical.

Procedimentos:

- Ajusta-se o comprimento do pêndulo de modo que tenha 20 cm do ponto de suspensão até ao centro do peso;
- Desloca-se o peso da posição de equilíbrio e determina-se o tempo necessário para o pendulo executar 12 oscilações completas. O deslocamento angular não deve exceder 15° . Repete-se o procedimento por três vezes e determina-se o período médio;

- Repete-se o procedimento para os comprimentos 30 cm e 45 cm;

- Repete-se o procedimento para o outro peso.

- Em todo o processo, com os resultados obtidos, preenche-se a seguinte tabela:

Peso 1				Peso 2		
l	T_m	T_m^2	$g (g=1 \frac{4\pi^2}{T^2})$	T_m	T_m^2	$g (g=1 \frac{4\pi^2}{T^2})$
20 cm						
30 cm						
45 cm						

Conclusões:

No final do processo, os alunos deverão estar prontos para responderem as seguintes questões:

1. O valor de g é coerente?
2. Determina o erro percentual, comparando com $g = 987 \text{ cm/s}^2$.

4.5. Sistema de polias montadas em uma base

Com a finalidade de realizar diferentes experimentos onde a polia é a peça principal, foi construído o material que consiste em uma base de madeira com diversos furos para permitir a montagem de polias em diferentes configurações e posições, que com auxílio de cordas ou correia, formam um sistema que permite tratar do equilíbrio dos corpos, da transmissão do movimento por correia e do ganho de força.

4.5.1. Equilíbrio dos corpos

A situação concebida para explorar o equilíbrio dos corpos, aplicando a primeira lei de Newton, consiste em duas polias montadas na base, sendo atravessadas por uma corda inextensível e de massa desprezável, tendo em suas extremidades corpos presos, no sentido de equilibrar uma carga suspensa no ponto central da corda, como mostra a figura abaixo.

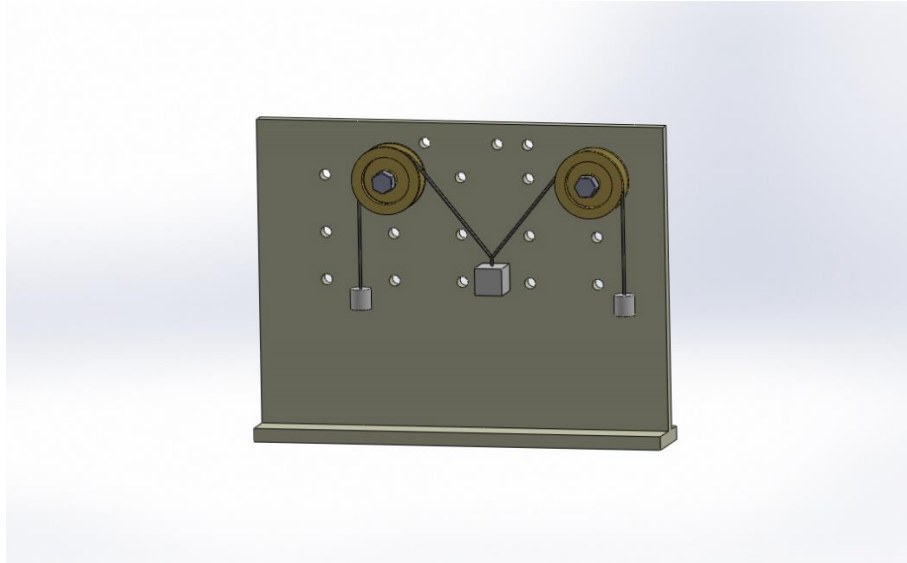


Figura 4.5.1: Sistema de corpos em equilíbrio.

A realização de experimentos com este material para a aplicação das leis de Newton, pode ser feita, usando diferentes configurações, variando a posição das polias, montando com uma polia apenas, ou acrescentando mais polias.

4.5.2. Experiência 4: Aplicação da primeira lei de Newton

Objetivos:

- Determinar a massa de um bloco central, que pode ser equilibrado pela ação de dois pesos laterais, estando os três corpos suspensos por um fio que passa por duas polias;
- Avaliar a influência da variação do ângulo, no valor da massa do bloco que é possível equilibrar.

Introdução teórica

Qualquer corpo está sempre em interação com outros corpos. Encontrando-se por isso, submetido a várias forças. A condição que define a situação, na qual, o corpo está em equilíbrio (dinâmico ou estático), é conhecida por primeira lei de Newton. De acordo com esta lei, se a resultante das forças que atuam sobre um corpo for nula, o corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme. [33]

$$\sum_{n=1}^n \vec{F}_n = 0 \quad (4.5.1)$$

Portanto, se a resultante das forças for nula, há duas possibilidades:

- Se a velocidade for nula, o corpo estará em repouso;

- Se a velocidade for constante, o corpo estará animado de movimento retilíneo uniforme.

Aplicando esta lei, pode-se chegar aos valores que permitem o sistema representado na figura 4.7, estar em equilíbrio. O sistema pode ser representado pelo seguinte diagrama:

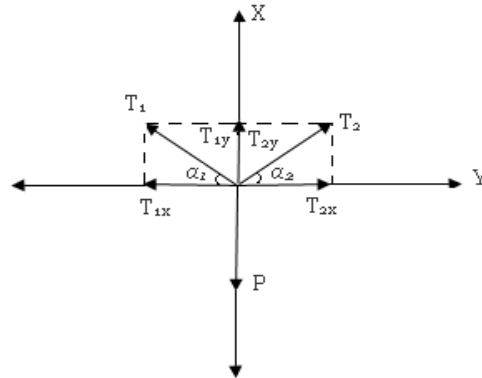


Figura 4.5.2: Diagrama de forças do sistema em equilíbrio.

Aplicando a primeira lei de Newton, tem-se:

$$YY: T_{1y} + T_{2y} - P = 0 \quad (4.5.2)$$

$$XX: T_{2x} - T_{1x} = 0 \quad (4.5.3)$$

Tendo em conta que $T_1 = P_1$ e $T_2 = P_2$, relacionando as tensões T_1 e T_2 com os ângulos α_1 e α_2 , as equações 2 e 3, adquirem a forma:

$$YY: P_1 \sin \alpha_1 + P_2 \sin \alpha_2 - P = 0 \quad (4.5.4)$$

$$XX: P_2 \sin \alpha_2 - P_1 \sin \alpha_1 = 0 \quad (4.5.5)$$

Materiais:

- Base com múltiplos furos;

- 2 Polís;

- Pesos;

- Corda;

- Transferidor;

- Dinamómetro.

Procedimentos:

- Montar o sistema como mostra a figura 4.7, usando pesos laterais conhecidos e um corpo de massa qualquer no centro;
 - Medir o ângulo formado pela corda em relação a direção horizontal, junto do ponto de aplicação das forças;
 - Usar a equação 4 para encontrar o valor do peso, P , para o qual o sistema estará em equilíbrio;
 - Substituir o corpo localizado ao centro, pelo corpo cuja massa é igual à massa calculada e observar o comportamento do sistema;
 - Repetir o procedimento, montando as polias em furos diferentes de modo a variar o ângulo entre a corda e a direção horizontal no ponto de aplicação da força do corpo que está entre os outros dois.
- Anotar os valores na tabela seguinte:

1º Ensaio				
P1	P2	α_1	α_2	P
2º Ensaio				
P1	P2	α_1	α_2	P

Conclusões:

Depois do experimento, os alunos terão de estar preparados para responderem às seguintes questões:

1. Qual é o valor da massa do corpo que se pode equilibrar nas situações 1 e 2?
2. Que influência tem a variação da direção em que atuam os pesos no valor da massa que pode ser equilibrada?

4.5.3. Transmissão por correia

Para que o sistema de polias montadas em uma base, seja usado como meio para aulas sobre a transmissão do movimento, montam-se duas polias na base e une-se as mesmas por uma correia, como mostra a figura 4.9.

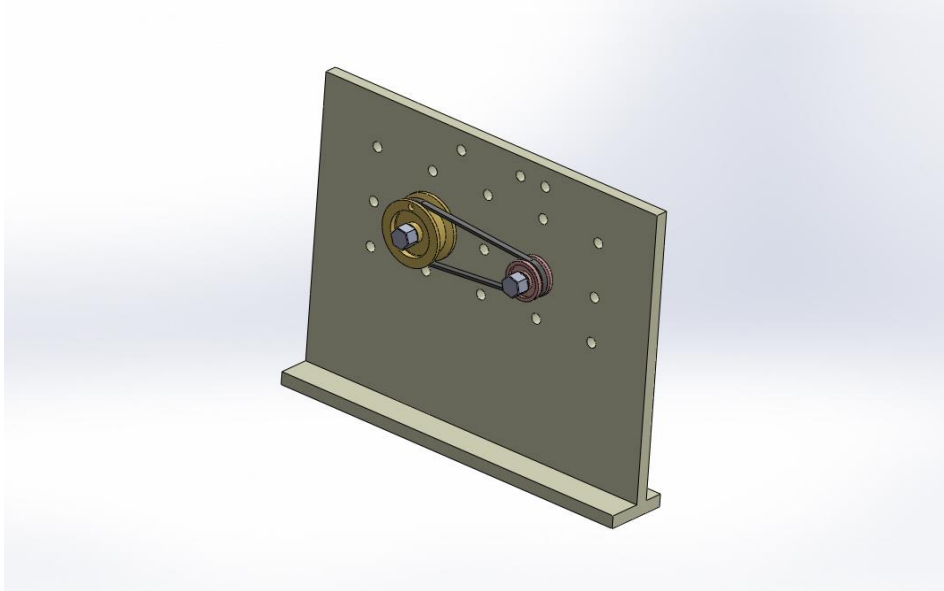


Figura 4.5.3: Transmissão do movimento por correia

Nesta configuração, este material pode ser usado para estudar o movimento curvilíneo, permitindo explorar, de maneira prática grandezas físicas como: velocidade linear, velocidade angular, frequência de rotação e aceleração centrípeta, em experiências demonstrativas. No exemplo a seguir, é apresentado um protocolo experimental, onde o dispositivo pode ser explorado.

4.5.4. Experiência 5: polias ligadas por correia

Objetivo: relacionar as grandezas velocidade, velocidade angular, período, frequência e aceleração centrípeta para duas polias ligadas por correia.

Introdução teórica

Diz-se que, uma partícula está em movimento circular, quando a trajetória descrita pela mesma é um arco de circunferência. Neste caso, além das grandezas físicas lineares, existem as grandezas físicas angulares. Este movimento, no caso de o móvel descrever arcos iguais em intervalos de tempo iguais, diz-se que, é circular e uniforme (MCU).

Consideremos uma partícula em movimento do ponto 1 para o ponto 2, de acordo com a figura abaixo.

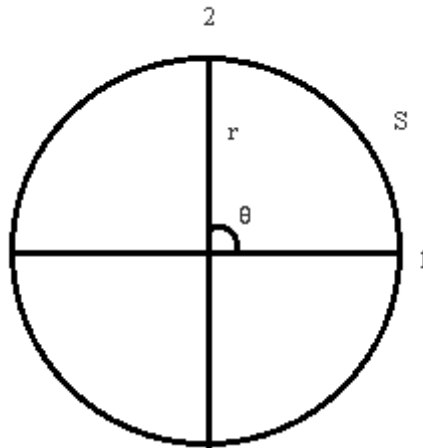


Figura 4.5.4: Movimento circular descrito por uma partícula.

A partícula em questão, descreve o arco S , mas também, o ângulo θ . Estas duas grandezas relacionam-se pela expressão $S = \theta \cdot r$ (4.5.6).

A velocidade angular é a grandeza física que mede o ângulo descrito por unidade de tempo.

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad (4.5.7).$$

A velocidade linear ou simplesmente, velocidade, é a grandeza física que mede o arco descrito por unidade de tempo. $v = \frac{S}{t}$ (4.5.8).

A velocidade linear, neste caso, é tangencial à trajetória.

A velocidade linear e a velocidade angular, relacionam-se pela fórmula: $v = \omega \cdot r$ (4.5.9).

Ao tempo que a partícula demora, para dar uma volta completa, chama-se período de rotação (T). Enquanto, ao número de voltas por unidade de tempo, chama-se frequência (f). O período e a frequência estão relacionados pela seguinte expressão: $T = \frac{1}{f}$ (4.5.10).

Se a partícula descreve uma volta completa, $\theta = 2\pi$ e $t = T$, logo a equação 2, pode escrever-se: $\omega = \frac{2\pi}{T}$ (4.5.11).

Nos movimentos curvilíneos, podem distinguir-se dois tipos de aceleração: a aceleração tangencial e a aceleração normal ou centrípeta.

A aceleração tangencial, mede a variação do valor numérico da velocidade por unidade de tempo. No caso de MCU, a aceleração tangencial é nula.

A aceleração centrípeta, mede a variação de direção da velocidade. Já que a velocidade varia em direção e sentido, ela no MCU não é nula. Seu valor calcula-se pela expressão: $a = \frac{v^2}{r}$ (4.5.12) ou $a = \omega^2 \cdot r$ (4.5.13).

O movimento circular de uma polia, pode ser transmitido para a outra através de uma correia.

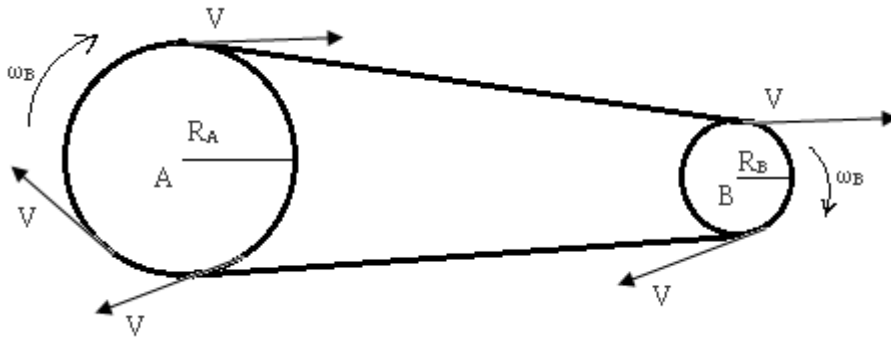


Figura 4.5.6: Transmissão do movimento circular por correia

Nesta situação, admitindo que não haja escorregamento nas polias, os pontos da periferia das rodas têm a mesma velocidade tangencial.

$$V_A = \omega_A \cdot R_A \quad (4.5.14)$$

$$V_B = \omega_B \cdot R_B \quad (4.5.15)$$

Então: $\omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B$ (11) ou $f_A \cdot R_A = f_B \cdot R_B$ (4.5.16).

Da equação 4.5.16, conclui-se que a polia de menor raio apresenta maior frequência.

Materiais:

- Base com múltiplos furos;
- 2 Polias;
- Correia;
- Papel, e cola;
- Cronometro.

Procedimentos:

- Monta-se o equipamento de acordo com a configuração da figura 4.9;

- Cortam-se pequenos pedaços de papel e colam-se em pontos específicos de cada polia, no sentido de marcá-los, para perceber melhor o comportamento de cada um;
- Roda-se lentamente a poli maior, enquanto se registam, o número de voltas dadas pela mesma num dado intervalo de tempo, que é lido pelo cronometro;
- Usando os dados do procedimento anterior, aplicam-se as equações, para calcular a velocidade angular, período, frequência e aceleração centrípeta, para cada uma das polis e a velocidade linear comum as duas polis.

Conclusões:

Depois de realizada a experiência, os alunos estarão em condições de responder as seguintes questões:

1. Como estão relacionadas a velocidade angular, o período, a frequência, a aceleração centrípeta, e a velocidade linear das duas polis.
2. Considerando constantes os parâmetros relativos a poli maior, quantas voltas dará a polia menor se a primeira der 27 voltas? Justifique a sua resposta.

4.5.5. Sistema de roldanas para erguer pesos

Com o propósito de ser usado para experimentar o uso de polis para levantar cargas pesadas, foi proposto um arranjo com três roldanas, sendo duas moveis e uma fixa, dispostas como mostra a figura 4.5.7.

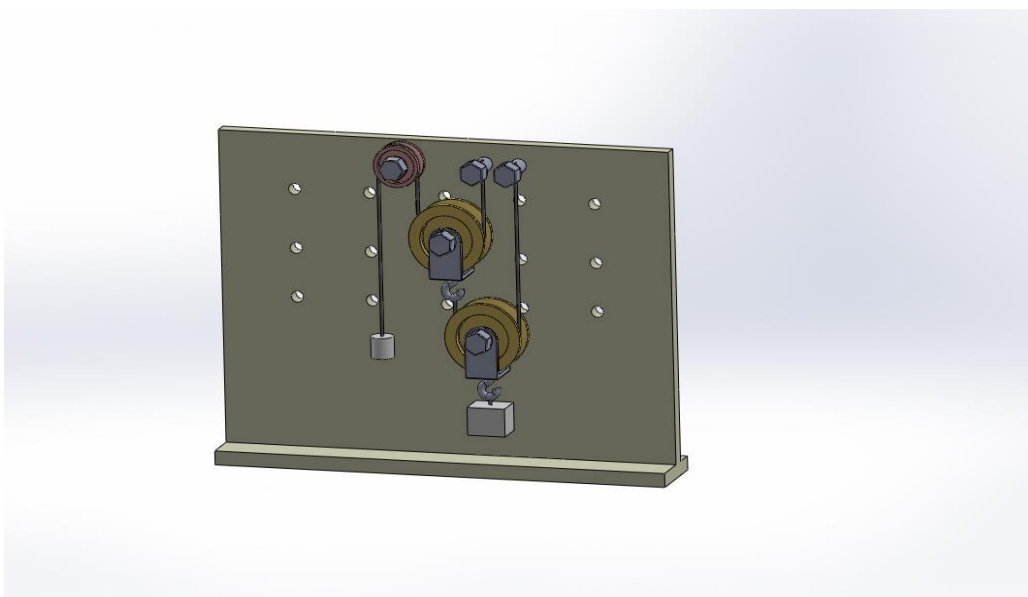


Figura 4.5.7: Sistema de polis para levantar cargas pesadas

O material pode ser usado, com recurso ao protocolo experimental que é apresentado já a seguir.

4.5.6. Experiência 6: Levantamento de pesos usando sistema de roldanas

Objetivo: Estimar o quanto se pode ganhar em força, usando um sistema de roldanas para levantar uma carga.

Introdução teórica

A roldana ou polia é um sistema mecânico, capaz de modificar uma força, quer em sentido, quer em intensidade, podendo ser, fixa ou móvel.

Considere-se o esquema de uma roldana fixa, representado na figura abaixo.

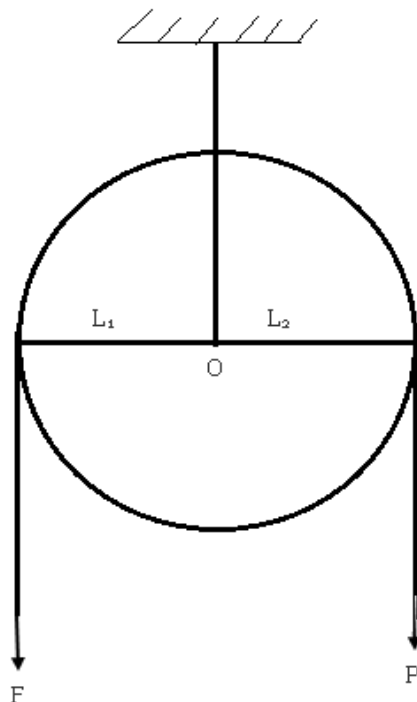


Figura 4.5.8: Esquema de uma roldana fixa

Sendo P , o peso da carga que se pretende levantar e F , a força exercida para levantá-lo. Aplicando a primeira lei de Newton, o sistema estará em equilíbrio em relação ao ponto O , se:

$$FL_1 - PL_2 = 0 \quad (4.5.17)$$

$$\text{Sendo } L_1 = L_2, F = P \quad (4.5.18)$$

Portanto, com a roldana fixa não se ganha em força. O que permite este tipo de roldana, é alterar a direção e o sentido em que atua a força. Por exemplo, se houver necessidade de levantar um corpo, pode-se aplicar uma força de cima para baixo numa das extremidades de uma corda que passa por uma roldana fixada em um ponto alto e essa força será transmitida à carga, para levantá-la, de baixo para cima. Isto é vantajoso porque podemos aproveitar o nosso próprio peso para cumprir a tarefa de levantar o corpo.

Para analisar o que sucede com a roldana móvel, vamos considerar o esquema representado a seguir.

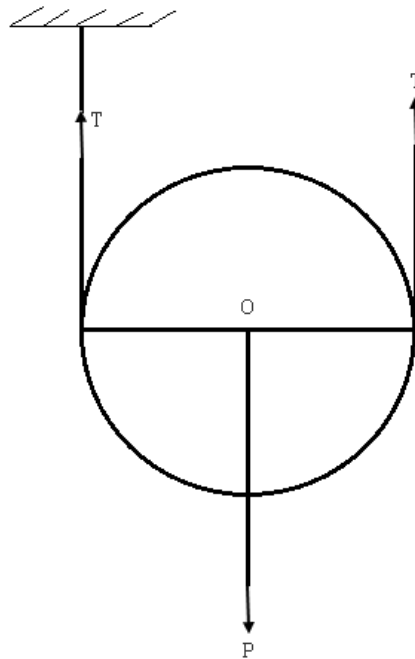


Figura 4.5.9: Esquema de uma roldana móvel

Sendo P , o peso da carga que se pretende levantar e T , a tensão na corda onde atua a força de tração. Aplicando a primeira lei de Newton no eixo vertical, teremos:

$$2 T - P = 0 \text{ ou } T = \frac{P}{2} \quad (4.5.19)$$

Portanto, para se levantar uma carga por meio de uma roldana móvel é necessário aplicar, apenas, uma força duas vezes menor ao peso que se pretende levantar, isto é, ganha-se o dobro da força.

Dado um sistema de roldanas moveis, a força necessária para levantar um dado corpo de peso, P , é dada por:

$$F = \frac{P}{2^n} \quad (4.5.20)$$

Sendo n , o número de roldanas moveis que o sistema possui. Na figura 4.10, está representado um sistema com duas roldanas moveis.

Materiais:

- Base com múltiplos furos;
- 3 Polís;
- Cordas;
- Parafusos;
- 2 Pesos de tamanhos diferentes.

Procedimentos:

- Monta-se o sistema de acordo com a configuração da figura 4.10;
- Aplica-se a equação 4 para determinar a força necessária para equilibrar o sistema;
- Mede-se com o dinamómetro na extremidade livre da corda a força necessária para erguer o peso;
- Repete-se o procedimento com outro par de corpos.

Conclusões:

Depois da realização da experiência, os alunos poderão estar em condições de responder a seguinte questão: Quanto se pode ganhar em força usando o sistema de roldanas?

4.6. Sistema Mecânico

Trata-se de um mecanismo que transmite o movimento curvilíneo realizado por uma pequena manivela, através de três engrenagens, a uma peça paralelepipedica, montada entre duas guias fixas na base, que em consequência, executa movimento alternativo. Ao eixo da engrenagem causadora do movimento alternativo, está montada uma engrenagem cónica que transmite o movimento a outra engrenagem cónica, invertendo a direção do movimento em 90° , para mover através de uma correia que une duas polís, um eixo que tem a função de enrolar papel de fatura de maneira sincronizada com o movimento alternativo. Na extremidade da peça paralelepipedica, é montado um lápis, para que, ao movimentar o sistema, seja desenhado no pedaço de papel, o gráfico sinusoidal corresponde.

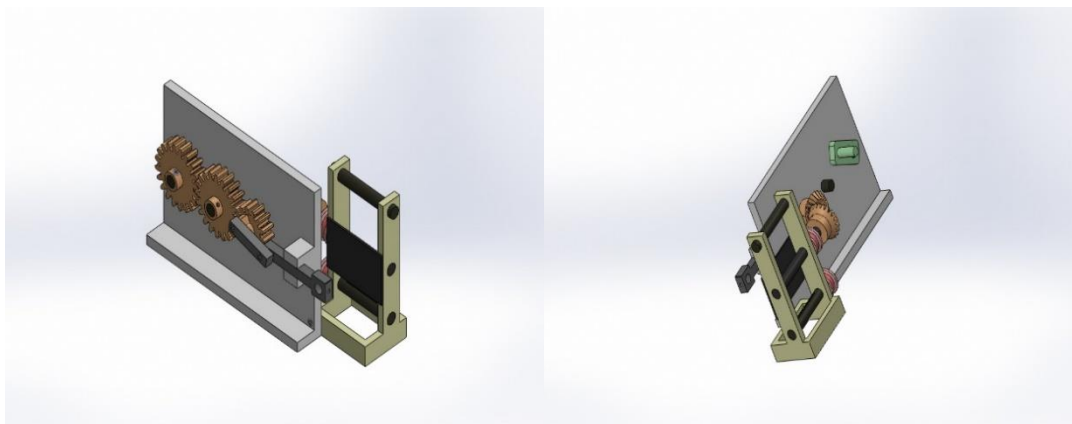


Figura 4.6.1: sistema mecânico.

Este mecanismo, pode ser usado para diferentes fins didáticos. Nas aulas de mecânica em escolas técnicas, pode ser explorado para tratar sobre a transmissão de movimentos por engrenagens e correias e para mostrar a base de funcionamento de motores alternativos. Para o ensino da Física no contexto angolano, pode ser usado para tratar sobre o movimento circular, permitindo explicar questões relacionadas a periodicidade do movimento, a relação entre a velocidade linear e a velocidade angular e a transmissão do movimento por engrenagens e por correia. Entretanto, no quadro dos objetivos que se perseguem, no presente trabalho, é de particular importância, a aplicação do mecanismo para o estudo do movimento oscilatório.

4.6.1. Verificação das condições de funcionamento

O engrenamento, obedece a duas leis que são:

- Lei do engrenamento I: para que duas engrenagens possam “engrenar”, (sem ocorrer deslizamento, separação ou rutura do par) é necessário que o passo circular de ambas, seja o mesmo;
- Lei do engrenamento II: para a relação de transmissão ser constante durante uma rotação do par engrenado o ponto primitivo deve permanecer fixo sobre a linha de centros. Assim, todas as linhas de ação devem passar pelo ponto primitivo. [35]

As engrenagens do sistema em referência, foram dimensionadas de maneiras a serem satisfeitas as leis do engrenamento. Nesta perspectiva, para as duas engrenagens cilíndricas de raios diferentes, apresentam-se os valores na tabela a seguir:

Parâmetro	Fórmula	Valor para a engrenagem 1	Valor para a engrenagem 2	Obs
Diâmetro primitivo (D _p)		38 mm	58mm	Arbitrado
Número de dentes (Z)	$Z_1 D_1 = Z_2 D_2$	13	20	O valor Z ₂ = 20, foi arbitrado
Módulo (m)	$m = \frac{D_p}{Z}$	2,9 mm	2,9 mm	
Diâmetro externo (D)	$D = m(Z+2)$	43,5 mm	63,8 mm	
Ângulo de pressão (θ)		20°	20°	Segundo as normas
Diâmetro de base (D _b)	$D_b = D_p \cos \theta$	35,7 mm	54,5 mm	
Diâmetro interno (D _i)	$D_i = m(Z - 2,334)$	30,93mm	48,33mm	
Ângulo do dente	$\alpha = \frac{90^\circ}{Z}$	6,69°	4,5°	
Passo circular	$P_c = m\pi$	9,106 mm	9,106 mm	
Largura do dente (l)		15 mm	15 mm	
Distância entre eixos (C)	$C = \frac{D_{p1} + D_{p2}}{2}$	48 mm		

Tabela 4.2: Valores dos parâmetros das engrenagens cilíndricas

Para verificar a resistência dos dentes das engrenagens, estimou-se em 2 N, a força exercida sobre o braço da alavanca. Tendo em conta que, a mesma foi projetada com 38 mm, de comprimento, o momento imposto ao sistema é:

$$M = F.l \quad (4.6.1)$$

$$M = 2 \times 0,038$$

$$M = 0,076 \text{ Nm}$$

A força que atua na zona mais crítica do dente da engrenagem maior, é:

$$M = F_t \frac{D_p}{2} \quad (4.6.2)$$

$$F_t = \frac{2M}{D_p} \quad (4.6.3)$$

$$F_t = \frac{2 \times 0,076}{0,038}$$

$$F_t = 4 \text{ N}$$

Pelo método de Hertz, a resistência de contacto pode ser verificada utilizando a seguinte expressão, [36]:

$$\sigma_c = \sqrt{0,35 \frac{F \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)}{l \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)}} \quad (4.6.4)$$

$$\sigma_c = \sqrt{0,35 \frac{4 \left(\frac{1}{0,019} + \frac{1}{0,029} \right)}{0,015 \left(\frac{1}{3,5 \cdot 10^9} + \frac{1}{3,5 \cdot 10^9} \right)}}$$

$$\sigma_c = 3,77 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 3,77 \text{ MPa}$$

O coeficiente de segurança para este caso, tendo em conta que o valor da tensão admissível para o PLA está entre 70 a 80 MPa, é:

$$c. s = \frac{70}{3,77} = 18,57$$

Pelo método de Lewis, a verificação da resistência a flexão, pode ser calculada pela seguinte expressão, [36]:

$$\sigma = \frac{W_t}{l p_c} \quad (4.6.5)$$

Onde W_t , é a carga transmitida, l é a largura do dente, p_c é o passo circular e y é o fator de forma de Lewis.

Considerando os dados disponíveis para a e engrenagem maior, na situação presente, teremos:

$$\sigma = \frac{4}{0,015 \times 0,322 \times 0,009106}$$

$$\sigma = 90\,946,3375682 \text{ Pa} = 0,9095 \text{ MPa}$$

Pode concluir-se que, o dente suporta a pressão de contacto e resiste a flexão, havendo um coeficiente de segurança de 18,57.

Além das engrenagens anteriormente tratadas, foram usadas duas engrenagens cónicas iguais, montadas em eixos que formam um ângulo de 90°. As mesmas, têm as seguintes características, resumidas na tabela abaixo:

Parâmetro	Fórmula	Valor
Diâmetro primitivo medido no cone posterior (d_{01})		44,39 mm
Número de dentes (Z)		22
Módulo (m)	$m = \frac{d_{01}}{Z}$	2 mm
Passo circular	$p_c = \pi m$	6,28 mm
Diâmetro do cone anterior		29 mm
largura do dente		10 mm
Ângulo primitivo (δ_1)	$\tan \delta_1 = \frac{Z_1}{Z_2}$	45°
Diâmetro médio (d_{1m})	$d_{1m} = d_{01} - b_1 \text{sen} \delta_1$	37,34 mm

Tabela 4.3: Valores dos parâmetros das engrenagens cónicas

O momento aplicado à manivela, é transmitido para este par de engrenagens, pelo que, a força que atua sobre o dente durante a transmissão, pode ser calculada expressão:

$$F_t = \frac{2M}{D_{1m}} \quad (4.6.6)$$

$$F_t = \frac{2 \times 0,076}{0,03734}$$

$$F_t = 4,07 \text{ N}$$

Aplicando a expressão 4.7.4, a tensão aplicada ao dente, é:

$$\sigma_c = \sqrt{0,35 \frac{4,07 \left(\frac{2}{0,01867} \right)}{0,01 \left(\frac{2}{3,5109} \right)}}$$

$$\sigma_c = 1,8 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 1,8 \text{ MPa}$$

Para verificar a resistência a flexão, aplica-se a equação 4.6.5:

$$\sigma = \frac{4,07}{0,01 \times 0,331 \times 0,00628}$$

$$\sigma = 195\,797,33 \text{ Pa} = 0,196 \text{ MPa}$$

O dente suporta a pressão de contacto exercida e resiste a flexão, com um coeficiente de segurança, de 38,89.

4.6.2. Experiência 7: Conversão do movimento circular em movimento oscilatório

Objetivos:

- Perceber a relação entre o movimento circular e o movimento oscilatório;
- Determinar experimentalmente o período e a frequência de oscilação;
- Escrever as equações da elongação, velocidade e aceleração, considerando o movimento como harmónico simples.

Introdução teórica

Para estabelecer as leis do MHS recorre-se a um método geométrico simples que relaciona o movimento circular uniforme com o movimento harmónico simples e que permite deduzir a equação das elongações, a das velocidades e das acelerações, em função do tempo. [33]

Considera-se, então, uma partícula P que descreve uma trajetória circular, de raio $R = A$, com movimento uniforme e, para cada instante, o ponto Q, projeção do ponto P no diâmetro vertical da circunferência, como mostra a figura:

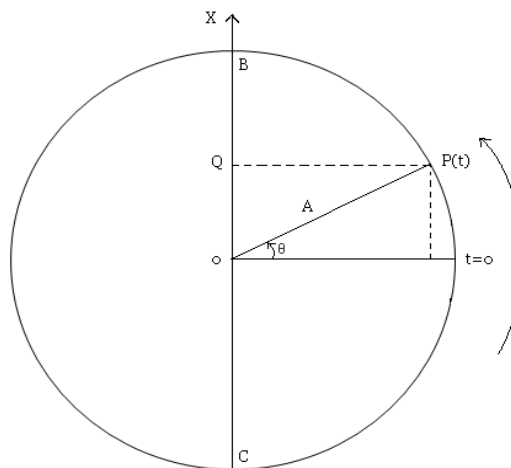


Figura 4.6.2:Relação entre o movimento circular e o movimento oscilatório (Fonte: Manual de Física da 11ª Classe)

No instante $t=0$ Q encontra-se em o e no instante, t, a sua posição no eixo X é:

$$X = A \sin \theta \quad (4.6.7)$$

Onde, X é a elongação, A é a amplitude, e θ é a fase do movimento.

No movimento circular uniforme, a velocidade angular ou frequência angular calcula-se pela expressão: $\omega = \frac{2\pi}{T}$, ou seja, $\theta = \omega t$, pelo que a equação anterior toma a forma:

$$X = A \sin(\omega t) \quad (4.6.8)$$

Para situações em que a fase inicial não é nula, a equação da elongação toma a seguinte configuração:

$$X = A \sin(\omega t + \theta_0) \quad (4.6.9)$$

A velocidade, calcula-se pela primeira derivada da elongação em função do tempo:

$$v = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \theta_0) \quad (4.6.10)$$

A aceleração, calcula-se pela primeira derivada da velocidade em função do tempo:

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \sin(\omega t + \theta_0) \quad (4.6.11)$$

Materiais:

- Sistema mecânico;
- Lápis;
- Rolo de papel para fatura;
- Cronómetro;
- Régua.

Procedimentos:

- Monta-se o rolo de papel no eixo superior do suporte unido ao oscilador e a extremidade livre do mesmo, é introduzida no rasgo localizado no eixo inferior;
- Monta-se o lápis na peça paralelepipedica do oscilador, de maneira a poder escrever sobre o papel;
- Roda-se a manivela de maneira a completar 10 voltas e mede-se o tempo com o cronómetro;
- Retira-se a parte do papel escrita pelo lápis, compara-se o número de oscilações e o número de voltas e mede-se com a régua o valor da amplitude de oscilação e tira-se do valor da fase inicial.

- Repetem-se os procedimentos por três vezes e anotam-se os valores na seguinte tabela:

Experiência	Nº Oscilações	t(s)	f(Hz)	T(s)	ω (rad/s)	A (cm)	θ_0
1							
2							
3							

Conclusões:

Os alunos com a ajuda do professor, deverão saber relacionar arcos de circunferência com seus correspondentes pedaços de gráfico sinusoidal e de responderem as seguintes perguntas:

- Qual é o valor da frequência e do período do movimento?
- Quais são as equações da elongação, velocidade e aceleração, considerando o movimento como harmónico simples? Representa-as graficamente considerando o período medido.

4.6.2. Sistema de engrenagens

O sistema mecânico proposto, pode ser usado sem a parte que permite converter o movimento circular em movimento alternativo, para estudar a transmissão de movimento por engrenagens.

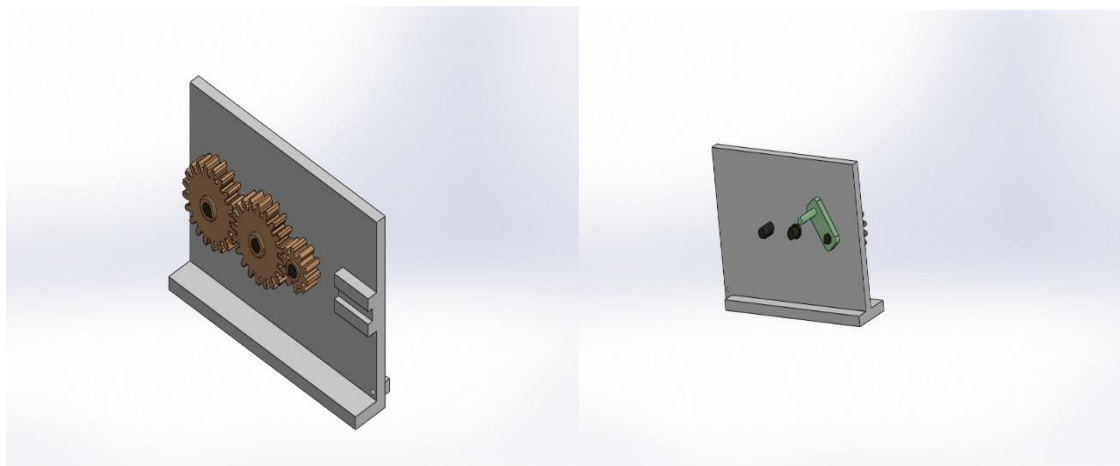


Figura 4.6.3: Transmissão do movimento por engrenagens

Uma das formas de aplicar o material, em aulas experimentais, pode ser conseguida através do protocolo experimental que se segue.

4.6.3. Experiência 8: Transmissão por engrenagens

Objetivos:

- Compreender a forma como a transmissão por engrenagens ocorre;
- Relacionar a velocidade linear, a velocidade angular, o período, a frequência e a aceleração centrípeta das engrenagens.

Introdução teórica

O movimento circular, além de ser transmitido por correia, pode ser transmitido por contacto entre rodas que para evitar escorregamento, costumam a ser dentadas (engrenagens). [37]

Considerando a figura 4.20, supondo que a engrenagem motora, roda no sentido horário, o sentido de rotação das outras engrenagens, coincide com a representação no esquema a seguir.

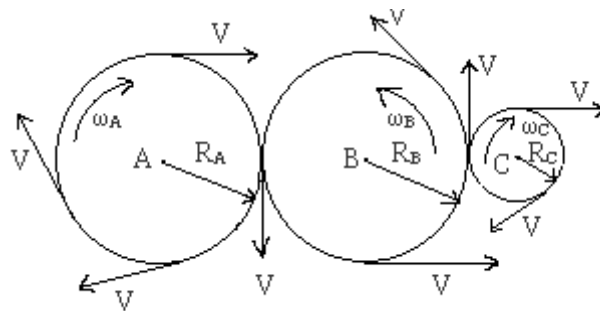


Figura 4.6.4: Esquema de uma transmissão por engrenagens

A semelhança do que acontece com a transmissão por correia, nesta situação, admitindo que não haja escorregamento entre as engrenagens, os pontos da periferia das rodas têm a mesma velocidade tangencial.

$$V_A = \omega_A \cdot R_A \quad (4.6.12)$$

$$V_B = \omega_B \cdot R_B \quad (4.6.13)$$

$$V_C = \omega_C \cdot R_C \quad (4.6.14)$$

$$\text{Então: } \omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B = \omega_C \cdot R_C \quad (4.6.15) \text{ ou } f_A \cdot R_A = f_B \cdot R_B = f_C \cdot R_C \quad (4.6.16)$$

Da equação 4.6.16, conclui-se que a poli de menor raio apresenta maior frequência.

Material:

- 3 engrenagens;
- Base de montagem;
- Eixos;
- Manivela;
- Papel, e cola;
- Cronometro.

Procedimentos:

- Monta-se o equipamento de acordo com a configuração da figura 4.20;
- Cortam-se pequenos pedaços de papel e colam-se em pontos específicos de cada engrenagem, no sentido de marcá-las, para perceber melhor as voltas que cada uma dá;
- Roda-se lentamente a engrenagem motora com auxílio da manivela, enquanto se registam, o número de voltas dadas pela mesma num dado intervalo de tempo, cronometrado;
- Usando os dados do procedimento anterior, aplicam-se as equações, para calcular a velocidade angular, período, frequência e aceleração centrípeta, para cada uma das engrenagens e a velocidade linear comum as três engrenagens.

Conclusões:

Depois de realizada a experiência, os alunos estarão em condições de responder as seguintes questões:

1. Em que sentido se moveram as engrenagens B e C, se a engrenagem motora se mover no sentido anti-horário?
2. Como estão relacionadas a velocidade angular, o período, a frequência, a aceleração centrípeta, e a velocidade linear das três engrenagens.

4.7. Plano Inclinado

Um plano inclinado é uma superfície plana rígida inclinada em relação à horizontal, por exemplo, uma rampa. O plano inclinado que se propõe, foi desenvolvido para permitir ao usuário, ter uma grande possibilidade de posições angulares, como se pode ver, na representação abaixo:

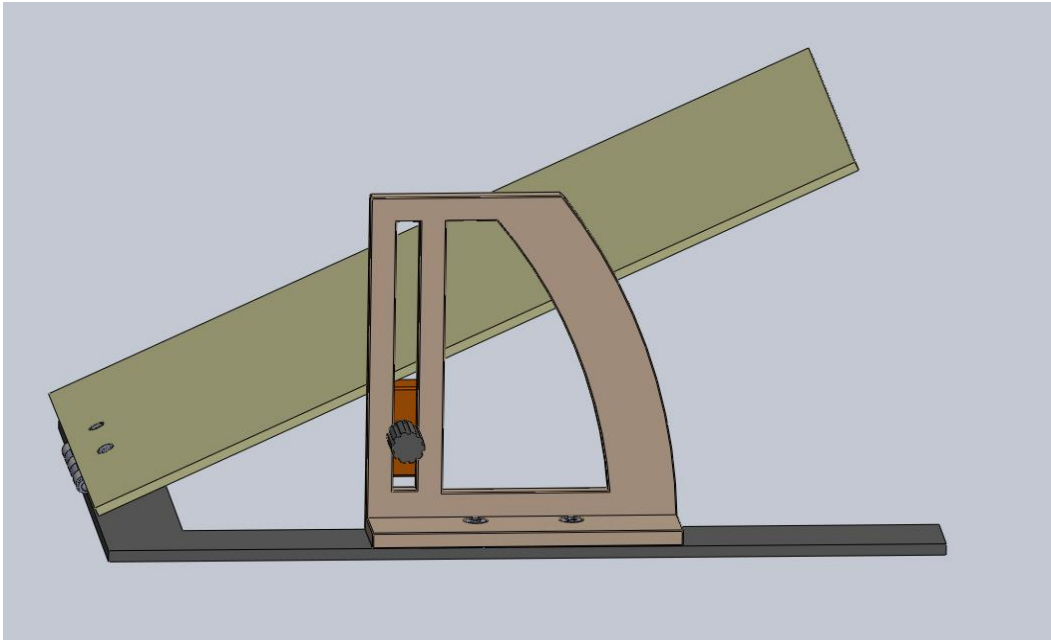


Figura 4.7.1: Plano inclinado.

Nas aulas de Física, o plano inclinado é indispensável dentro dos conteúdos programáticos do 2º Ciclo do Ensino Secundário. Pode ser usado para tratar sobre o atrito, de forma qualitativa ou envolvendo medições de unidades, tratar sobre as aplicações das leis de Newton e relacionar a intensidade da força com o grau da inclinação.

4.7.1. Verificação das condições de funcionamento

O plano inclinado concebido, poderá desempenhar as suas funções, se o parafuso que permite ajustar a altura do plano, estiver apertado com força suficiente, havendo equilíbrio entre o peso da carga colocada no plano e a força de atrito. Deste modo:

$$F_a - P = 0 \quad (4.7.1)$$

$$F_a = mg \quad (4.7.2)$$

O uso do mecanismo, como material para aulas experimentais de Física, normalmente, requer cargas pequenas. Considerando uma carga máxima de 500 g, a força de atrito necessária é de aproximadamente 5 N.

$$\text{Entretanto, por definição, } F_a = \mu N \quad (4.7.3)$$

Sendo N , a força normal. No caso presente, é equivalente a força de aperto do parafuso, P_s . Logo,

$$P_s = \frac{F_a}{\mu} \quad (4.7.4)$$

$$P_s = \frac{5}{0,2}$$

$$P_s = 25 \text{ N}$$

A tensão necessária para o equilíbrio do sistema, é dada por:

$$\sigma = \frac{P_s}{A} \quad (4.7.5)$$

Pelas características geométricas do mecanismo, a área de contacto entre o parafuso e a superfície será:

$$A = \pi r^2 - cl \quad (4.7.6)$$

Onde r é o raio da superfície do parafuso em contacto com a superfície, c e l , são o comprimento e a largura da área livre da superfície de contato. Substituindo os dados, teremos:

$$A = \pi \times 0,007^2 - 0,014 \times 0,01$$

$$A = 0,00001386 \text{ m}^2$$

$$\text{Então, } \sigma = \frac{25}{0,00001386} = 1803751,80 \text{ Pa} = 1,8 \text{ MPa}$$

Para o material usado no projeto (PLA), a tensão admissível é de 70 MPa, logo, o coeficiente de segurança, é: $c. s = \frac{1,8}{70} = 38,9$. Portanto, o material suporta a força de aperto necessária.

4.7.2. Experiência 9: o plano inclinado e a força de atrito

Objetivos:

- Comparar de forma qualitativa, a força de atrito que age em três corpos diferentes apoiados sobre a mesma superfície;
- Determinar experimentalmente o valor do coeficiente de atrito entre um bloco e o plano inclinado.

Introdução teórica

A força de atrito é a força que aparece na superfície de contacto entre dois corpos em movimento relativo ou na iminência de um se mover sobre o outro e que se dirige em sentido contrário ao

movimento. O atrito tem origem nas ligações mecânicas entre as asperezas (ainda que microscópicas) das superfícies e nas ligações químicas entre os átomos das mesmas, de tal maneira que, para pôr em movimento uma superfície sobre a outra é necessário aplicar uma força com intensidade suficiente para romper tais ligações. [34]

O atrito, diz-se estático, quando atua no sentido de impedir que o corpo comece a mover-se. O valor máximo do atrito estático é dado por:

$$f = \mu_e F_N \quad (4.7.7)$$

Onde μ_e , é o coeficiente de atrito estático e F_N , o valor da força normal que a superfície exerce sobre o corpo. Se sobre o corpo atuar uma força paralela à superfície cuja intensidade excede ao valor do atrito estático máximo, então o corpo começa a deslizar sobre a superfície. O valor da força de atrito diminui rapidamente para o valor da força de atrito dinâmico, que se pode calcular pela seguinte expressão:

$$f = \mu_d F_N \quad (4.7.8)$$

Onde μ_d , é o coeficiente de atrito dinâmico ou deslizamento. [34]

Os coeficientes μ_d e μ_e são adimensionais e devem ser determinados experimentalmente. Seus valores dependem das propriedades das superfícies em contacto. Experiências demonstram que o valor de μ_d é sempre menor que o valor de μ_e .

Ao colocarmos sobre um plano inclinado um corpo de massa, m , ele ficará em repouso enquanto a força de atrito for igual à componente do peso paralela ao plano.

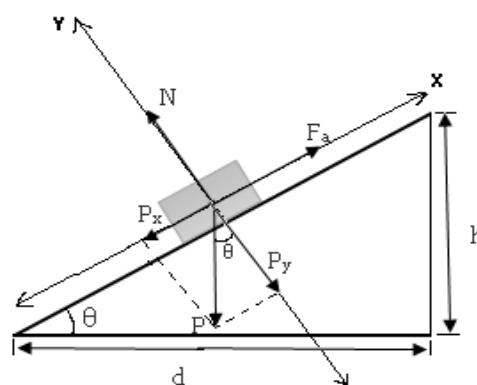


Figura 4.7.2: Diagrama de forças que atuam sobre um corpo em um plano inclinado.

Chama-se esta posição de limite de deslizamento e, havendo uma pequena variação em θ , o corpo deslizará.

No limite teremos:

$$P_x = F_a = P \sin \theta \quad (4.7.9)$$

$$P_y = N = P \cos \theta \quad (4.7.10)$$

Dividindo 3 por 4, teremos:

$$\frac{F_a}{N} = \operatorname{tg} \theta \quad (4.7.11)$$

O quociente $\frac{F_a}{N}$, é igual ao coeficiente de atrito estático, μ_e , portanto:

$$\mu_e = \operatorname{tg} \theta = \frac{h}{d} \quad (4.7.12)$$

Considere-se a força de atrito estática independente da área de contacto e a força de atrito dinâmico independente da velocidade.

Materiais:

- Plano inclinado de altura variável;
- 3 blocos de materiais diferentes: madeira, plástico e metal;

Procedimentos:

Para experiência demonstrativa

- Coloca-se o plano inclinado no ponto onde a inclinação é mínima e colocam-se sobre ele os três blocos em simultâneo;
- Varia-se lentamente a altura do plano e observa-se o comportamento dos blocos. O primeiro bloco a mover-se, será aquele que sofre a influencia da menor força de atrito, sendo que a força de atrito sobre o último que começa a deslizar será a maior entre todas.

Para o coeficiente de atrito estático:

- Monta-se o plano inclinado, de maneira a ter uma inclinação ligeira e coloca-se sobre ele um dos blocos, medindo os valores de d e h;
- Varia-se lentamente a altura do plano até o corpo começar a deslizar;
- Regista-se o valor de h;

- Repete-se a experiência 5 vezes;
- A partir de d e h , calcula-se $tg\theta$. [38]

Para o coeficiente de atrito dinâmico:

- Utilizam-se os mesmos procedimentos utilizados para o coeficiente de atrito estático, porém, ao variar o valor de h , dá-se uma leve pancada sobre o plano para romper o atrito estático. [38]

Conclusões:

Os alunos, no final, deverão estar em condições de responder às seguintes questões:

- Em qual dos blocos a força de atrito estático atuante é maior? Porquê?
- Quais são os valores médios dos coeficientes de atrito estático e dinâmico?

4.7.3. Experiência 10: Movimento de um corpo ao longo de um plano inclinado

Objetivo: determinar a aceleração que adquire um corpo ao deslizar sobre o plano inclinado.

Introdução teórica

Consideremos um corpo de massa, m , a deslizar sobre um plano inclinado, como mostra a figura:

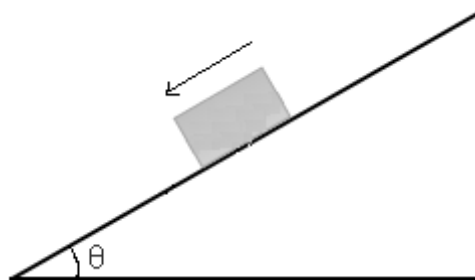


Figura 4.7.3: Corpo sobre um plano inclinado.

As forças que atuam sobre o corpo, estão representadas na figura 4.16:

Aplicando as leis de Newton nos eixos X e Y, teremos:

$$P_x - F_a = ma \quad (4.7.13)$$

$$N - P_y = 0 \rightarrow N = mg\cos\theta \quad (4.7.14)$$

Sabe-se que, $F_a = \mu N$ (4.7.15)

Substituindo as equações 2 e 3 na equação 1, tem-se:

$$mg\sin\theta - \mu mg\cos\theta = ma \rightarrow a = g(\sin\theta - \mu\cos\theta) \quad (4.7.16)$$

O valor da aceleração é independente da massa do corpo e é função do ângulo de inclinação θ .

Materiais:

- Plano inclinado;
- Bloco.

Procedimentos:

- Monta-se o plano inclinado, de maneira a ter uma inclinação ligeira e coloca-se sobre ele o bloco;
- Varia-se lentamente a altura do plano inclinado até o corpo deslizar;
- registam-se os valores de h, d e θ e calcula-se $\cos\theta$ e $\sin\theta$, e da aceleração;
- Repete-se o procedimento por 5 vezes:

Conclusão:

Os alunos, depois de todo o trabalho realizado, terão de responder às seguintes questões:

- Qual é o valor médio da aceleração do corpo?
- O que aconteceria com a aceleração do corpo se a sua massa se duplica?
- O que aconteceria com a aceleração do corpo se θ , reduzir-se para metade?

4.7.4. Experiência 11: Levantamento de pesos usando um plano inclinado

Objetivo: Estimar o quanto se pode ganhar em força, usando um plano inclinado para levantar uma carga.

Introdução teórica

Muitas vezes ao levantar-se uma carga até certa altura, é vantajoso fazê-la subir arrastada em um plano inclinado. Um exemplo desta situação, é a tarefa de carregar um automóvel em um caminhão, que, em muitos casos é realizada com recurso a um plano inclinado.

Considere-se um corpo de massa, m , que se pretende levantar até a altura, h . A operação pode ser realizada aplicando uma força vertical ou através de um plano inclinado. As forças que atuam sobre o corpo em cada situação, estão representadas na figura abaixo.

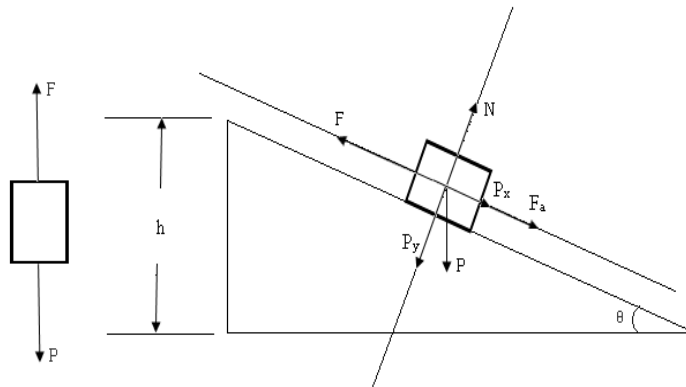


Figura4.7.4: Forças que atuam sobre um corpo que é levantado até a altura h , aplicando uma força vertical (situação à esquerda) e usando um plano inclinado (situação à direita)

A força mínima necessária para levantar o corpo, na situação em que a mesma é aplicada diretamente sobre o corpo, é dada por:

$$F = P = mg \quad (4.7.17)$$

No caso em que é usado um plano inclinado, teremos:

$$F - P_x - F_a = 0 \quad (4.7.18)$$

$$N - P_y = 0 \leftrightarrow N = mg \sin \theta \quad (4.7.19)$$

Sabe-se que $F_a = \mu N = \mu mg \sin \theta$ (4.7.20), então, a força mínima, necessária, será dada por:

$$F = mg \cos \theta + \mu mg \sin \theta$$

$$F = mg(\cos \theta + \mu \sin \theta) \quad (4.7.21)$$

Material necessário:

- Plano inclinado;
- Dois corpos de massa conhecidas;
- Dinamómetro.

Procedimentos:

- Usa-se o dinamómetro para aferir o peso de cada corpo;
- Monta-se o plano inclinado de formas a ter a altura que se pretende (terá de estar dentro dos limites que permitem o mecanismo);
- Coloca-se cada o corpo sobre o plano inclinado, um de cada vez, e com a ajuda do dinamómetro, medem-se as forças necessárias, em relação a cada um, para impedir que comecem a deslizar;
- Comparam-se as forças medidas em cada situação, para cada corpo;
- Repetem-se os procedimentos anteriores diminuindo a inclinação do plano.

Conclusões

Depois da realização do experimento, os alunos terão de ser conduzidos a tirar conclusões em relação ao fato de ser necessária uma força menor para elevar o corpo em um plano inclinado relativamente ao emprego de uma força vertical e sobre a influência da inclinação do plano no valor da força. Para isto, deverão responder as seguintes questões:

1. Quais são os valores das forças necessárias para levantar cada corpo da direção vertical?
2. Quais são os valores das forças necessárias para levantar cada corpo usando plano inclinado?
3. Como influencia a redução do ângulo do plano no valor da força a empregar? Que desvantagem tem o uso do plano nestas condições?
4. Fale de alguns exemplos práticos em que se usa o plano inclinado para levantar cargas.

4.8. Embraiagem

O mecanismo em questão, é uma réplica com ligeira modificação da peça que se encontra no Laboratório de Mecânica Aplicada e Sistemas Mecânicos, da Faculdade de Engenharia da UBI, projetada para demonstrar como funciona a transmissão de movimentos por atrito.

O mecanismo funciona, transmitido o movimento da manivela montada na roda maior para o segundo eixo, através do atrito entre duas rodas, sendo uma montada no eixo em que o movimento é comunicado inicialmente e a outra, é unida a esta última pela força de uma mola.

Se a força que a mola exerce for suficientemente forte, o movimento é transmitido de uma roda a outra. Há também, uma alavanca, cujo objetivo é interromper o contato entre as rodas, para cortar a transmissão do movimento, simulando o funcionamento de uma embraiagem.

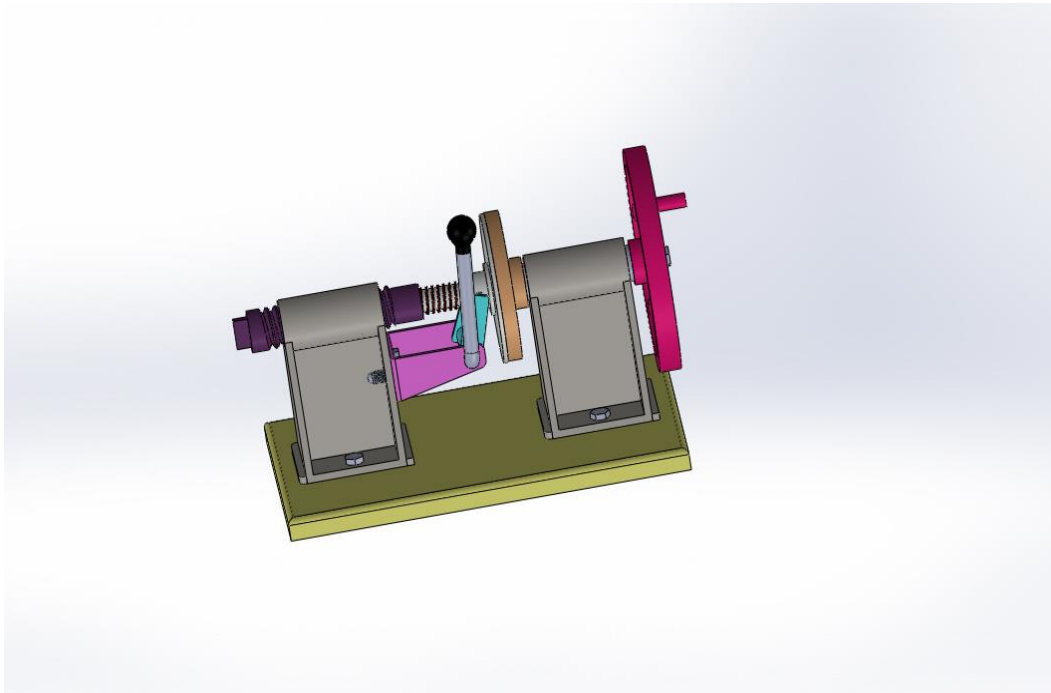


Figura 4.8: Embraiagem.

Este mecanismo, foi concebido para ser usado em aulas de Mecânica, entretanto, é apresentado no âmbito do presente trabalho com o objetivo de mostrar uma das várias aplicações que tem a força de atrito e para se poder relacionar a intensidade da força de atrito com a intensidade da força exercida pela mola, a partir dos seus efeitos em relação a transmissão ou não do movimento.

4.8.1. Verificação das condições de funcionamento

A embraiagem projetada, funcionará para transmitir o movimento de um eixo para outro, se a mola exercer força suficiente para tal. Nesta ótica, a força necessária, para uma condição de pressão uniforme, pode calcular-se pela seguinte expressão:

$$M_t = NF\mu\left(\frac{r_0^3 - r_i^3}{r_0^2 - r_i^2}\right) \quad (4.8.1)$$

A força exercida sobre a manivela do sistema foi estimada em 2 N. Tendo em conta que, o braço da manivela é de 35 mm, o momento tissor aplicado é:

$$M_t = Fl \quad (4.8.2)$$

$$M_t = 2 \times 0,035 = 0,07\text{Nm}$$

Considerando o momento torsor calculado e os dados associados as rodas de atrito: coeficiente de atrito, $\mu = 0,2$; raio externo, $r_o = 50$ mm; raio interno, $r_i = 25$ mm, a força necessária para manter a embraiagem engatada sem ocorrer deslizamento, é:

$$0,07 = F \times 0,2 \times \frac{2}{3} \times \left(\frac{0,05^3 - 0,025^3}{0,05^2 - 0,025^2} \right)$$

$$F = 0,139 \text{ N}$$

Pode concluir-se que, a mola pode exercer força suficiente para o funcionamento normal da embraiagem, uma vez que, a força elástica máxima da mesma, foi estimada em 3,504 N, no tópico 4.3.1, resultando num coeficiente de segurança de, 25.

4.8.2. Experiência 12: Aplicação do atrito

Objetivos:

- Desenvolver a reflexão sobre a aplicação técnica do atrito;
- Relacionar a força da mola (normal à superfície) com o valor da força de atrito entre as duas superfícies.

Introdução teórica

Uma embraiagem fornece uma conexão que se pode interromper entre dois veios que rodam. Embraiagens também permitem que uma carga de alta inércia seja movimentada com um motor menor que o que seria necessário se esta fosse diretamente conectada. Uma embraiagem pode ser utilizada como um dispositivo de desconexão em casos de emergência, pois separa o eixo do motor em casos de emperramento de uma máquina.[35]

Na embraiagem de atrito, representada na figura 4.22, o engate acontece como consequência da ação da mola comprimida pelo embolo, que ao ser enroscado comprime a mola, a cada volta, na dimensão do passo da rosca. Quanto maior for a força elástica da mola, tanto maior será a força de atrito entre as duas rodas, tendo em conta que:

$$f = \mu F_N \quad (4.8.3)$$

Material: embraiagem.

Procedimentos:

- Manipular o embolo de maneiras que, a compressão da mola não seja tão acentuada e rodar a manivela, observando que, deste modo, o movimento não é transmitido;

- Aumentar a pressão sobre a mola, apertando-a com o embolo, comprimindo-a significativamente e rodar a manivela para verificar que, o movimento é transmitido;
- Os dois passos anteriores, são executados, registado o número de voltas realizadas pelo embolo, no sentido de se registar o valor aproximado da deformação total da mola, sendo conhecido o passo da rosca;
- Calcular a força exercida pela mola, recorrendo a expressão da lei de Hooke e a força de atrito entre as rodas, pela expressão 1 (considere $\mu = 0,2$);
- Acionar a alavanca do mecanismo e voltar a rodar a manivela, observando que o movimento não é transmitido;

Conclusão:

Os alunos terão de perceber a importância do atrito para a transmissão de movimentos, particularmente para o funcionamento das embraiagens, além disso, deverão estar prontos para responder a seguinte questão: Qual é o valor da força mínima que a mola tem que exercer para que o movimento seja transmitido?

Capítulo 5

Conclusões Gerais

O principal objetivo perseguido pelo trabalho que culminou com escrita da presente dissertação foi o de contribuir para a melhoria do PEA da Física na 11^a Classe do Ensino Secundário Geral em Angola, através da implementação de um conjunto de protocolos experimentais e materiais desenvolvidos para serem usados em aulas experimentais.

O trabalho realizado passou por diferentes fases, começando por uma investigação bibliográfica sobre o contexto do ensino da Física no sistema educativo angolano, passando por uma exploração de conceções teóricas sobre o ensino experimental da Física com base na literatura disponível, depois, pela fase de projeto onde foi usado o Software Solidworks para a execução dos desenhos 3D dos materiais, finalmente, para a construção dos materiais, que decorreu no FABLAB, tendo sido usada a impressão 3 D, para a concretização de boa parte das peças.

O grau de alcance do principal objetivo do presente trabalho, é difícil de ser expresso no presente momento, uma vez que, os materiais e protocolos propostos ainda não foram aplicados. No entanto, com base nas informações que se tem sobre a realidade em que serão aplicados, caracterizada pela ausência de aulas experimentais por falta de material, um pequeno contributo para a melhoria do ensino da Física, terá sido dado. As outras conclusões a que chegou, são apresentadas a seguir:

- O Ensino da Física no ensino secundário é muito importante para o desenvolvimento de qualquer país, uma vez que, faz parte das disciplinas que concorrem para a formação de recursos humanos em diversas áreas do saber, pelo que, a melhoria do processo do seu ensino deve ser constante;
- O Ensino da Física em Angola enfrenta dificuldades, sobretudo na parte experimental, que é muito pouco desenvolvida no programa de Física da 11^a Classe e no Manual correspondente. Além disso, a maioria das escolas não possuem laboratórios ou materiais de base para a realização de atividades experimentais;
- Os pesquisadores na área de ensino de ciências são favoráveis ao ensino experimental como estratégia didática alternativa ao ensino tradicional, por permitir relacionar a teoria e prática, ser um fator de motivação dos alunos, entre outros aspetos;
- Os materiais desenvolvidos permitem fazer uma serie de experimentos, viabilizando a realização de aulas experimentais no contexto angolano, uma vez que, a sua construção pode ser feita com recurso a materiais de baixo custo, acessíveis a nível local e com recurso a impressão 3 D;
- A produção de material didático nos termos propostos pela presente dissertação, pode representar o começo de alguma independência do país, face a importação dos mesmos.

5.1. Perspetivas para trabalhos futuros

A ideia de produção de materiais didáticos para aulas experimentais, tem um amplo espaço de aplicação, pelo que, não se esgota com a presente dissertação. Além disso, foram desenvolvidos materiais para uma parte do conteúdo programático restando outra por cobrir, e o material desenvolvido, ainda não foi aplicado. Esta realidade, abre espaço para diversos trabalhos futuros, entre eles:

- Averiguar as potencialidades didáticas resultantes da aplicação dos materiais nas escolas angolanas;
- Desenvolver materiais e protocolos experimentais, para os conteúdos programáticos da 11^a Classe não cobertos pela presente dissertação ou para outras classes do ensino secundário geral;
- Desenvolver novas formas de explorar didaticamente os materiais desenvolvidos, quer dentro do ensino geral, assim como no ensino técnico;
- Proceder adequação na forma e funcionamento de cada material projetado, em função das insuficiências que sejam detetadas ao serem usados e das necessidades educativas específicas para cada situação.

Referências Bibliográficas

- [1] I. Scheffler, Reason and Teaching. London, 1973.
- [2] Delors J. et al, Educação : um tesouro a descobrir : relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI. Cortez, 2000.
- [3] F. A. R. Maria, “Aprendizagem significativa e sua importância para motivação no ensino aprendizagem,” Rio de Janeiro, 2017.
- [4] G. A. Fairstein and S. C. Gyssels, “Como Aprender,” México, 2004.
- [5] R. S. Mangens, “As Reformas do Sistema Educativo em Angola: Ensino de Base 1975-2001,” Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias. Faculdade de Ciências Sociais, Educação e Administração, Lisboa, 2016.
- [6] ASSEMBLEIA NACIONAL, “Lei n.º 17/16 de 7 de Outubro,” in Diário da República, Oct. 07, 2016, vol. 170, pp. 3993–4011.
- [7] Altunaga J. Z. et al, Currículo do 2.º Ciclo do Ensino secundário GERAL. Angola, 2013.
- [8] MED, Programas de Física 10a, 11a e 12a Classes, 2nd ed., vol. 1. Luanda, 2014.
- [9] G. Lundungu, “Proposta de uma Estrutura Didática de Atividades Experimentais Problemáticas, Para Melhorar o Processo de Ensino- Aprendizagem da Física na 10a Classe do Curso de Ciências Físicas e Biológicas do Liceu No 700, no Município da Humpata,” Dissertação, ISCED Huíla, Lubango, 2020.
- [10] J. B. Manuel, “IEstratégia Didática com Base em Experimentos, Para Melhorar o Processo de Ensino-Aprendizagem do Conteúdo do Condensador Elétrico, Na 12a Classe No Liceu No 1642, no Município da Chicomba,” 2019.
- [11] A. André, “A Solução dos Problemas Impactantes de Física: uma via Para Desenvolver as Qualidades do Pensamento Lógico dos Estudantes,” ISCED-Huíla, Lubango, 2007.
- [12] M. G. S. D. Breganha, “Desenvolvimento de Competências de Avaliação de Professores de Física em Angola,” Tese , Universidade de Aveiro, Aveiro, 2019.

- [13] Goulart S. et al, “Ensino e Pesquisa Atividade Experimental no Ensino de Física: uma Ferramenta Didática na Aprendizagem de Conceitos Físicos,” *Ensino & Pesquisa*, v.13, n.2, Pampa, pp. 57–68, Jul. 2015.
- [14] B. Pereira, “A Experimentação Aliada à Inter/Transdisciplinaridade Como Alternativa Para o Ensino de Física nas Universidades: uma Experiência nas Ciências Agrárias,” *CALIBRE-Revista Brasileira de Engenharia e Física Aplicada*, pp. 39–47, 2017.
- [15] Grillo M. et al, “Transposição didática: uma criação ou recriação cotidiana,” *PORTAL ANPEDSUL*, 1999.
- [16] J. M. Cardoso and J. J. João, “Contextualization and Experimentation: An Interdisciplinary Approach of Chemistry and Physics Using Simulation Experiments of a Steam Engine,” *Revista Virtual de Química*, vol. 11, no. 1, pp. 339–352, 2019, doi: 10.21577/1984-6835.20190024.
- [17] M. Pietrocola, *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*, 2nd ed., vol. 1. Florianópolis, 2005.
- [18] Batista C. et al, “A Utilização da Modelagem Matemática Como Encaminhamento Metodológico no Ensino de Física.,” *Rencima*, v. 6, n. 2, no. 2, Paraná, pp. 86–96, 2015.
- [19] Guimarães C. C., “Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa,” *QUÍMICA NOVA NA ESCOLA*, vol. 31, no. 3, pp. 198–202, Aug. 2009.
- [20] A. M. F. Espinoza, *Ciências na escola: novas perspectivas para formação dos alunos*. São Paulo: Ática, 2010.
- [21] Silva A.L.S. et al, “Atividade Experimental Problematizada Como uma Estratégia Pedagógica Para o Ensino de Ciências: Aportes Teóricos, Metodológicos e Exemplificação,” *Experiências em Ensino de Ciências V.12, No.5*, vol. 12, pp. 117–195, 2017.
- [22] Martins I. et al, “Programa de Física e Química A 100 ou 110 anos,” Mar. 2001.
- [23] G. Pérez and V. Castro, “La Orientacion de las Prácticas de Laboratorio Como Investigacion: un Ejemplo Ilustrativo,” *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, pp. 155–163, 1996.

- [24] L. S. Shulman and P. Tamir, *Research on Teaching in the Natural Sciences*, in the *Second Handbook of Research on Teaching*, Rand McNally. Chicago, 1973.
- [25] C. J. G. B. Cunha, “Construção e Utilização de Equipamentos de Baixo Custo Para Ensino de Física,” *Dissertação*, Universidade Nova Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2008.
- [26] C. E. Laburú, “Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala dos professores,” Londrina, Jul. 2005.
- [27] N. C. Ferreira, “Proposta de Laboratório Para a Escola Brasileira,” *Dissertação*, FEUSP, São Paulo, 1978.
- [28] M. S. T. Araújo and M. L. V. S. Abib, “Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades,” *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 25, no. 2, pp. 176–194, 2003.
- [29] Gil-Peres et al, *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*, vol. 1. São Paulo: Cortez, 2005.
- [30] F. L. A. Pena and A. R. Filho, “Obstáculos Para o uso da Experimentação no Ensino de Física: um Estudo a Partir de Relatos de Experiências Pedagógicas Brasileiras Publicados em Periódicos Nacionais da Área (1971-2006),” *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* Vol. 9 No 1, Brasília , pp. 1806–5104, Feb. 2009.
- [31] R. Axt and M. Morreira, “O Ensino Experimental e a Questão do Equipamento de Baixo Custo,” *Revista de Ensino da Física*, Vol 13, Porto Alegre, pp. 97–103, Dec. 1991.
- [32] M. C. P. S. AZEVEDO, “Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula.” *Pioneira Thomson Learning*, São Paulo, pp. 19–33, 2004.
- [33] M. Arieiro and P. Leitão, *Física - 11.a Classe*, 3rd ed., vol. 1. Porto: MED, 2017.
- [34] D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, *Fundamentos de Física. Mecânica*, 9th ed., vol. 1. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2012.
- [35] A. F. da C. Vieira, “Sistemas e Órgãos Mecânicos,” 2021.
- [36] R. G. Budynas and J. K. Nisbett, *Elementos de Máquinas de Shigley*, 8th ed. Porto Alegre: AMGH Ltda, 2011.
- [37] N. Ferraro and P. Soares, *Física Básica*, 1a., vol. Único. São Paulo: Saraiva S.A. Livreiros Editores, 1999.

[38] W. V. Albuquerque, Manual de laboratório de física, 6th ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1980.

Anexo 1: Programa de Física da 11ª Classe

DISTRIBUIÇÃO TEMÁTICA

POR TRIMESTRE E HORAS LECTIVAS 11ª CLASSE

Iº TRIMESTRE

Tema A - Forças e Movimentos

Subtema A1 - Movimento mecânico 20 horas

Subtema A2 - Interações entre corpos 20 horas

Subtotal 40 horas

IIº TRIMESTRE

Tema A - Forças e Movimentos

Subtema A3 - Movimento oscilatório mecânico 21 horas

Tema B - Ondas e Luz

Subtema B1 - Ondas e suas propriedades 19 horas

Subtotal 40 horas

IIIº TRIMESTRE

Tema B - Ondas e Luz

Subtema B2 - Fenómenos luminosos 30 horas

Subtotal 30 horas

Total Anual 110 horas

CONTEÚDOS PROGRAMÁTICOS

Tema A - Forças e Movimentos Subtema A1 - Movimento mecânico Conteúdos:

Generalidades sobre o movimento mecânico.

Breve revisão do movimento retilíneo uniformemente variado.

Movimento Circular Uniforme.

Velocidade linear e angular. Relação entre as velocidades linear e angular.

Aceleração centrípeta. Componentes tangencial e normal da aceleração centrípeta.

Período e Frequência no movimento circular uniforme.

Movimento de queda livre. Aceleração de gravidade.

Movimento ascensional de um grave.

Movimento circular uniformemente variado.

Subtema A2 - Interações entre corpos Conteúdos:

Lei da Inércia (1ª Lei de Newton). Sistemas Inerciais.

Lei Fundamental da Dinâmica (2ª Lei de Newton).

Aceleração. Unidade S I da Aceleração.

Lei da Ação e Reação (3ª Lei de Newton).

Quantidade de Movimento de Translação (Movimento Linear). Unidade S I do Momento Linear.

Variação do Momento Linear. Conceito de Força.

Impulso de uma força. Unidade S I do Impulso.

Lei da Conservação do Momento Linear

Subtema A3 - Movimento oscilatório mecânico

Conteúdos:

Conceito do movimento oscilatório. Características.

Movimento Harmónico Simples. Características cinemáticas do M.H.S.

Oscilações Livres e Oscilações Amortecidas.

Oscilações forçadas.

Ressonância.

Pêndulo Simples.

Dinâmica do M.H.S. Sistema Corpo-Mola.

Energia de um Oscilador harmónico simples.

Tema B - Ondas e Luz

Subtema B1 - Ondas e suas propriedades Conteúdos:

Noção de Onda. Características do movimento ondulatório.

Classificação das Ondas.

Equação de Onda Progressiva.

Relação entre os parâmetros fundamentais na propagação das ondas.

Propriedades características das ondas. Reflexão das ondas.

Refração das ondas.

Sobreposição de ondas. Interferência das ondas.

Difração das ondas.

Ondas Estacionárias.

Subtema B2 - Fenómenos luminosos

Conteúdos:

Natureza da luz.

Reflexão da luz. Leis da reflexão.

Refração da luz. Índice de refração.

Reflexão total. Fibras óticas.

Dispersão da luz. Absorção e Difusão.

Lentes e as suas aplicações.

Interferência da luz. Interferência nas lâminas finas.

Difração. Redes de Difração.

Efeito Doppler.

Polarização da luz.

Carácter eletromagnético da luz.

QUADRO DOS OBJECTIVOS ESPECÍFICOS

Tema A - Forças e Movimentos

Subtema A1 - Movimento mecânico

Objetivo Geral: Compreender os tipos, formas e causas do movimento mecânico.

Pré-requisitos	Objetivos específicos	Conteúdos	Tempos letivos	Instrumentos de avaliação
Noção de matéria, corpo físico, recta, espaço e tempo.	Reconhecer os conceitos básicos do movimento mecânico. Enunciar os conceitos de movimento, espaço, tempo, corpo pontual, trajetória, deslocamento e velocidade.	1. Generalidades sobre o movimento mecânico.	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Conhecer o movimento retilíneo uniforme. Conhecer as equações da função	Reconhecer os aspectos característicos do movimento retilíneo uniformemente variado. Identificar o deslocamento, a velocidade e a aceleração	2. Breve revisão do movimento retilíneo uniformemente variado.	3 aulas	Testes orais e escritos, observação.

constante, linear do 1º e 2º grau.	no MRUV. Representar gráficos $s(t)$, $v(t)$ e $a(t)$.			
Noção de curva. Noção de trajetória e deslocamento.	Diferenciar o movimento curvilíneo do movimento retilíneo. Identificar a trajetória e o deslocamento no movimento curvilíneo.	3. Movimento circular uniforme.	1 aula	Testes orais e escritos, observação.
Noção de arco de circunferência. Noção de vector.	Expressar a velocidade linear e a velocidade angular no MCU. Relacionar vector velocidade com velocidade escalar instantânea.	4. Velocidade linear e angular. Relação entre as velocidades linear e angular.	3 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Noção de círculo e tangente. Noção de aceleração.	Expressar a aceleração centrípeta e os seus componentes. Diferenciar a componente normal da componente tangencial da aceleração centrípeta.	5. Aceleração centrípeta. Componente tangencial e normal da aceleração centrípeta.	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Noção de circunferência, velocidade angular.	Expressar o período e a frequência no movimento curvilíneo uniforme. Reconhecer o MCU como movimentos periódicos.	6. Período e frequência no movimento circular uniforme.	3 aulas	Testes orais e escritos, observação.

Movimento retilíneo uniformemente variado.	Identificar o movimento de queda livre. Reconhecer a aceleração da gravidade.	7. Movimento de queda livre. Aceleração de gravidade.	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Movimento de queda livre.	8.1. Diferenciar o movimento ascensional da queda livre.	8. Movimento ascensional de um grave.	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Noção de período e frequência.	9.1. Reconhecer o movimento curvilíneo uniformemente variado como um movimento não periódico.	9. Movimento circular uniformemente variado.	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.

Tema B - Ondas e Luz

Subtema B2 - Fenómenos luminosos

Objetivo Geral: Conhecer a natureza e os fenômenos da luz.

Pré-requisitos	Objetivos específicos	Conteúdos	Tempos letivos	Instrumentos de avaliação
Movimento retilíneo. Movimento ondulatório.	Elaborar um quadro físico claro sobre as propriedades da luz. Reconhecer a natureza dupla da luz.	1. Natureza da luz.	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Movimento retilíneo. Noção de reflexão.	2.1. Explicar a reflexão.	Reflexão da luz. Leis da Reflexão.	3 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Velocidade da luz. Noção de densidade.	Explicar a refração da luz. Identificar as características das leis de refração da luz.	3. Refração da luz. Leis da Refração. Índice de Refração.	3 aulas	Testes orais e escritos, observação.

Noção de reflexão da luz. Noção de feixe luminoso.	Distinguir a reflexão regular da reflexão difusa. Explicar a reflexão total e sua aplicação. Reconhecer a importância da reflexão e refração da luz.	4. Reflexão total. Fibras óticas.	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Índice de refração da luz. Noção de espectro.	5.1. Esclarecer os fenômenos de dispersão, absorção e difusão da luz.	5. Dispersão da luz. Absorção e difusão da luz.	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Refração da luz.	6.1. Reconhecer os tipos de lentes existentes, suas características e aplicações.	6. Lentes e suas aplicações.	6 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Propagação ondulatória da luz, dispersão da luz.	Explicar o fenômeno de interferência da luz. Diferenciar a interferência em lâminas finas.	7. Interferência da luz. Interferência nas lâminas finas,	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Propagação ondulatória da luz. Interferência da luz. Coerência da luz.	Interpretar a difração da luz. Reconhecer a importância prática das redes de difração nos estudos de espectroscopia.	8. Difração. Redes de difração.	3 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Velocidade da luz.	9.1. Identificar o Efeito Doppler como um fenômeno luminoso.	9. Efeito Doppler.	1 aula	Testes orais e escritos, observação.

Interferência e difração da luz. Transversalidade de ondas.	Explicar a polarização da luz e sua importância. Reconhecer a sua importância na ciência e técnica.	10. Polarização da luz.	2 aulas	Testes orais e escritos, observação.
Espectro luminoso.	Identificar o carácter eletromagnético da luz. Reconhecer a aplicação de ondas eletromagnéticas.	11. Carácter eletromagnético da luz.	4 aulas	Testes orais e escritos, observação.

SUGESTÕES METODOLÓGICAS

Tema A - Forças e Movimentos

O tratamento deste tema baseia-se nos conhecimentos adquiridos pelos alunos, no estudo da mecânica, ao longo do 1º ciclo. Os conceitos centrais do tema são os termos movimento e força.

Pretende-se abordar as formas e os tipos de movimento mecânico, enaltecendo e aprofundando o carácter vetorial das grandezas velocidade, aceleração e força. Através de experiências, destacar a diferença entre as velocidades e acelerações linear e angular, respetivamente. O professor deverá representar graficamente as relações de dependência entre as distintas grandezas físicas.

A força é tratada como grandeza dinâmica; a Lei da Inércia como um caso especial da Lei Fundamental da dinâmica. É importante referenciar a vida e obra de Isaac Newton, sob ponto de vista do contributo na construção de um Sistema da Mecânica como ciência e enaltecer o seu contributo na Física Experimental e na Matemática.

O Movimento Oscilatório deve ser abordado como uma outra forma do movimento mecânico e, em especial, como mudança periódica e temporal de uma grandeza física. O tratamento da diferença entre oscilações livres, forçadas, bem como oscilações amortecidas deve ser feito com base no conhecimento da noção de energia mecânica, que os alunos aprenderam nas classes anteriores.

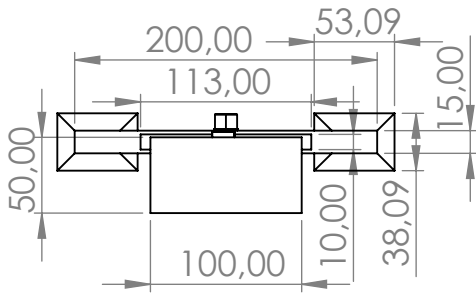
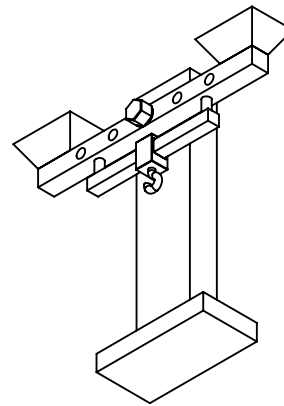
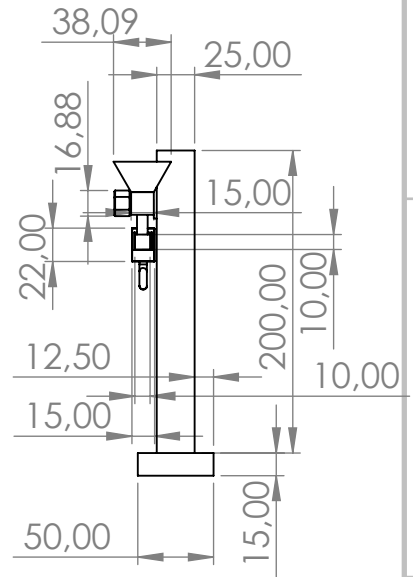
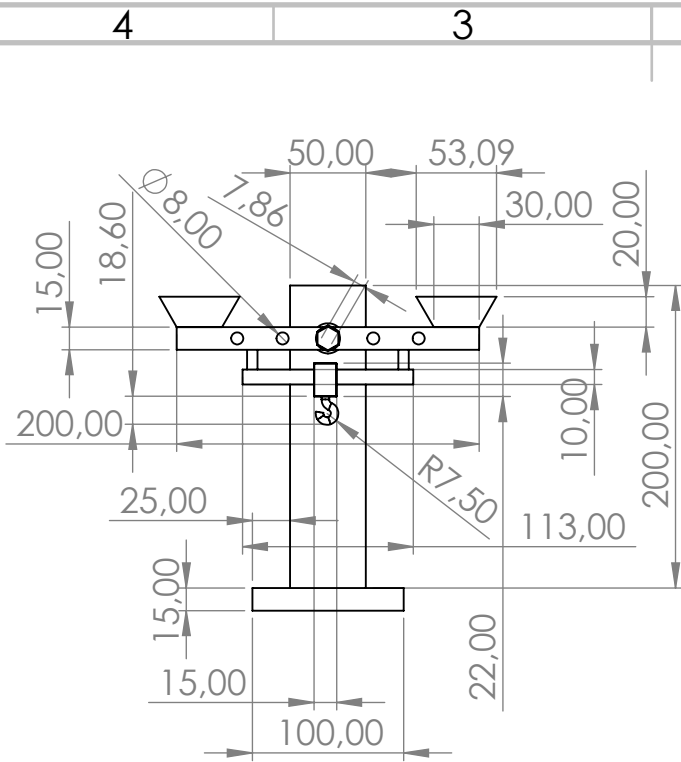
Tema B - Ondas e Luz

Neste tema, continuamos a abordar e aprofundar os conceitos do movimento mecânico e energia, estudando outra forma do movimento, a saber, o movimento ondulatório. A abordagem deste tema deverá ter como base a cinemática, os alunos deverão compreender a onda como um processo de transmissão de energia que pode ser descrita através da mudança no tempo e no espaço, de forma periódica, de uma grandeza física.

Os alunos deverão compreender as características fundamentais do movimento ondulatório e aprender a representar graficamente algumas grandezas físicas características de uma onda mecânica.

Na segunda parte do tema, pretende-se aprofundar o estudo com a luz como uma das formas de existência da onda. Deve-se fazer uma comparação entre as propriedades da onda mecânica e as da luz, para concluir com a caracterização da luz como onda, através do estudo da difração, interferência e polarização. Finalmente, apresenta-se o espectro eletromagnético da luz.

Anexo 2: Desenhos técnicos



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

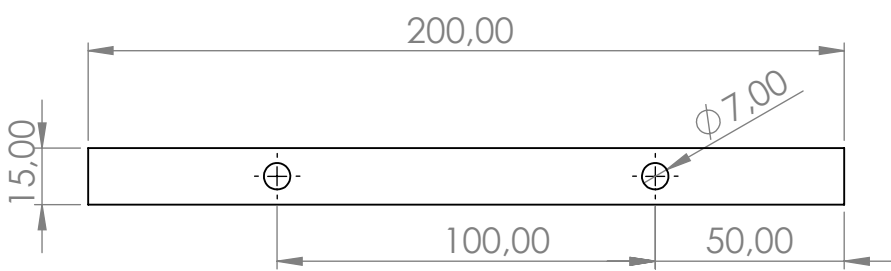
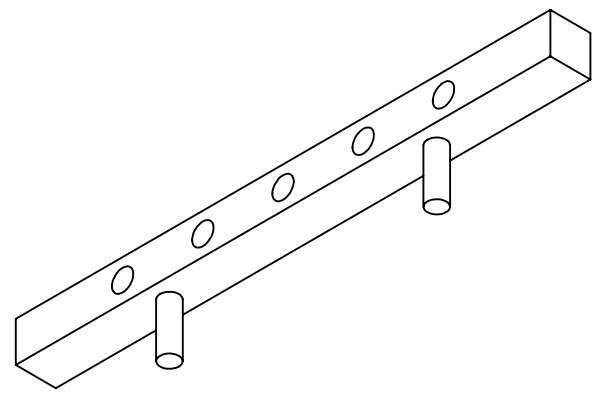
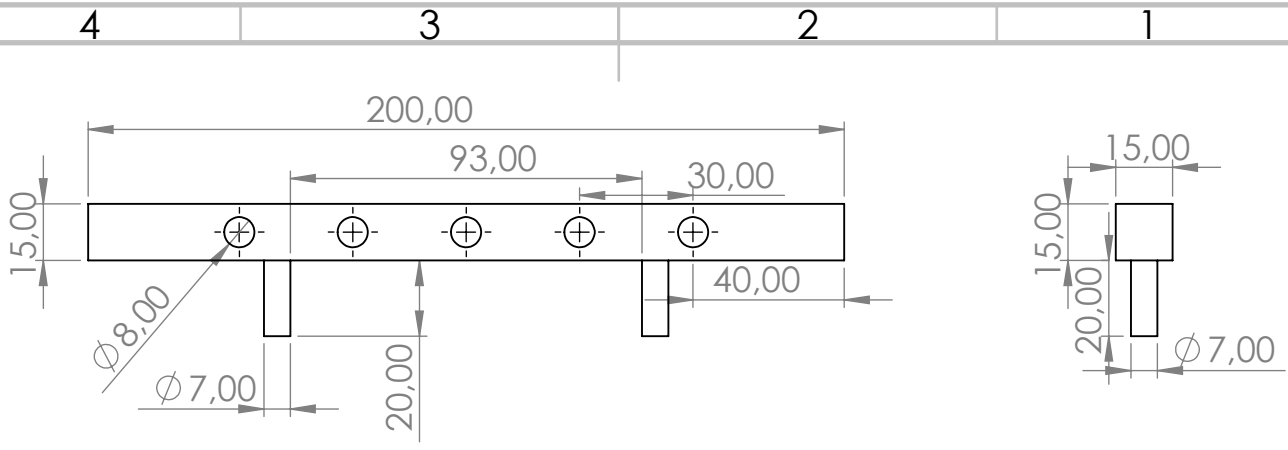
BALANÇA

A4

WEIGHT:

SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1

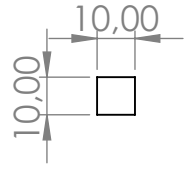
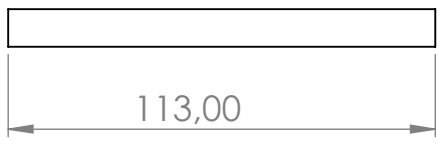


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
NAME					SIGNATURE		DATE		TITLE:		
DRAWN									<div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold;">BRAÇO</div>		
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A											
					MATERIAL:			DWG NO.		A4	
					WEIGHT:			SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	

4 3 2 1

F

F

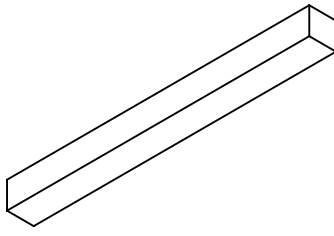


E

E

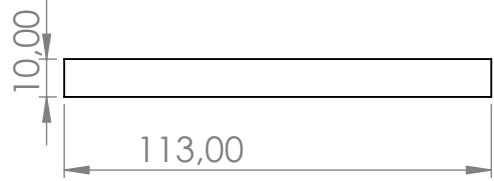
D

D



C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO. **B SECUNDÁRIO**

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1

A4

A

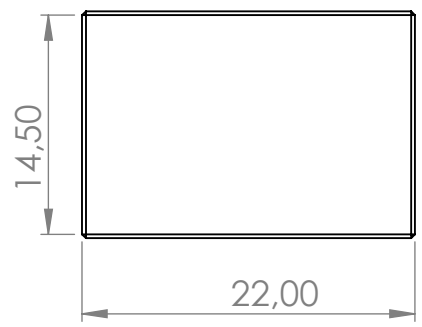
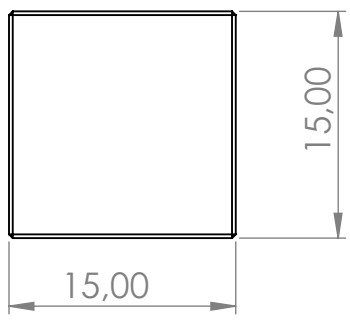
A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

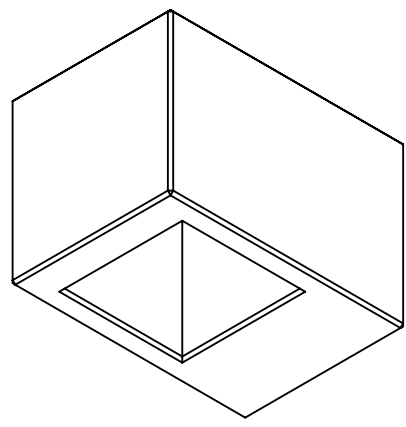


E

E

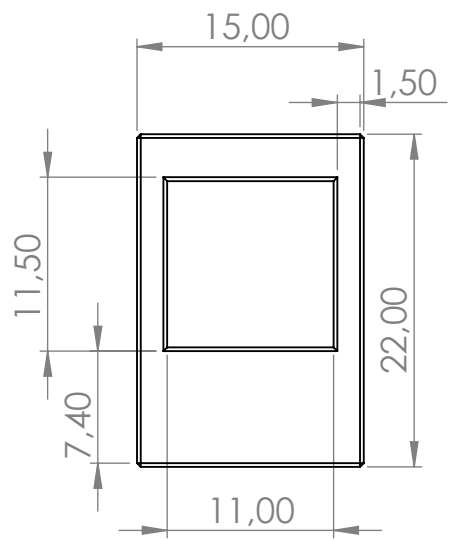
D

D



C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO. **EMBOLO**

SCALE:2:1

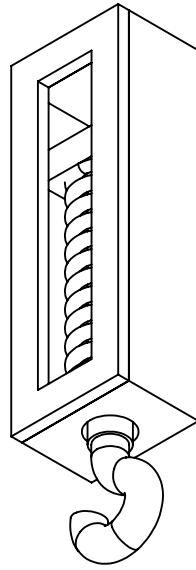
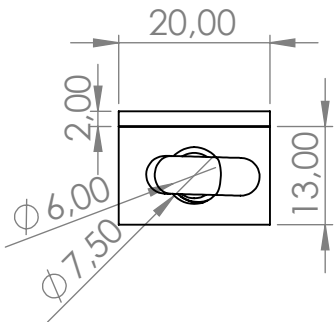
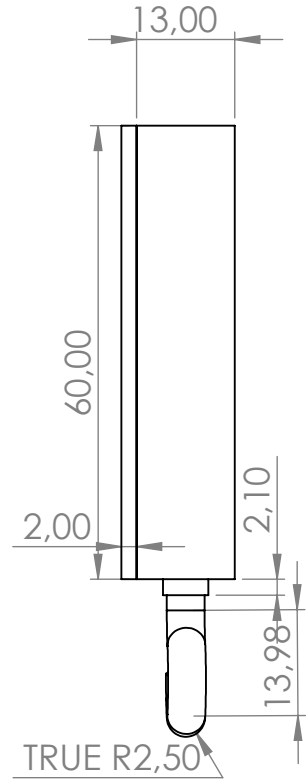
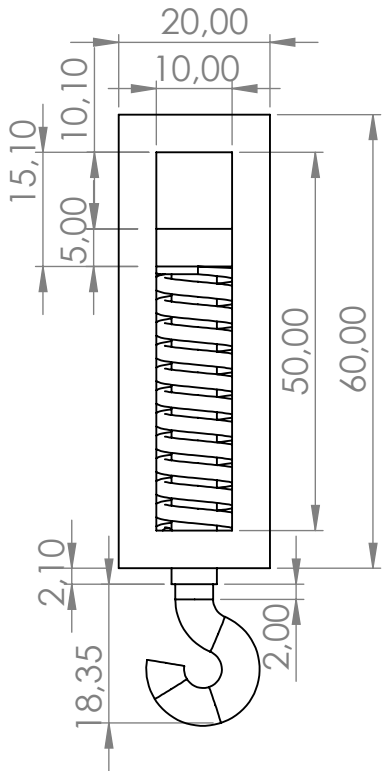
SHEET 1 OF 1

A4

A

A

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

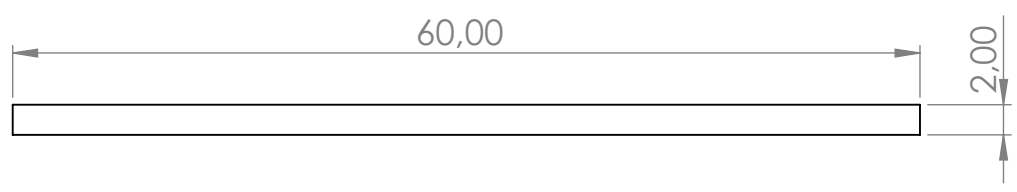
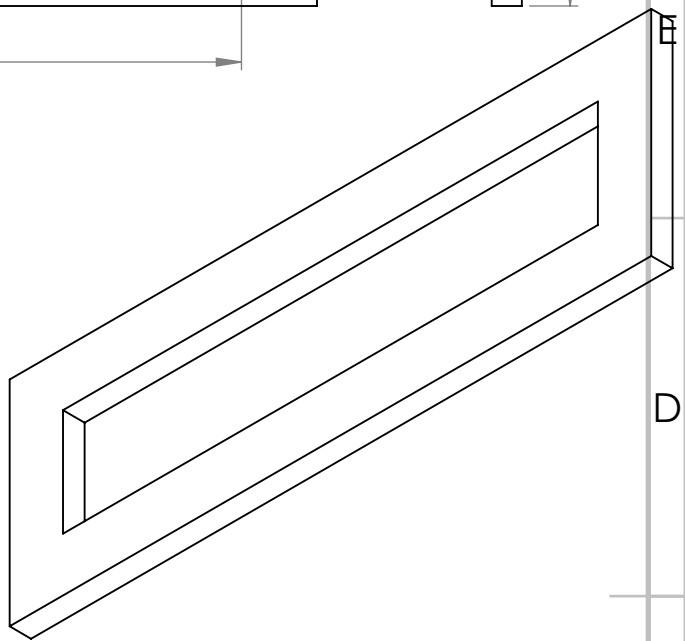
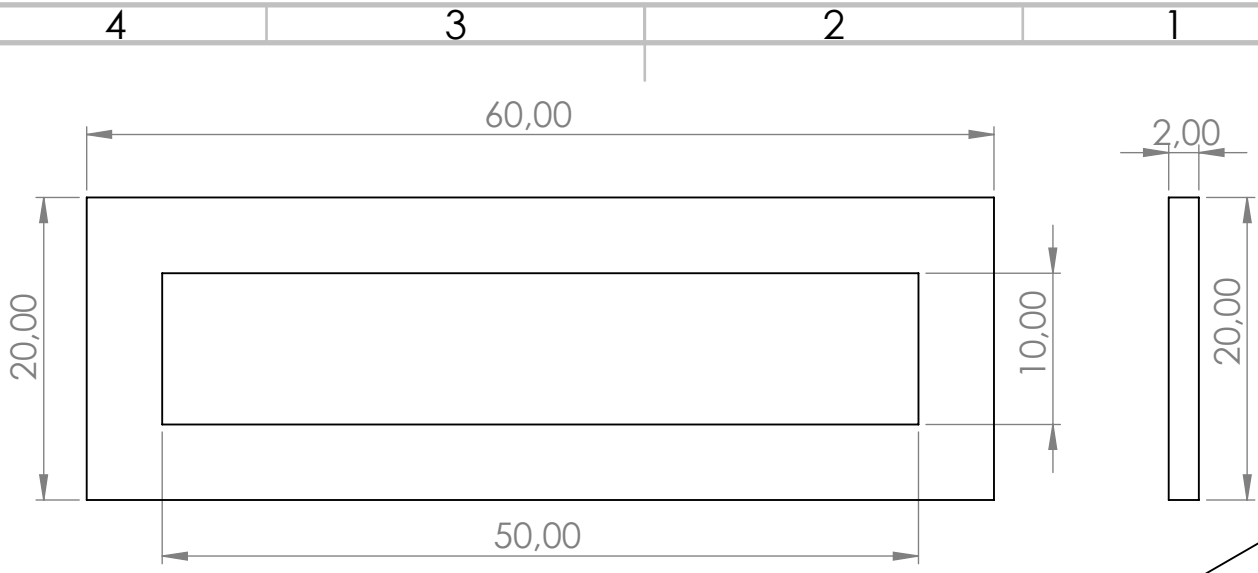
WEIGHT:

DWG NO. **DINAMOMETRO** 1

SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

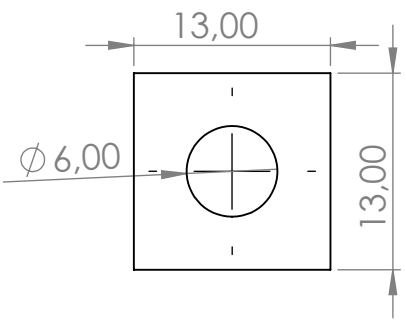
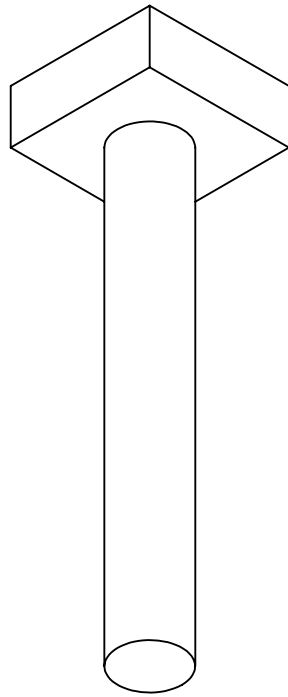
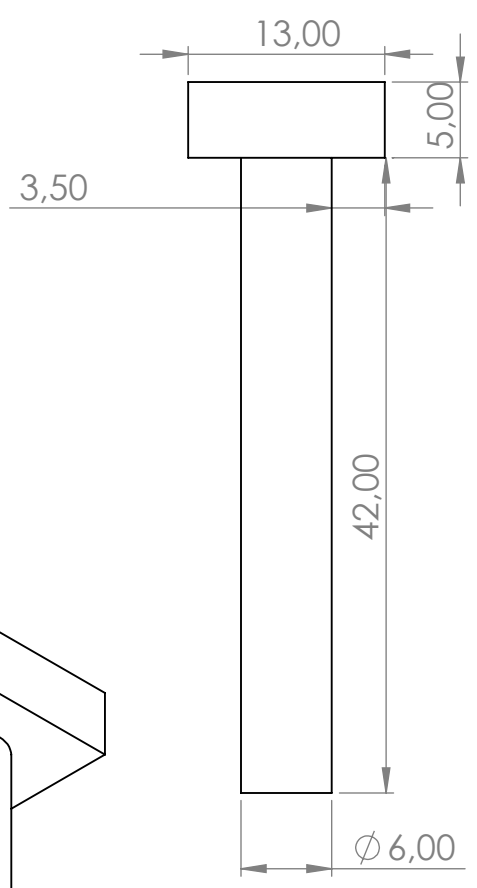
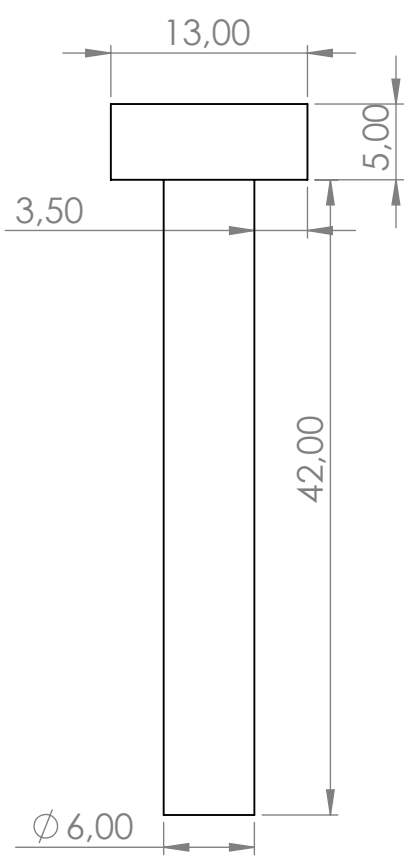
MATERIAL:

DWG NO. **TAMPA**

SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

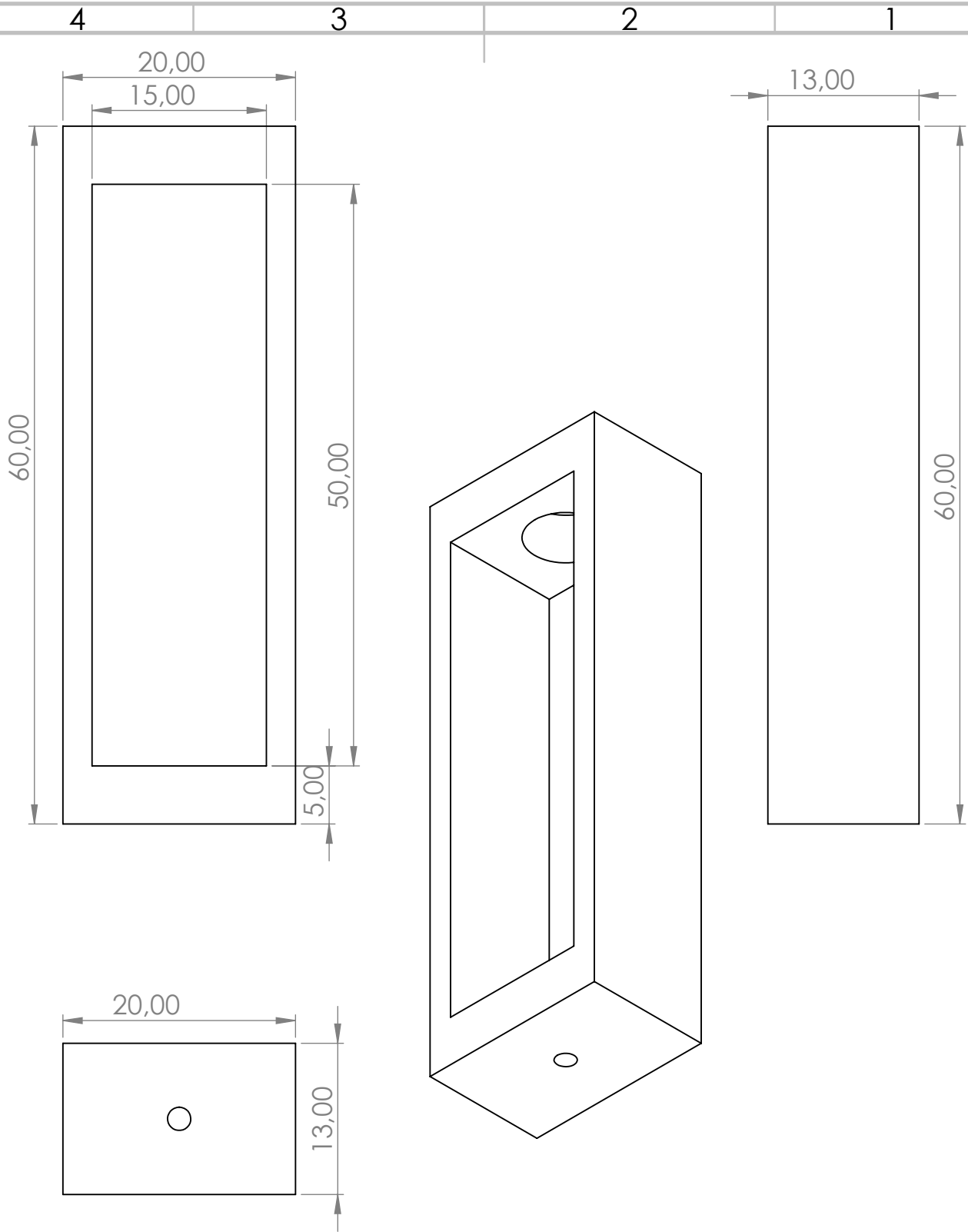
DWG NO.

SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1

EMBOLO

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

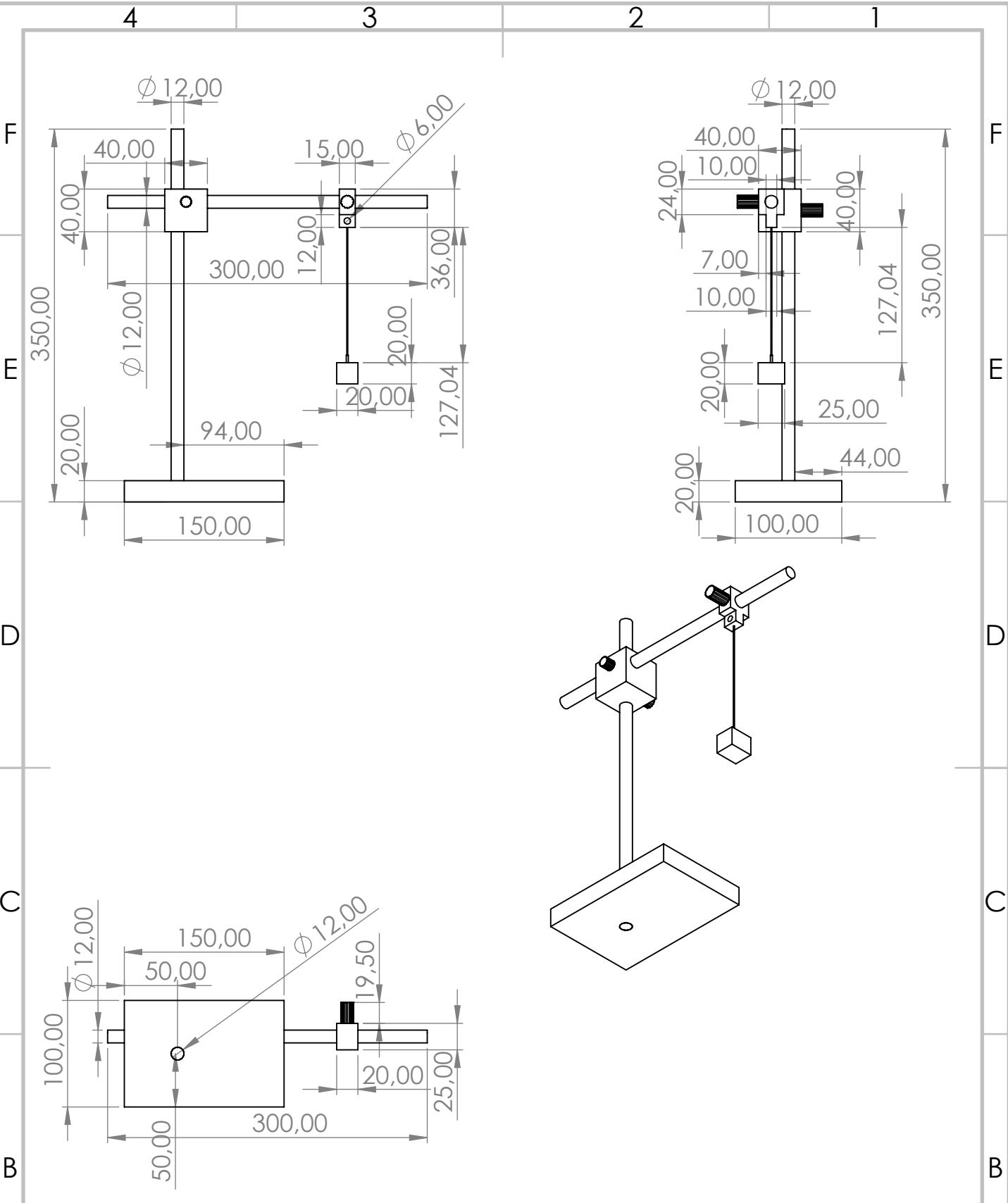
MATERIAL:

DWG NO. **ESTRUTURA**

SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1

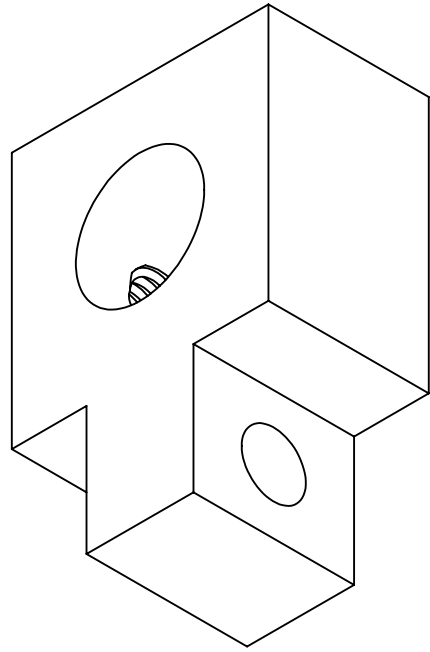
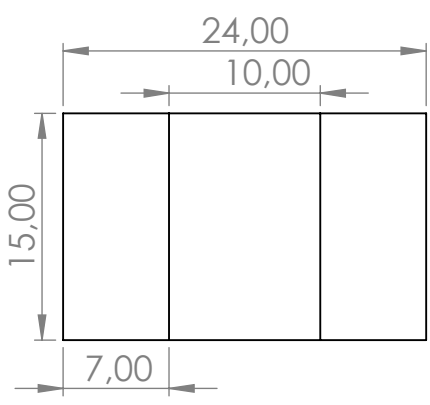
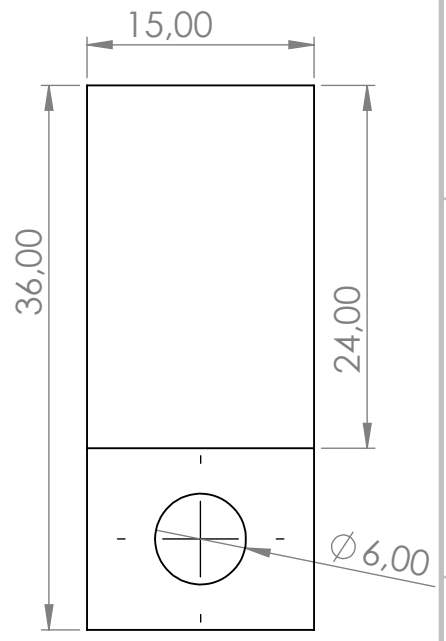
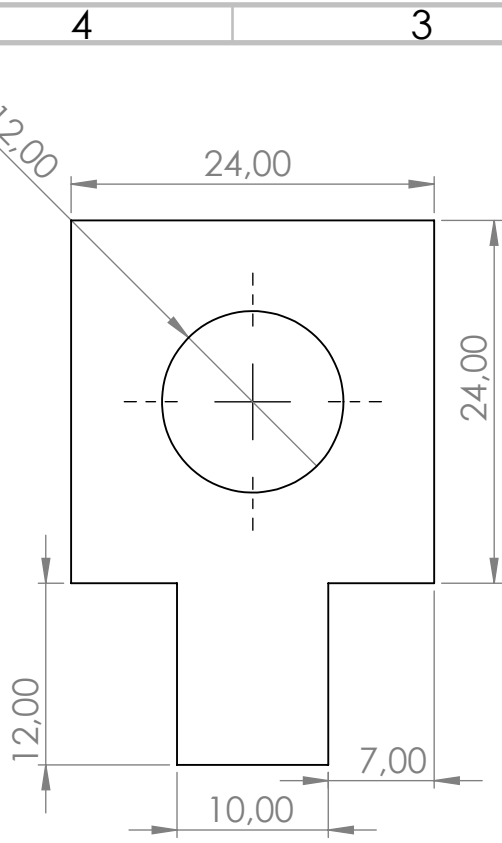
A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME				SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	
				WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1

PÊNDULO

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

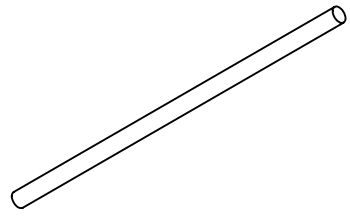
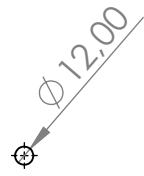
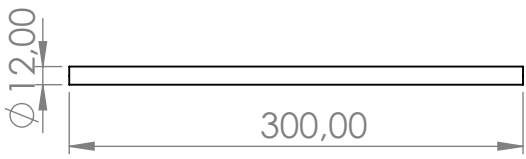
TITLE:

DWG NO. **JUNTA P-H**

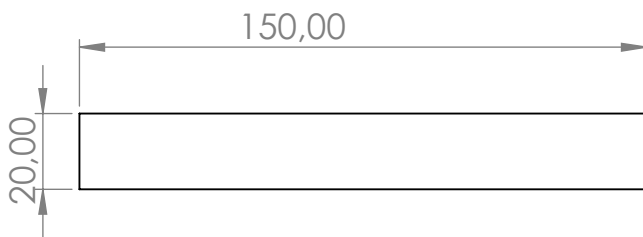
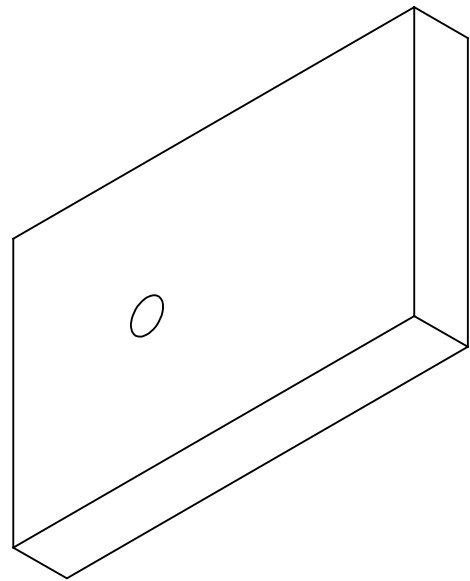
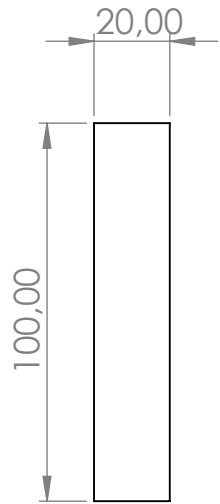
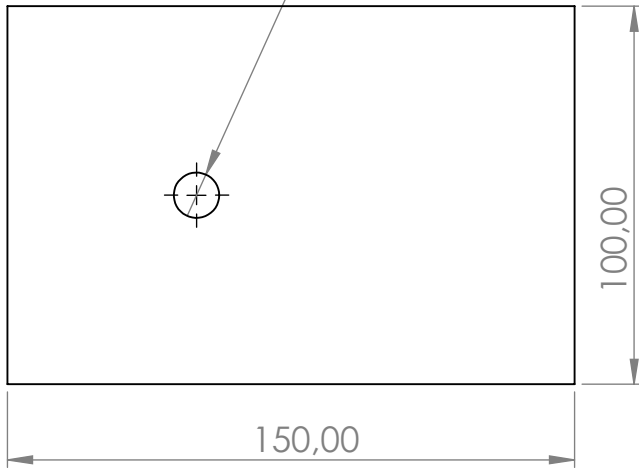
SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1

A4

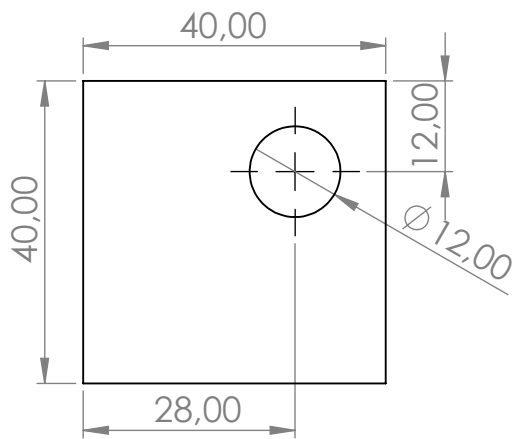
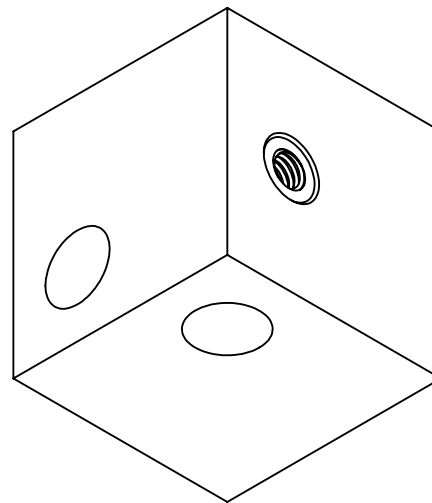
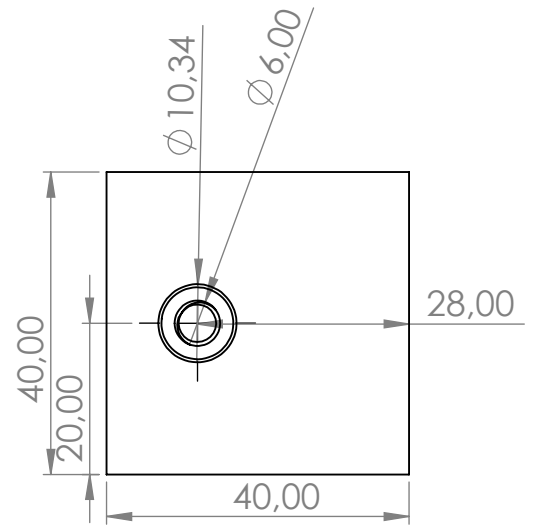
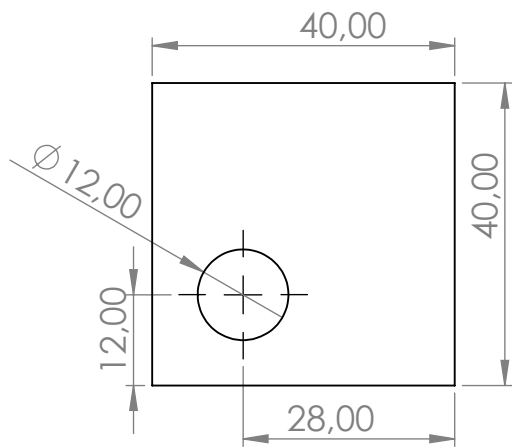


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APPV'D									
MFG						MATERIAL:		DWG NO.	
Q.A								BARRA H	
								A4	
						WEIGHT:		SCALE:1:5	
								SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN					TITLE:	
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
MATERIAL:				DWG NO.		A4
WEIGHT:				SCALE:1:2		
						SHEET 1 OF 1

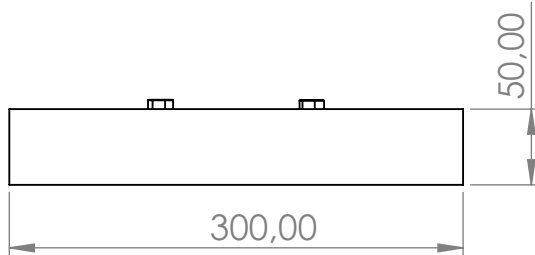
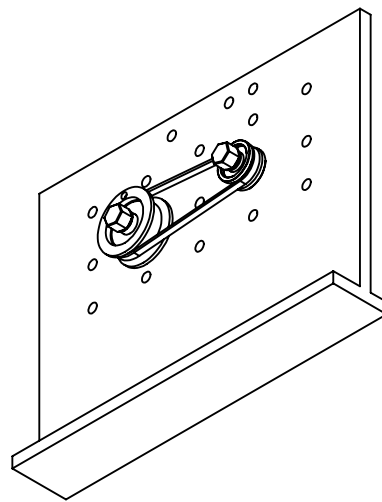
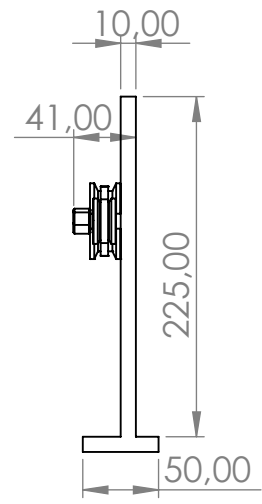
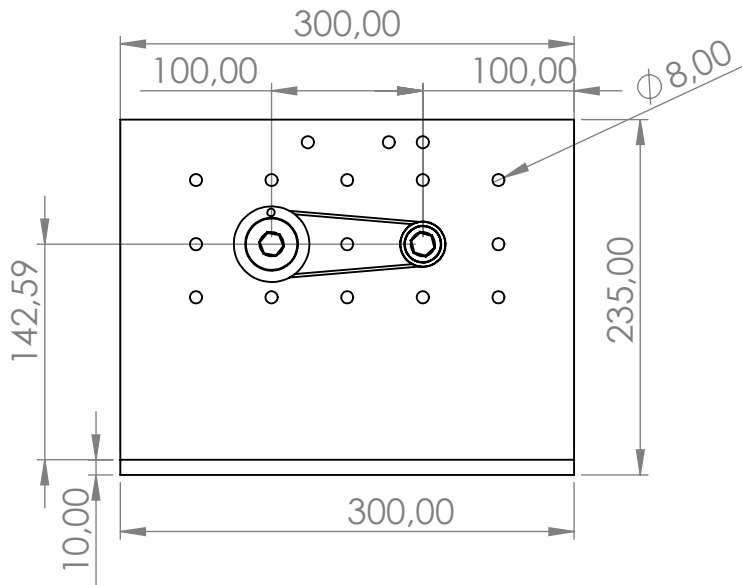
BASE



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:	
MATERIAL:	
DWG NO.	JUNTA H-H
SCALE: 1:1	SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

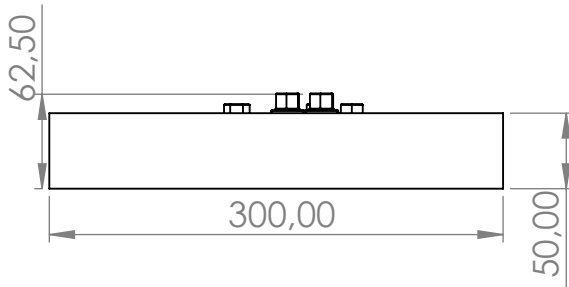
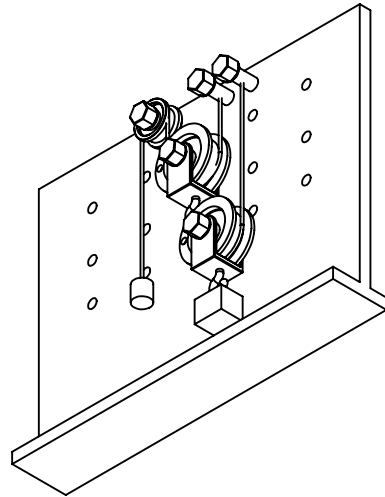
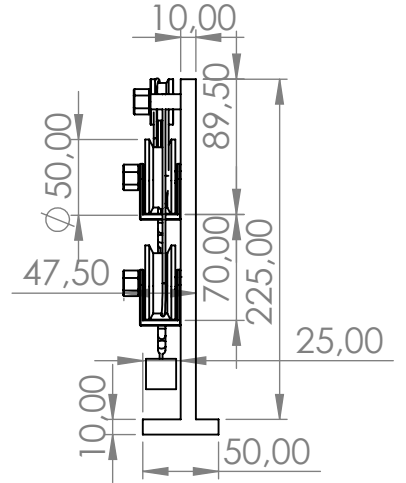
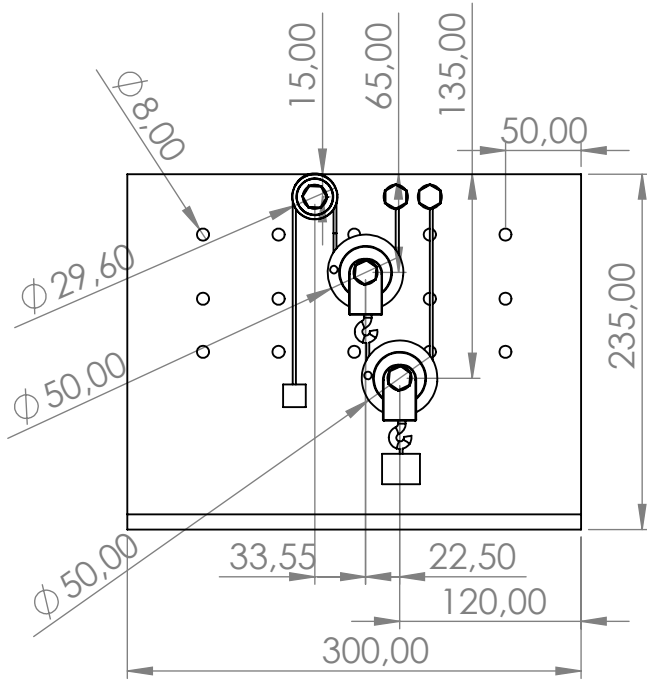
WEIGHT:

DWG NO. **T CORREIA**

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

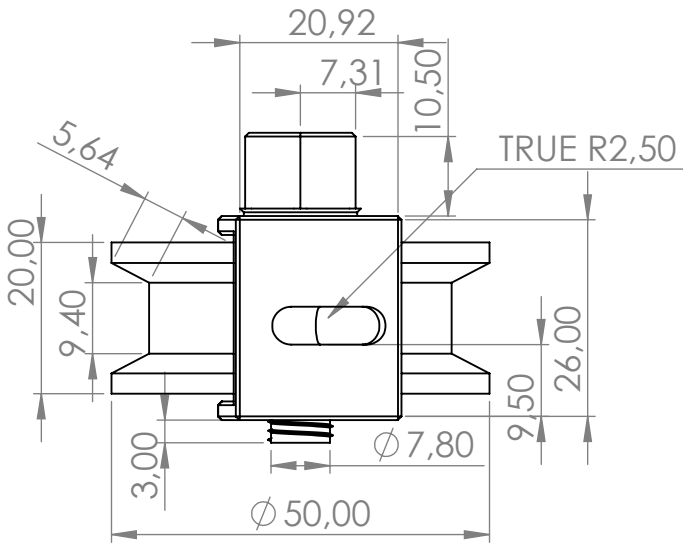
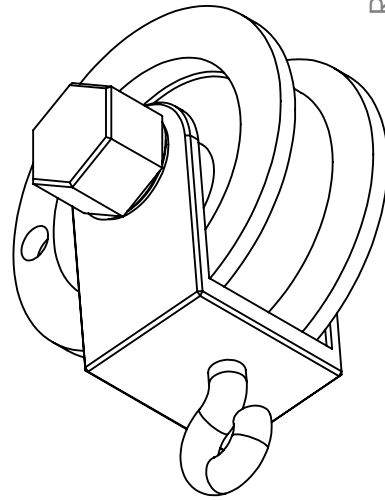
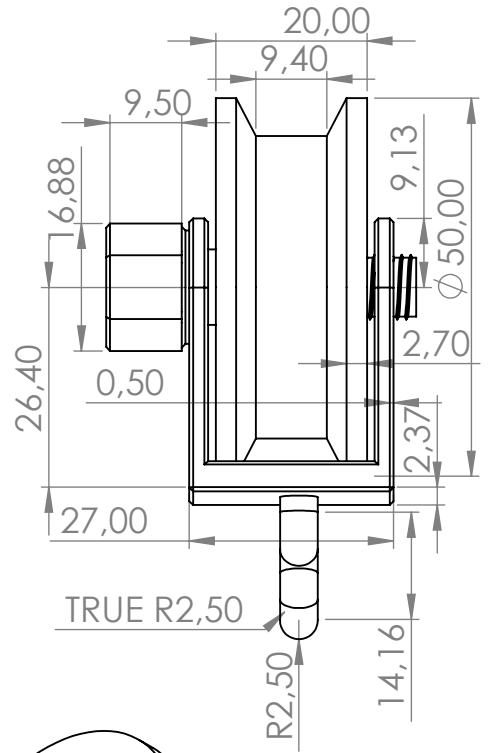
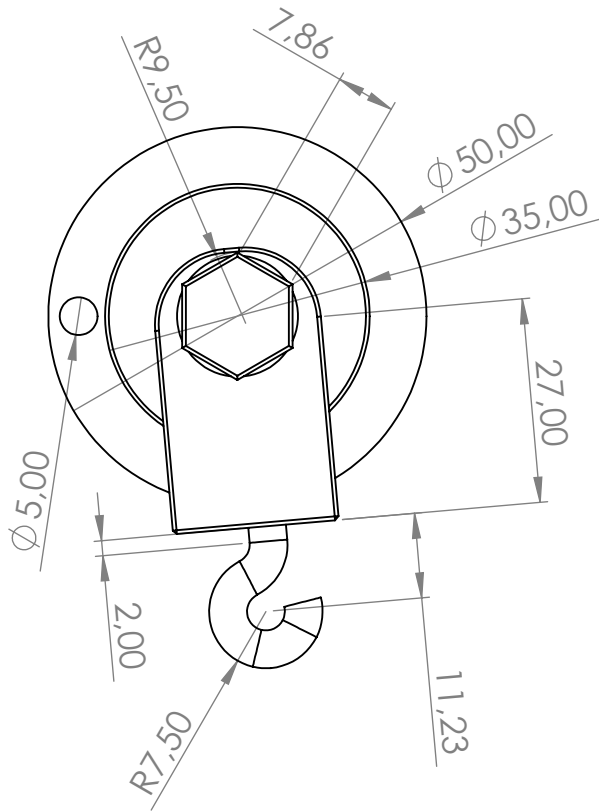
S ROLDANAS

A4

WEIGHT:

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
				MATERIAL:
				WEIGHT:

TITLE:

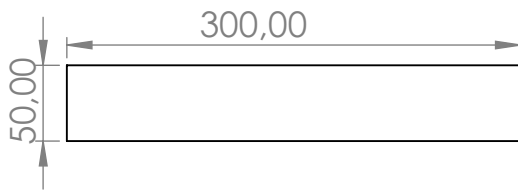
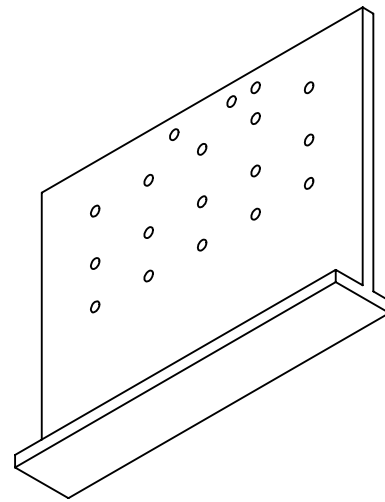
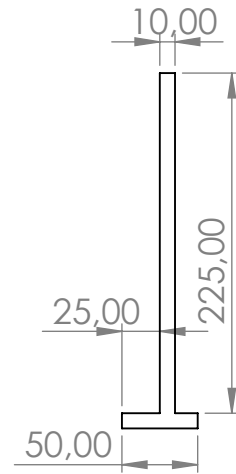
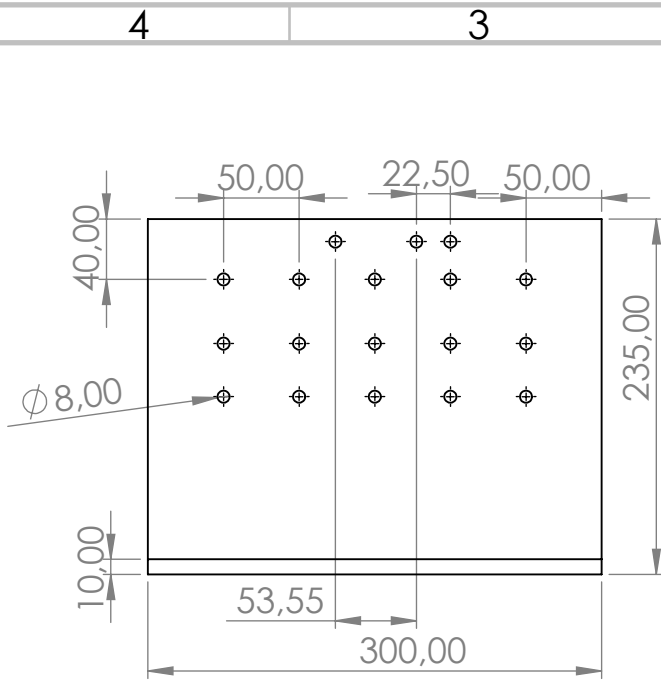
DWG NO.

Roldana

A4

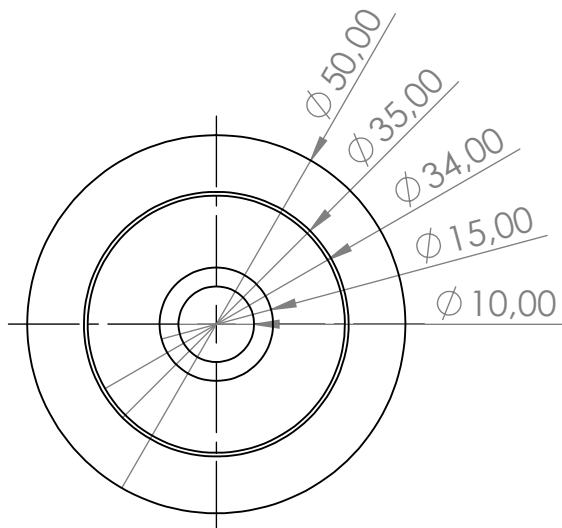
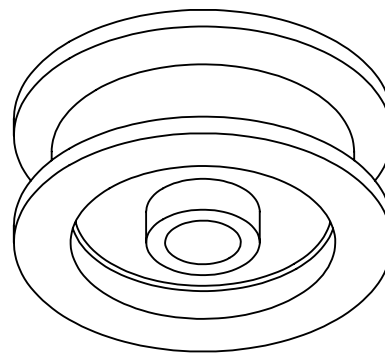
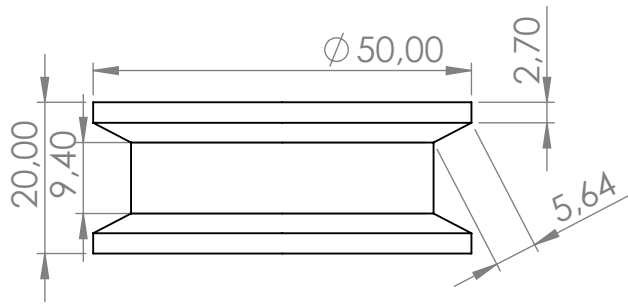
SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:	
DRAWN							
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	A4	
				WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 1 OF 1	

BASE



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

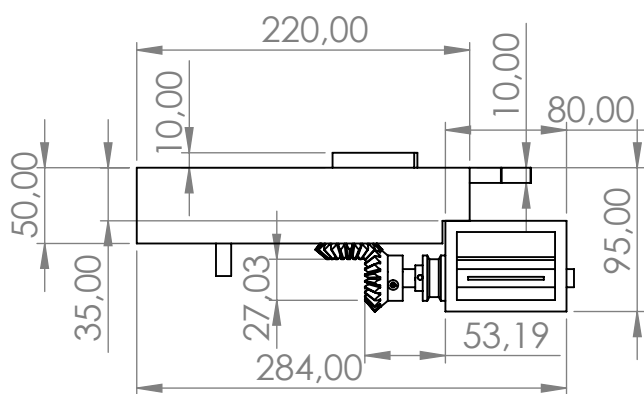
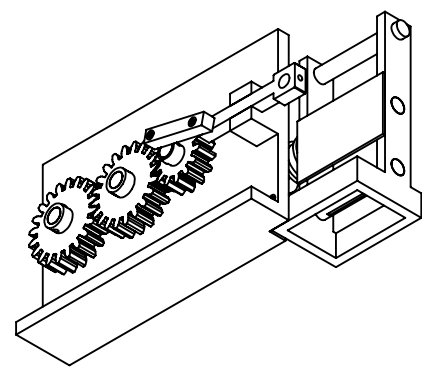
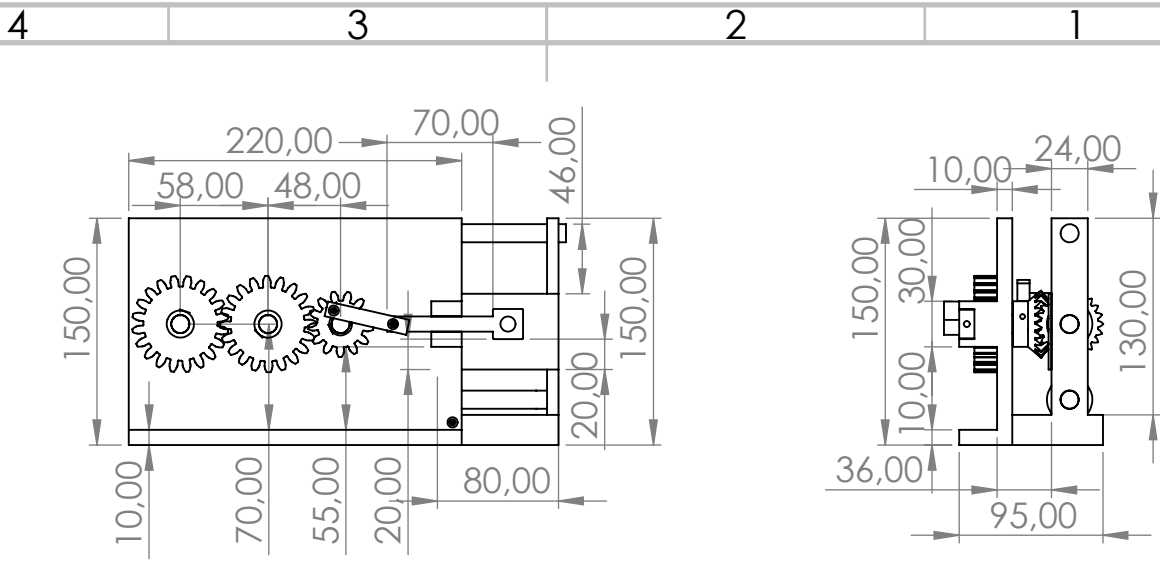
POLI

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

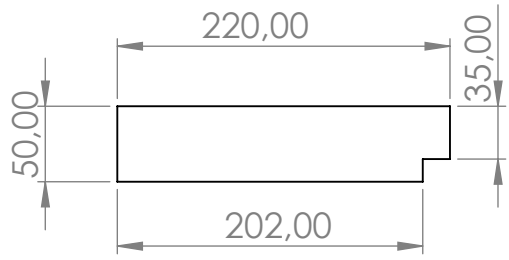
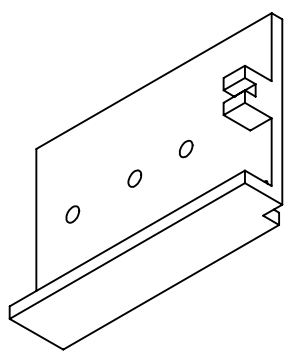
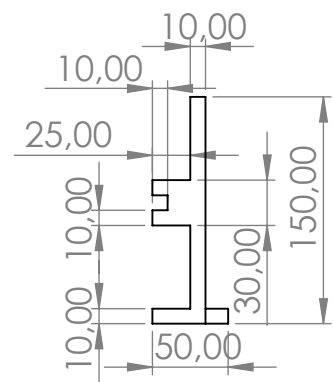
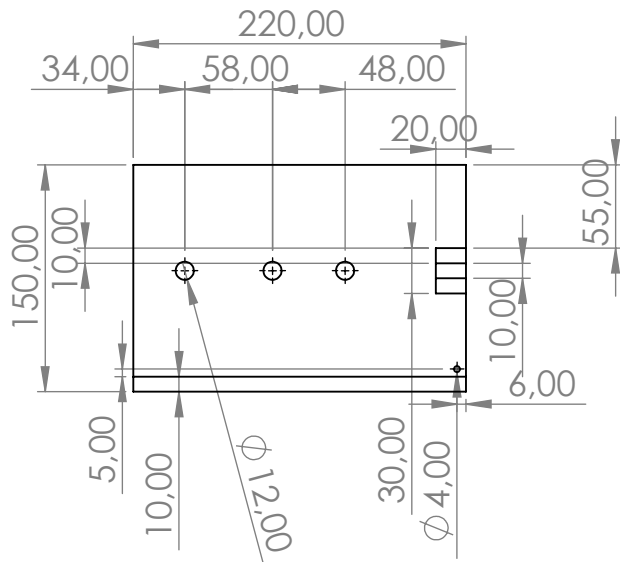
TITLE:

DWG NO. **S MECÂNICO**

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

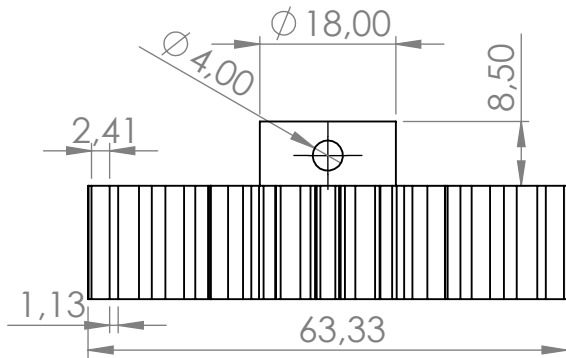
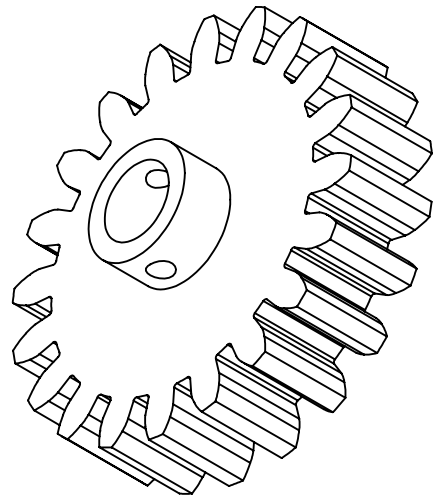
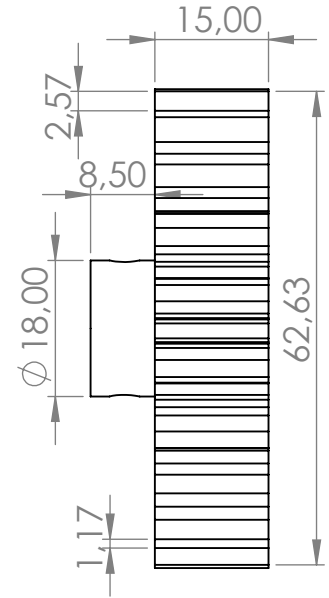
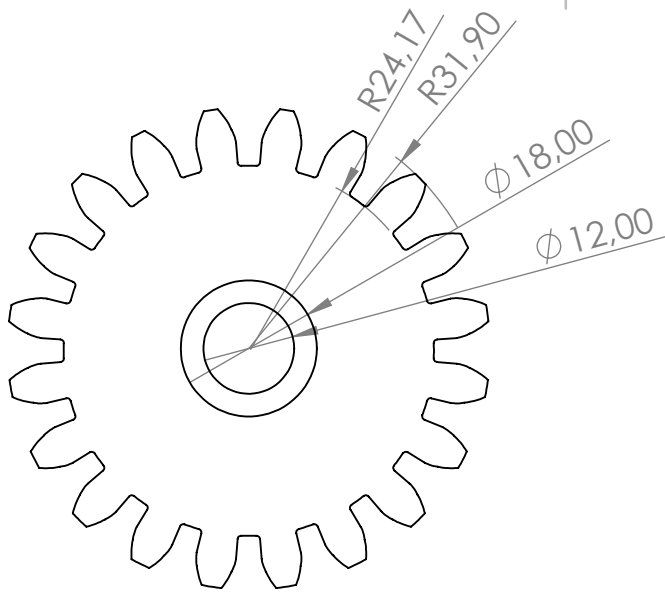
A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
DRAWN			MATERIAL:			DWG NO.
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
WEIGHT:			SCALE: 1:5		SHEET 1 OF 1	

BASE

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

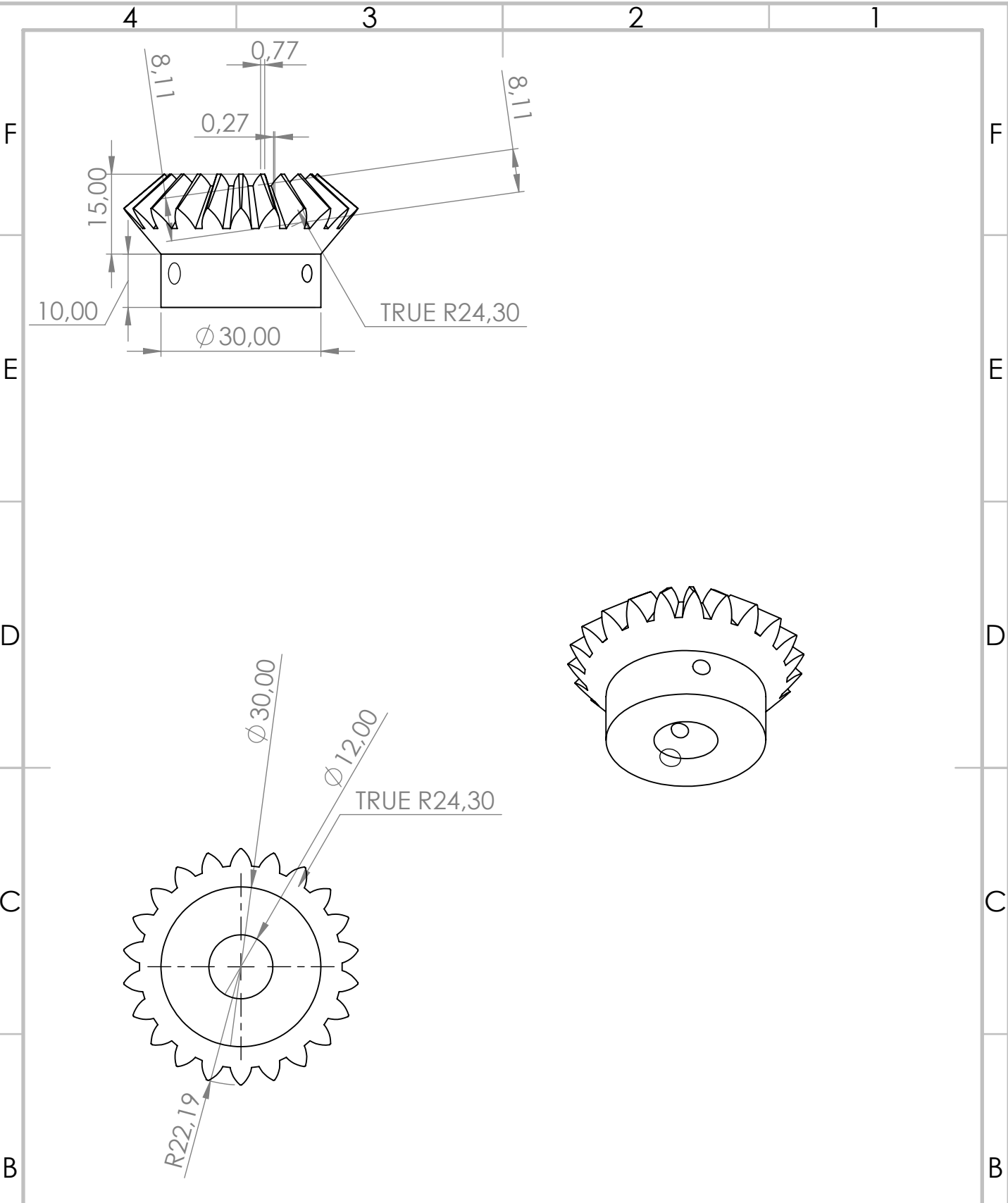
E CILINDRICA

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

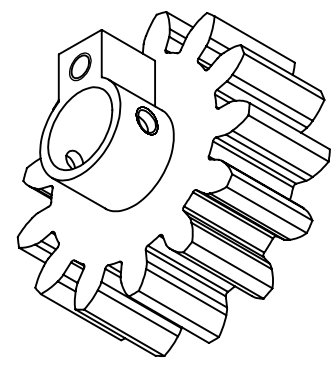
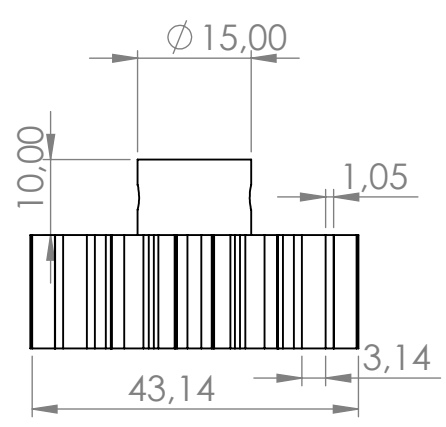
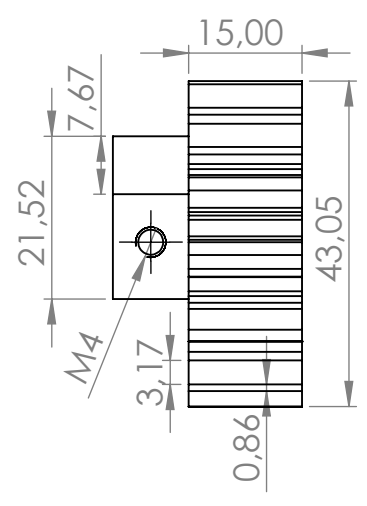
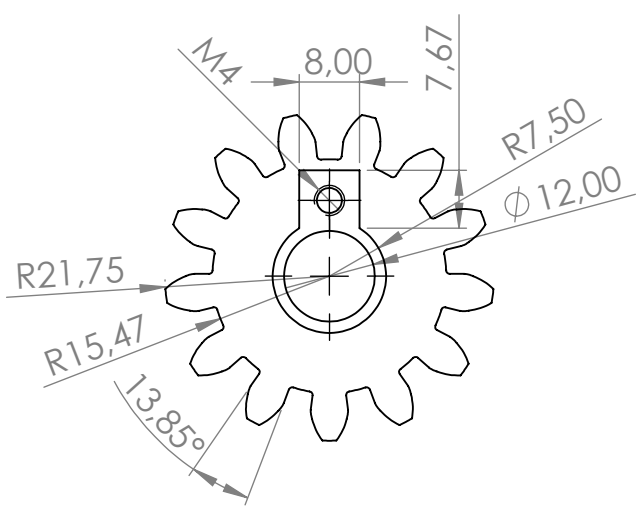
MATERIAL:

DWG NO. **E CÓNICA**

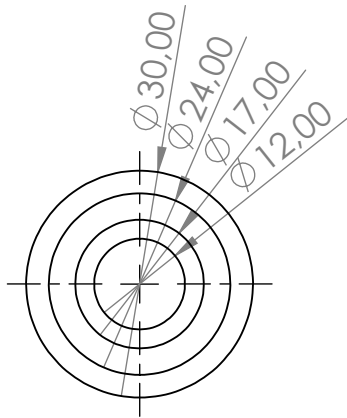
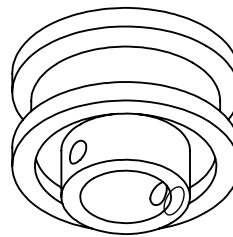
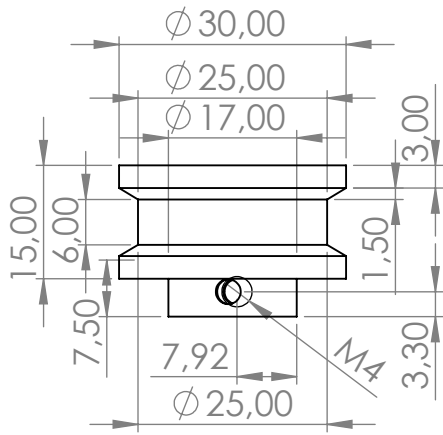
SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	PINHÃO
				WEIGHT:	SCALE:1:1	A4
					SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

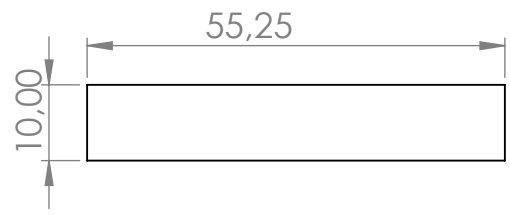
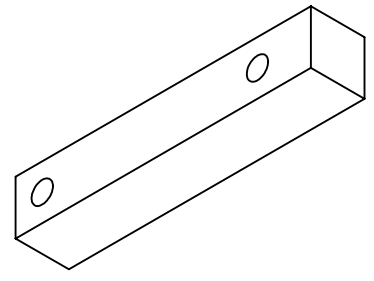
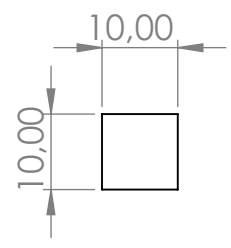
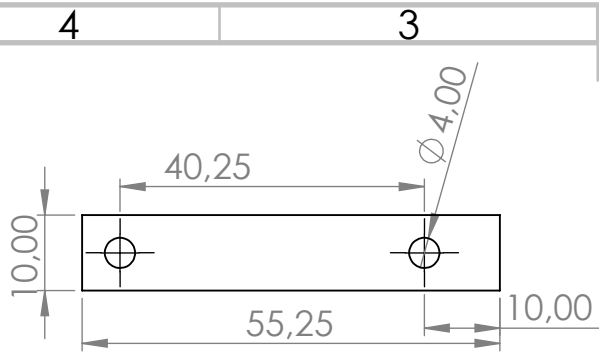
DWG NO. **POLI**

SCALE: 1:1

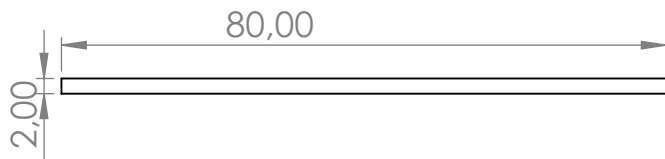
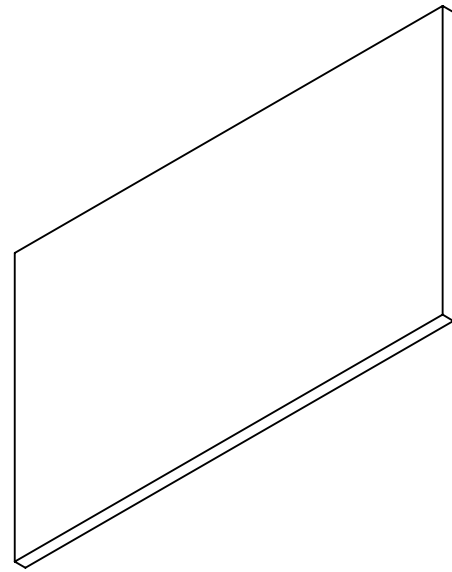
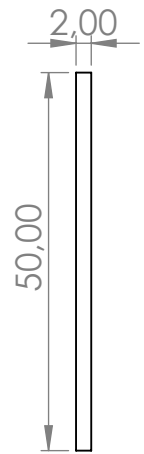
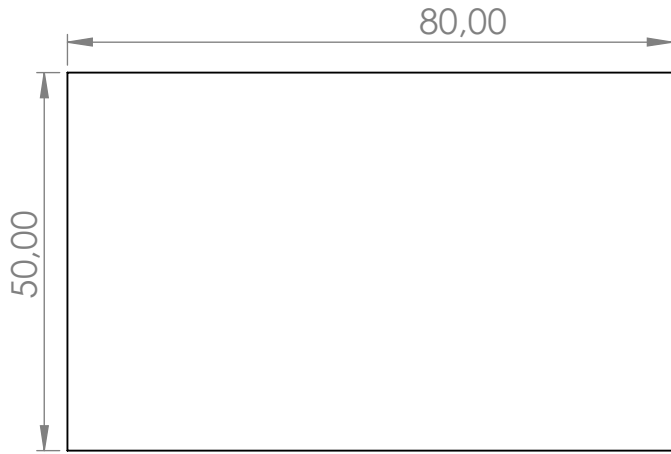
WEIGHT:

SHEET 1 OF 1

A4



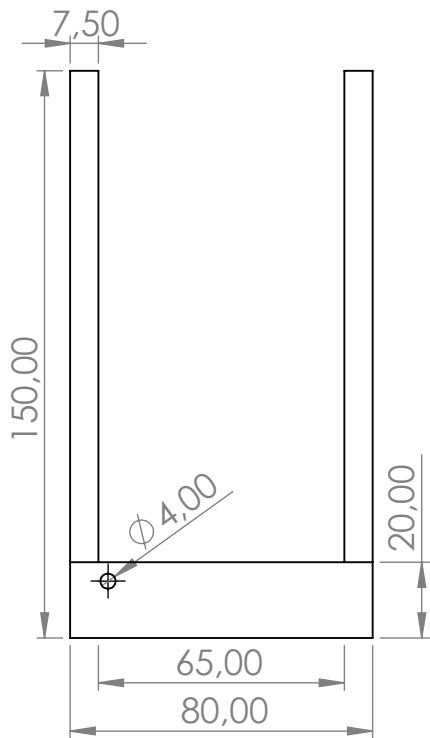
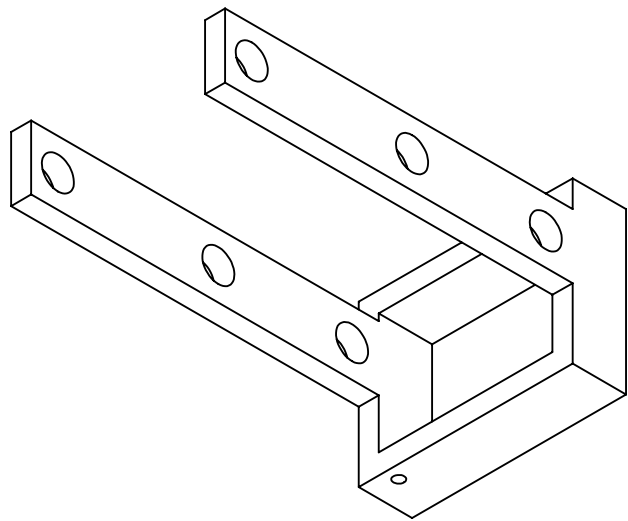
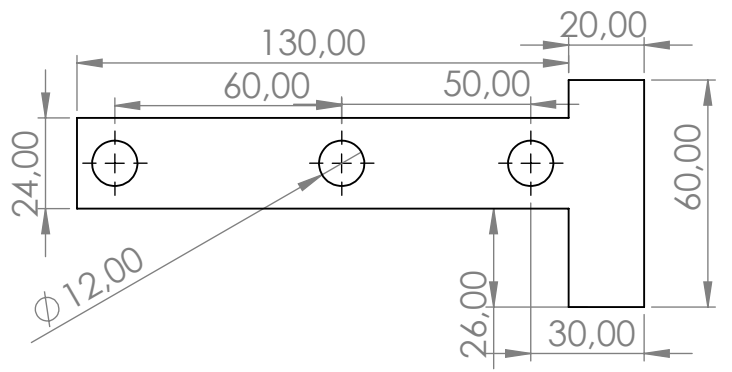
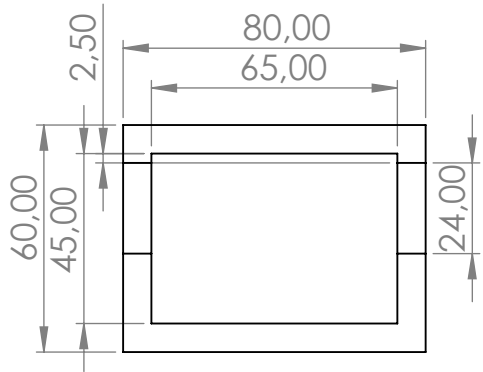
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
DRAWN					PEÇA P 2	
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
			MATERIAL:	DWG NO.	A4	
			WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

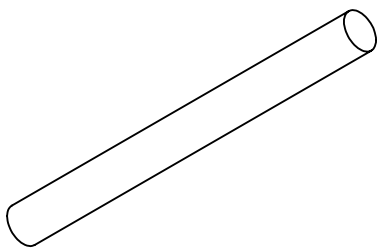
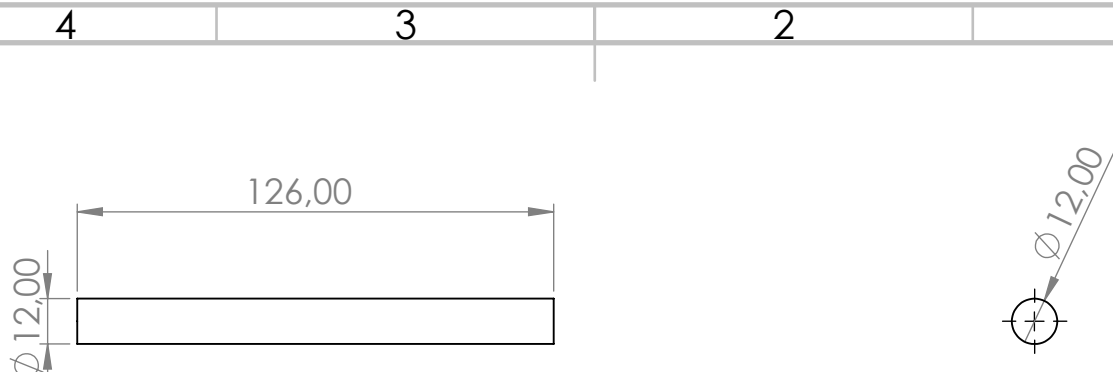
TITLE:	B ESCRITA	A4
DWG NO.		
MATERIAL:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1
WEIGHT:		



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
DRAWN			MATERIAL:			DWG NO.
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
WEIGHT:			SCALE:1:2			SHEET 1 OF 1

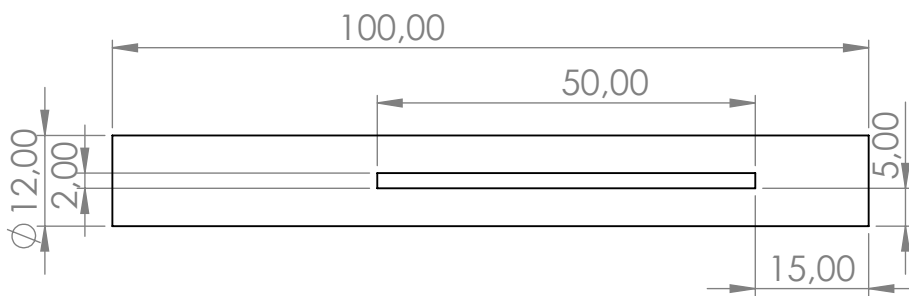
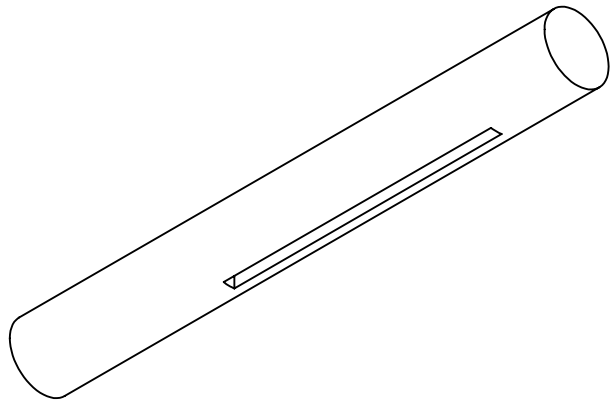
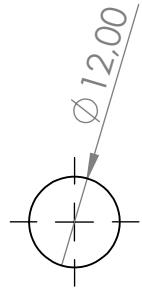
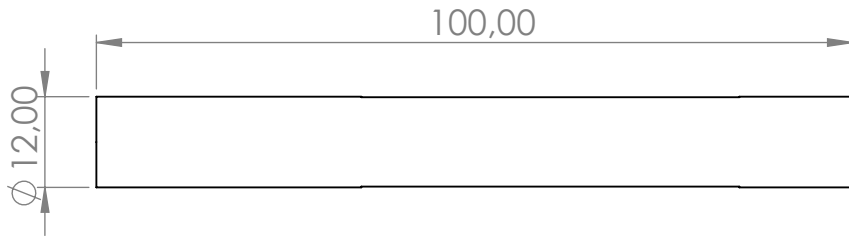
B ROLO

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBURR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A									
				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
				WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	

E MOTOR



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

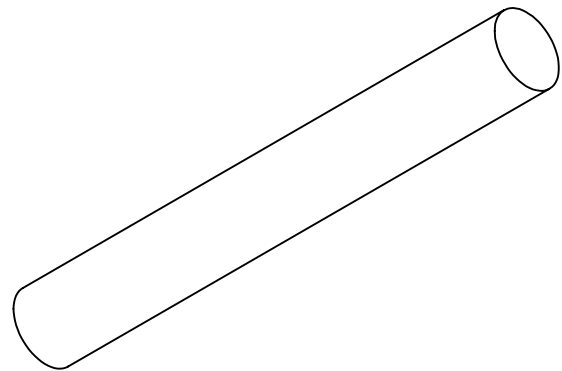
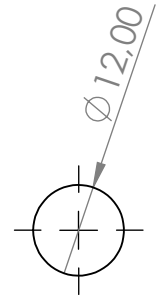
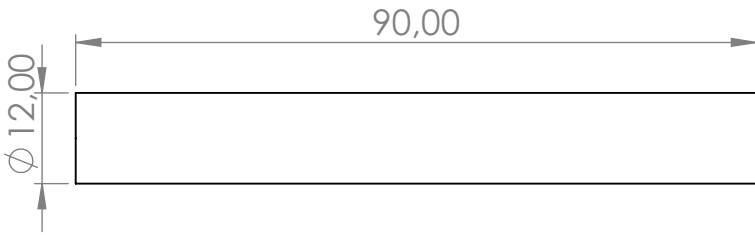
E ROLOS I

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



F
E
D
C
B

F
E
D
C
B

4 3 2 1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO. **E ROLOS**

SCALE: 1:1

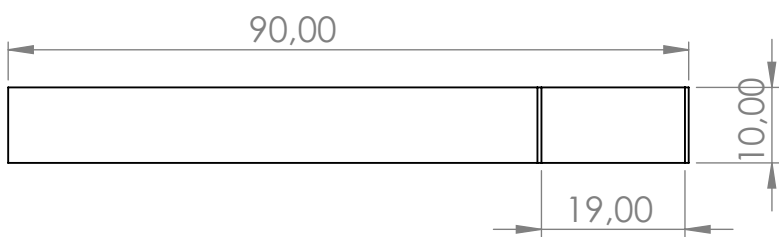
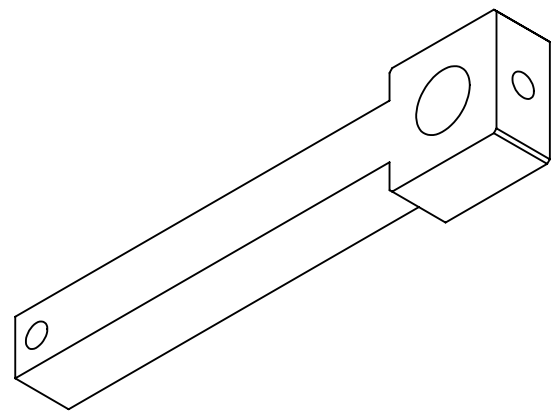
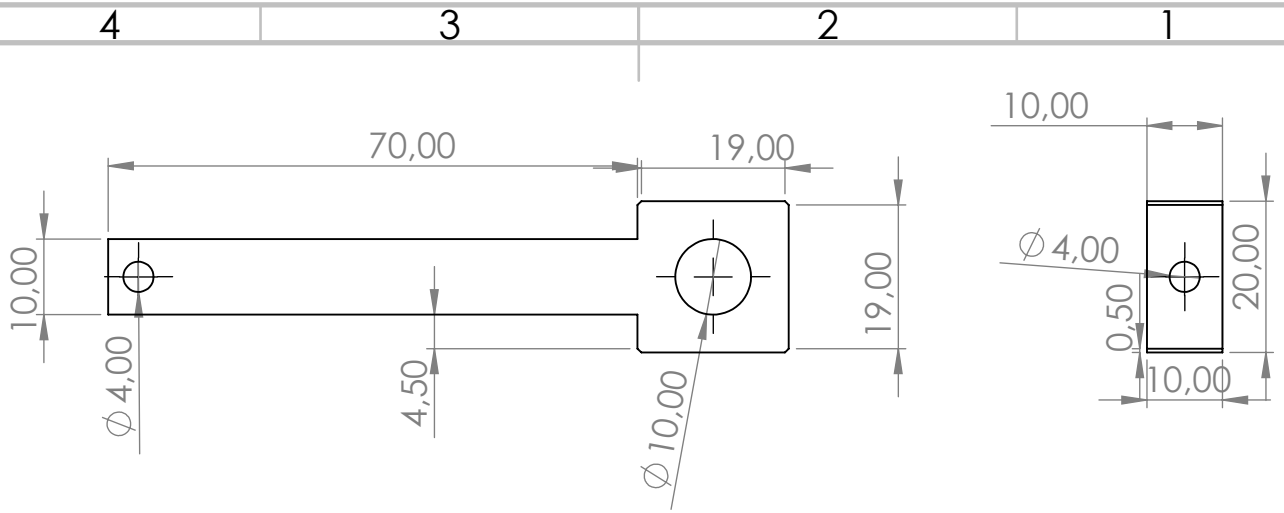
SHEET 1 OF 1

A4

A

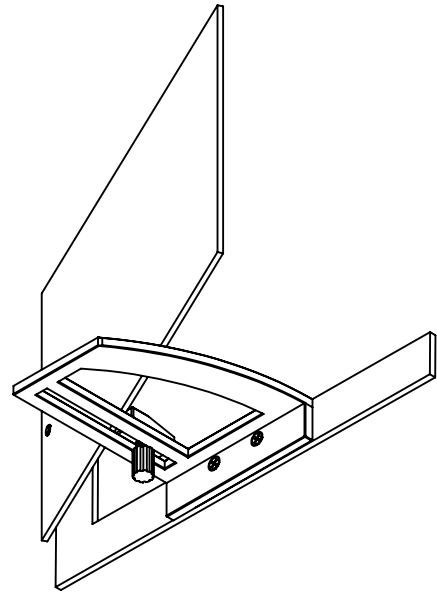
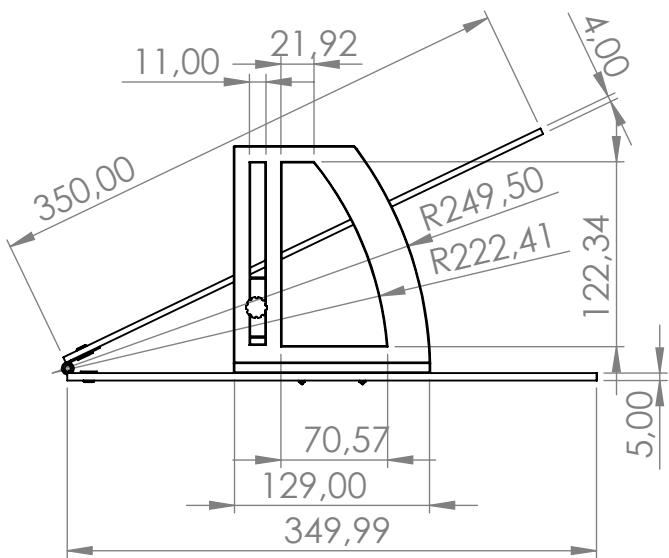
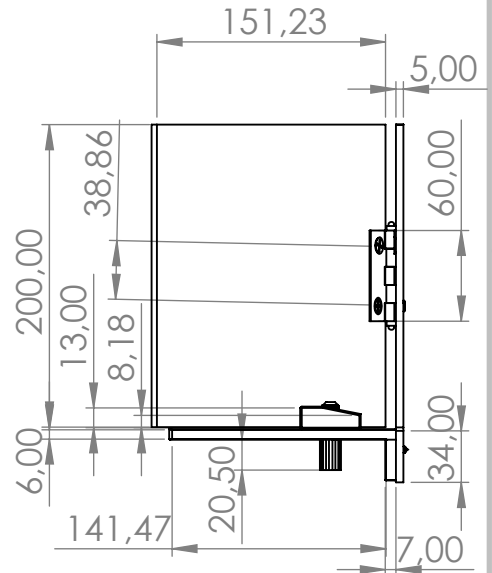
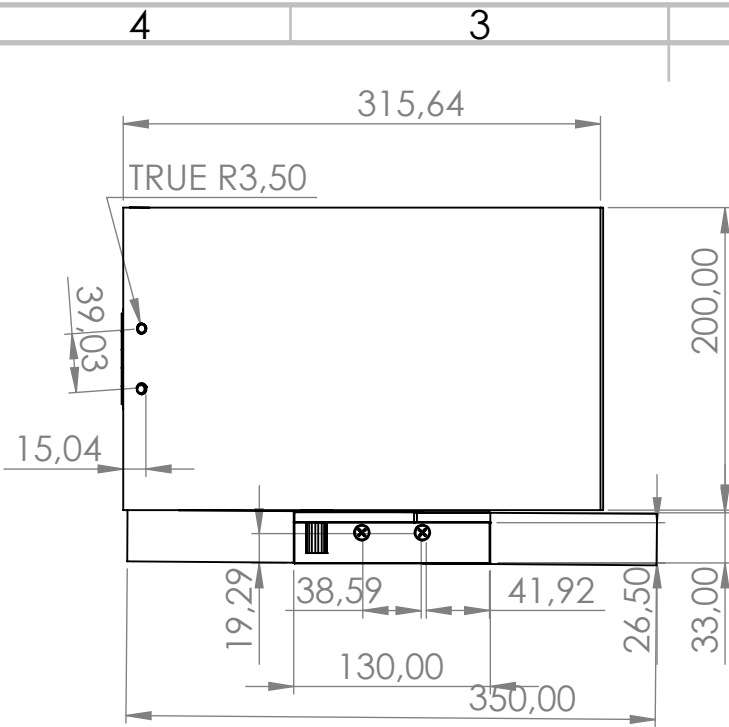
A

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:	
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

PEÇA P 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

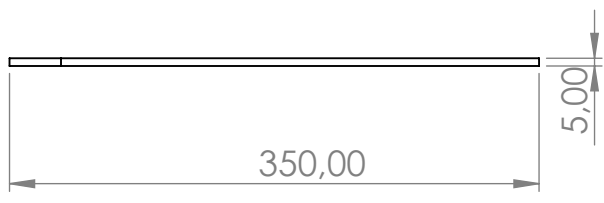
NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		
MATERIAL:		
WEIGHT:		

TITLE:	P INCLINADO	A4
DWG NO.		
SCALE: 1:5	SHEET 1 OF 1	

4 3 2 1

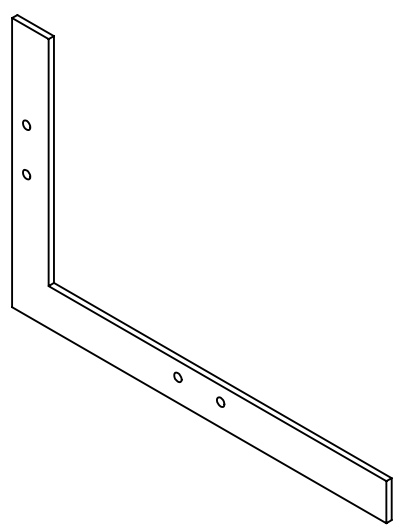
F

F



E

E

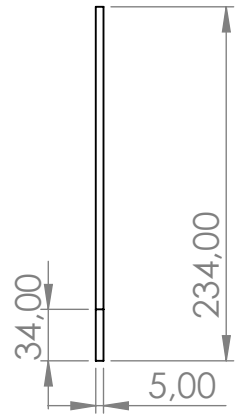
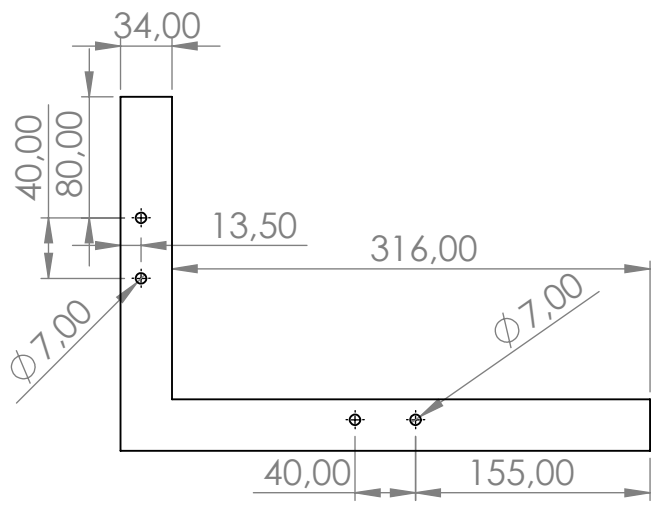


D

D

C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

A

A

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

DWG NO. **BASE**

SCALE: 1:5

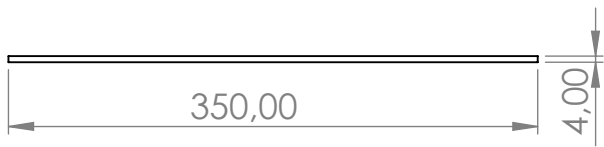
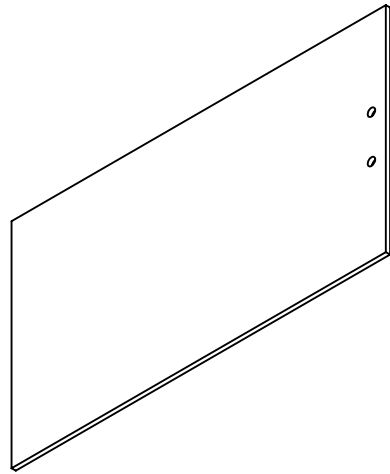
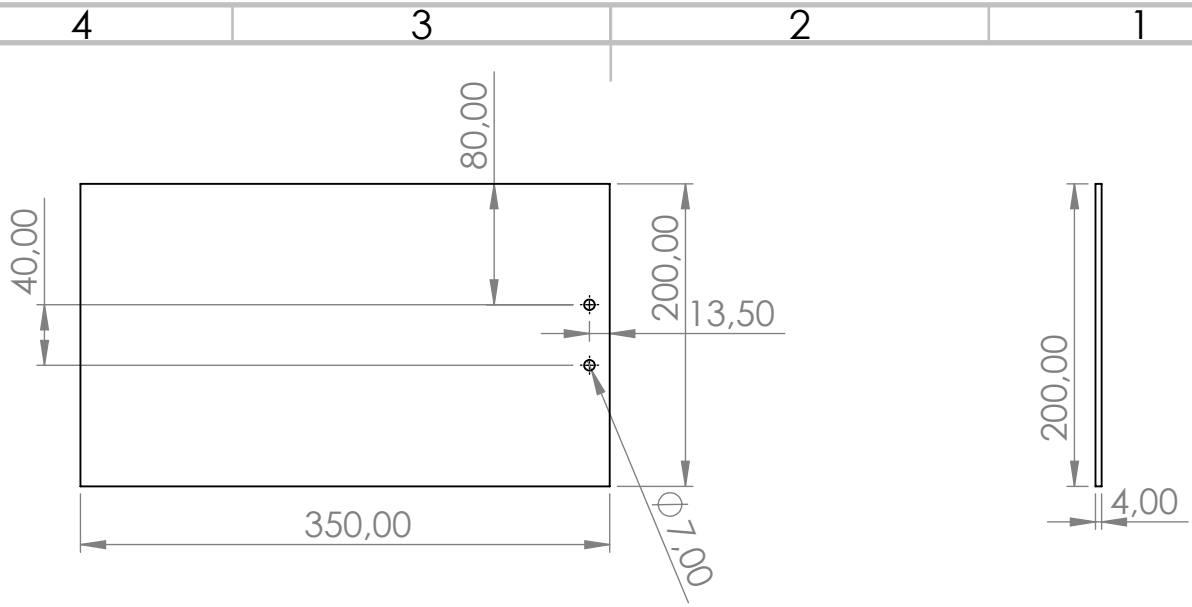
SHEET 1 OF 1

A4

MATERIAL:

WEIGHT:

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

 DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

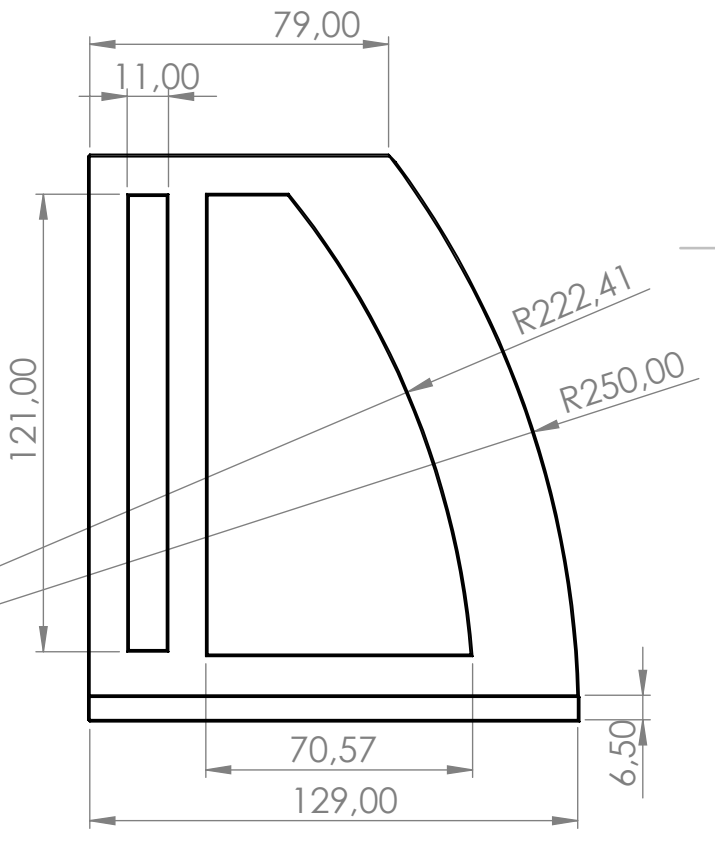
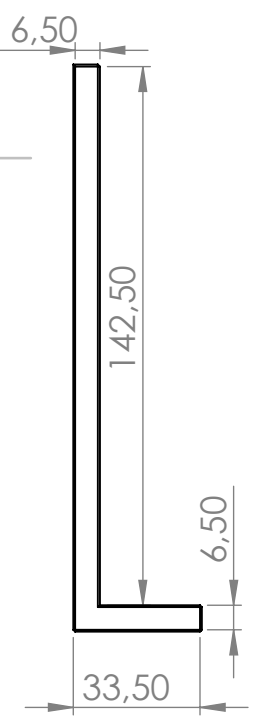
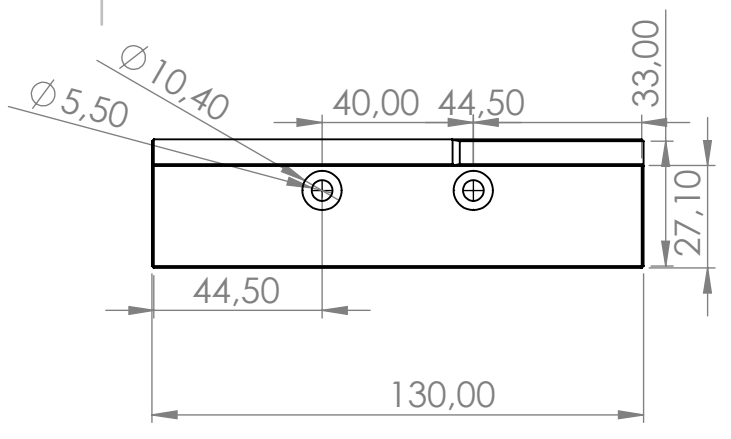
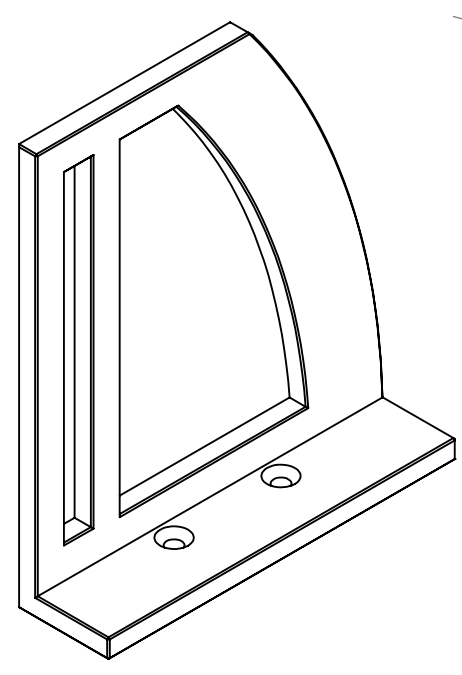
DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

 DWG NO. **P MOVÉL** A4
 WEIGHT:
 SCALE: 1:5 SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

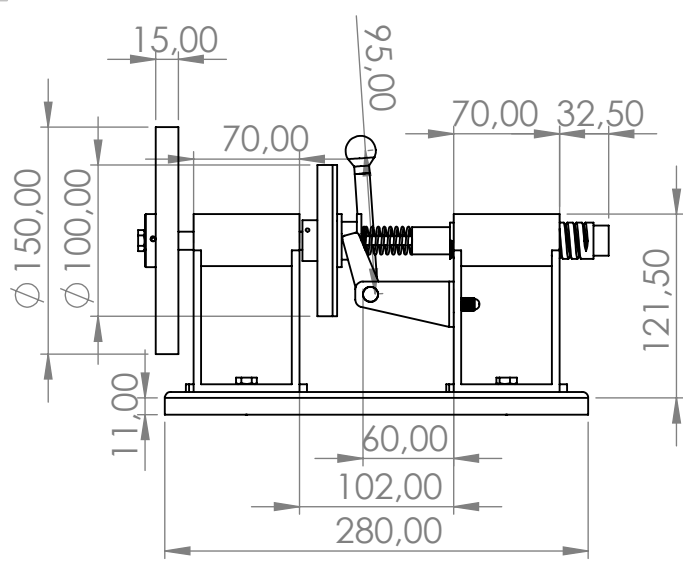
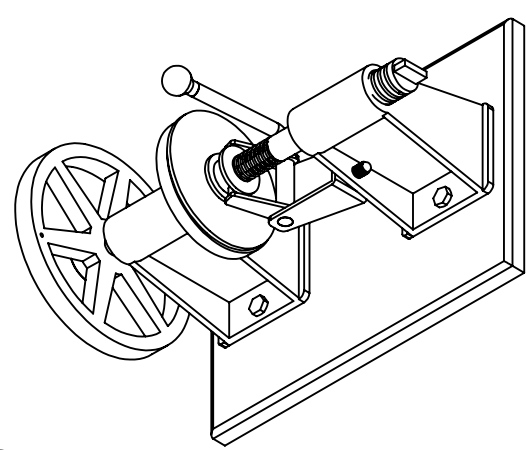
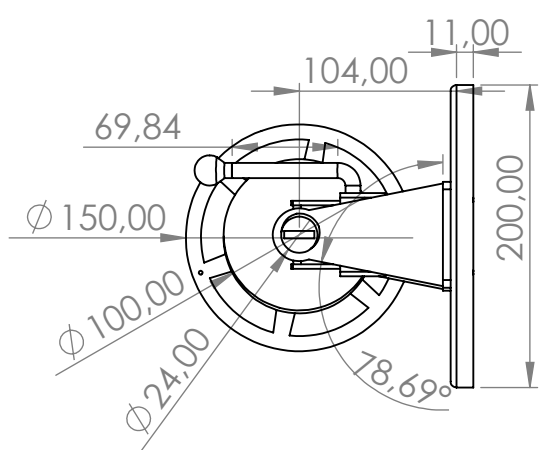
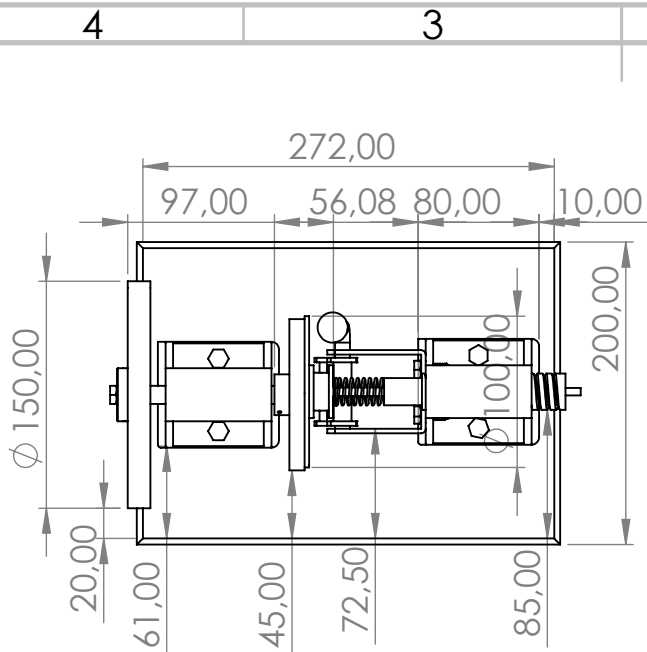
DWG NO.

TRANSFERIDOR

A4

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

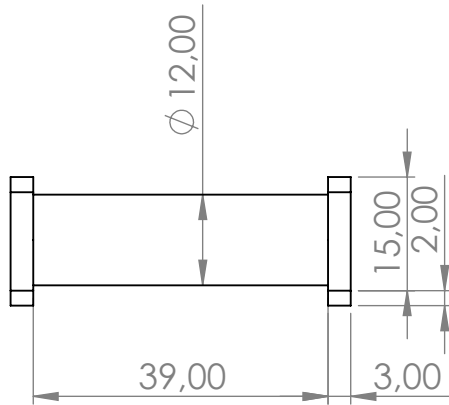
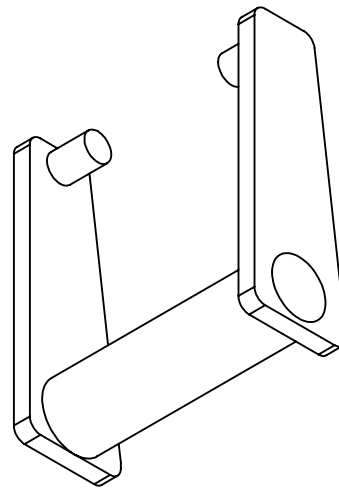
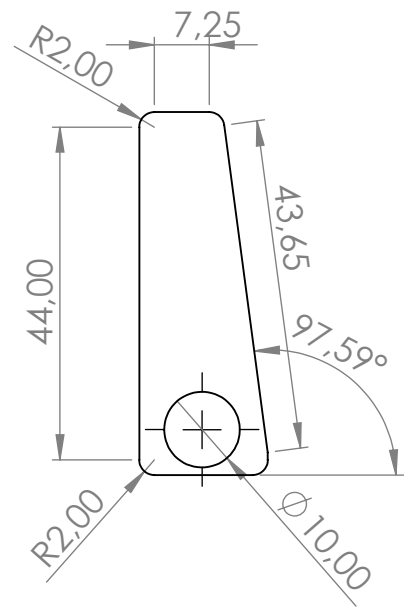
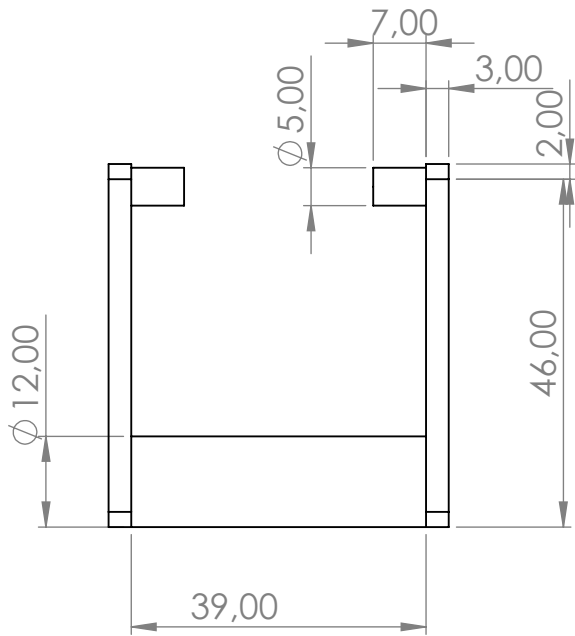
EMBRAIAGEM

A4

WEIGHT:

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

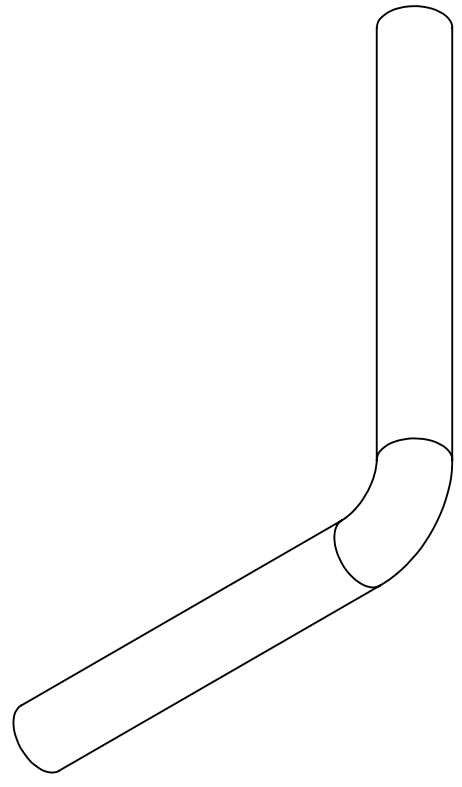
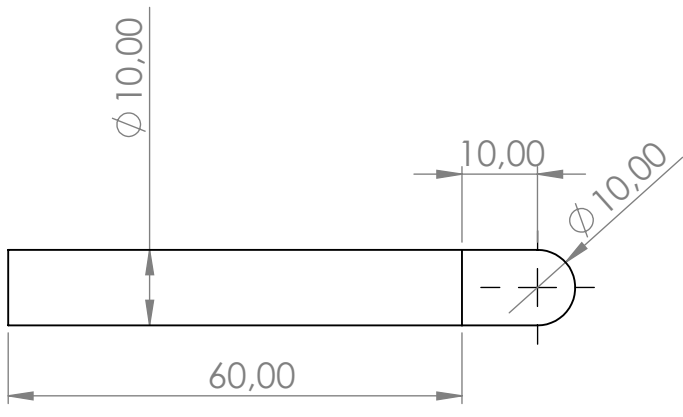
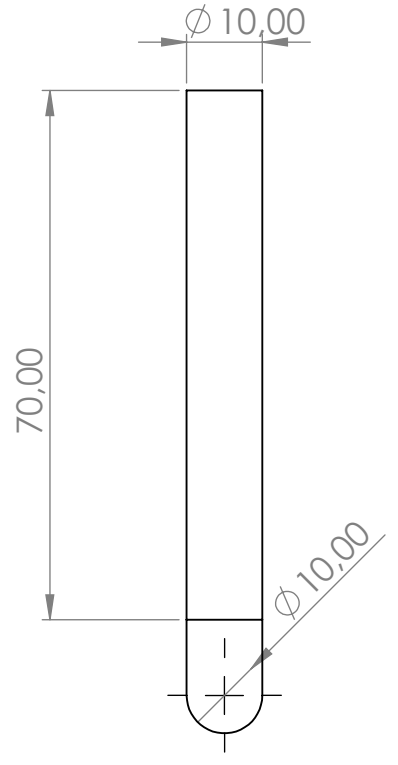
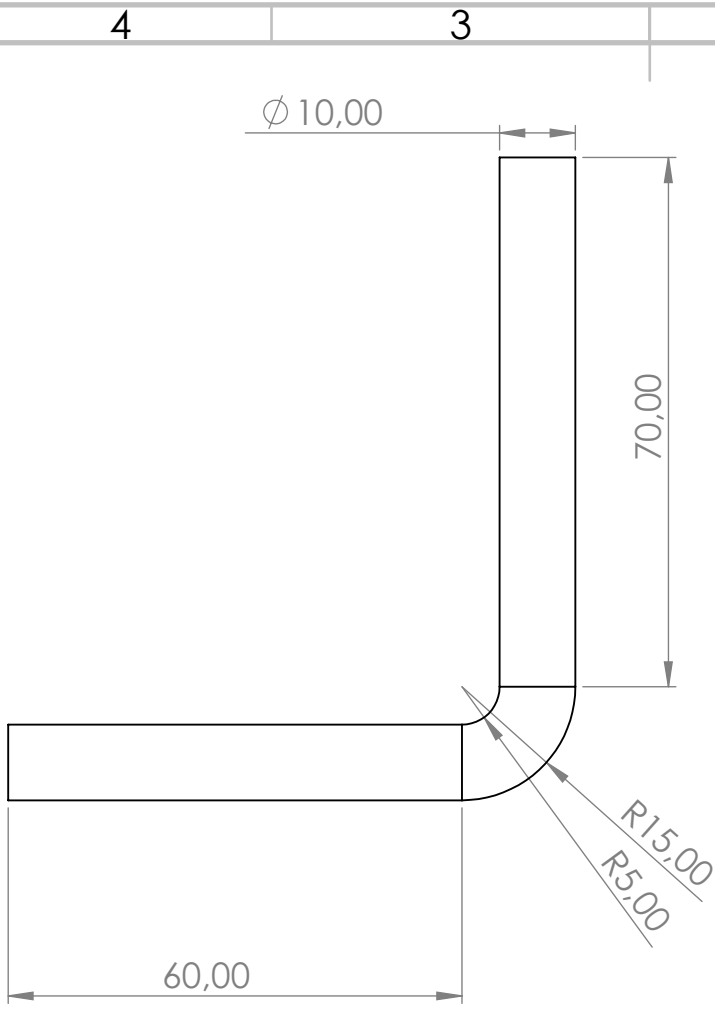
ACIONADOR

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

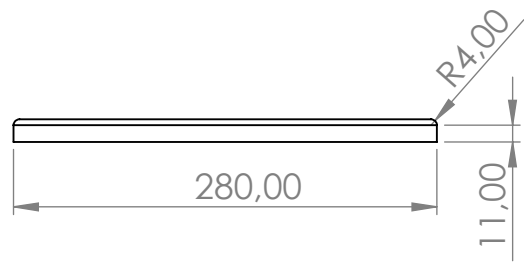
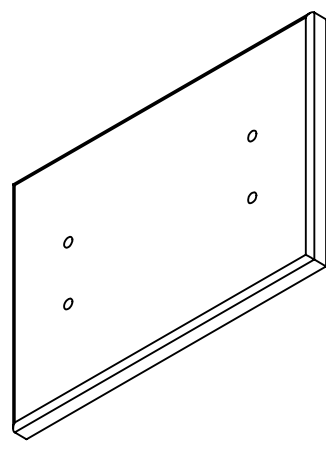
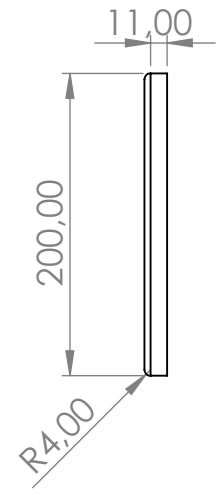
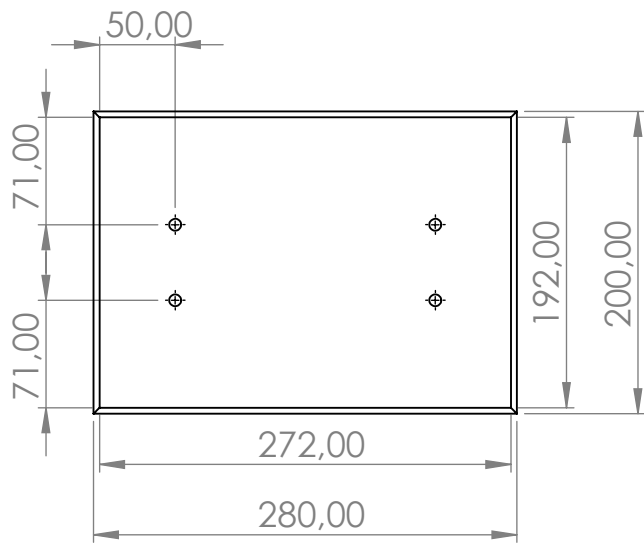
 DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

 DWG NO. **ALAVANCA** A4
 SCALE:1:1 SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

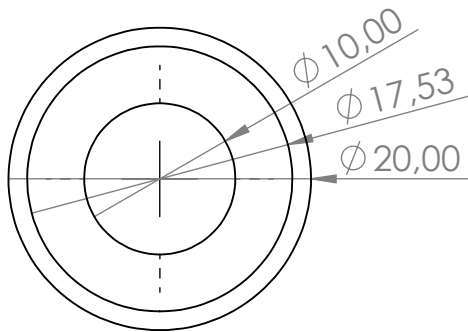
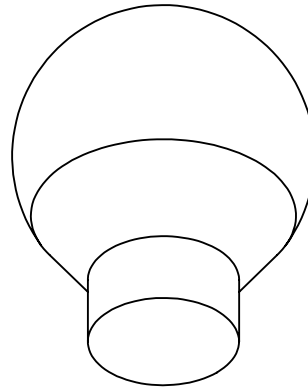
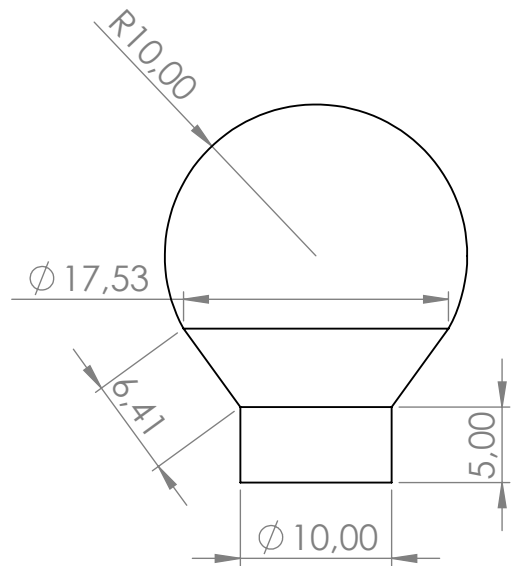
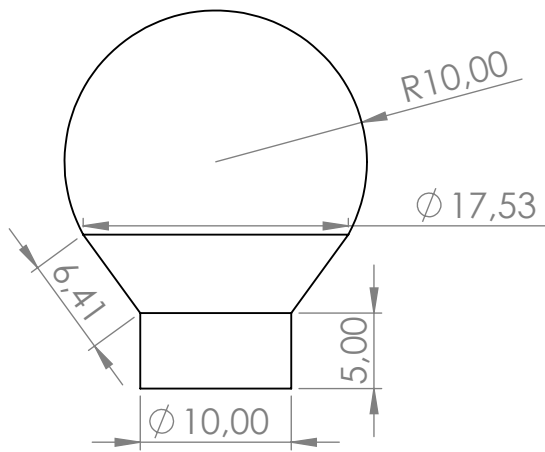
TITLE:

DWG NO. **BASE**

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

CABEÇA A

A4

WEIGHT:

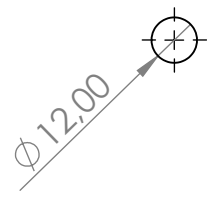
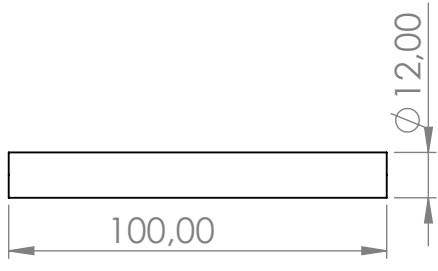
SCALE:2:1

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F

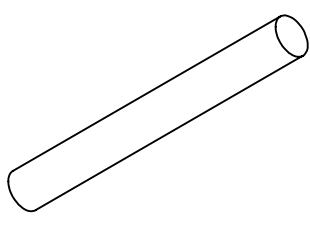


E

E

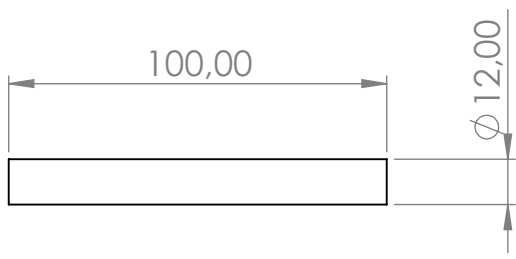
D

D



C

C



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

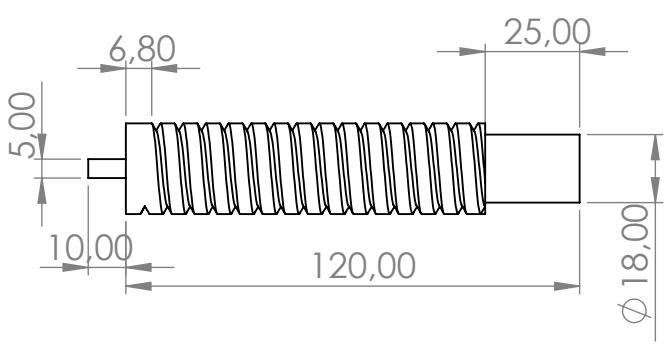
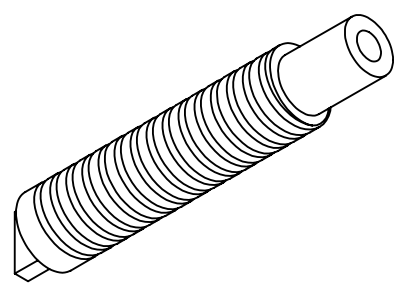
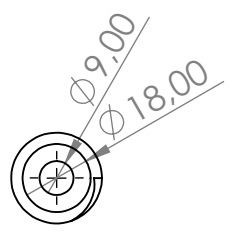
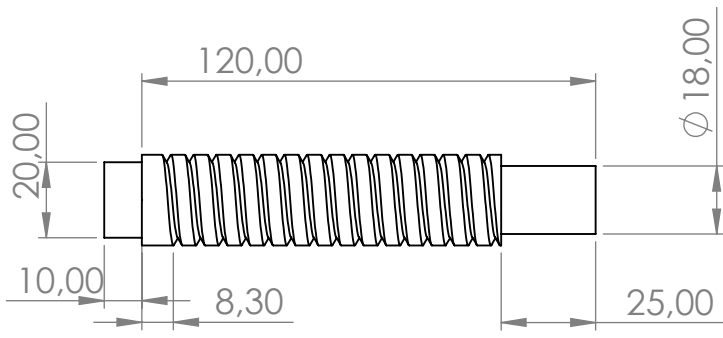
	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:	
DWG NO.	EIXO 1
SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1
MATERIAL:	
WEIGHT:	
	A4

A

A

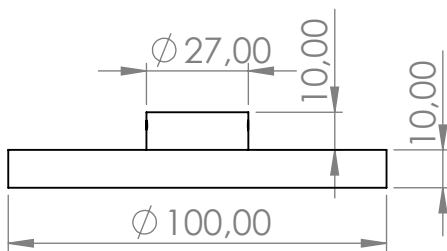
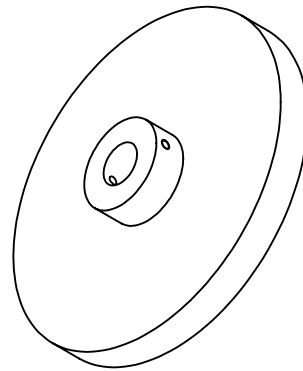
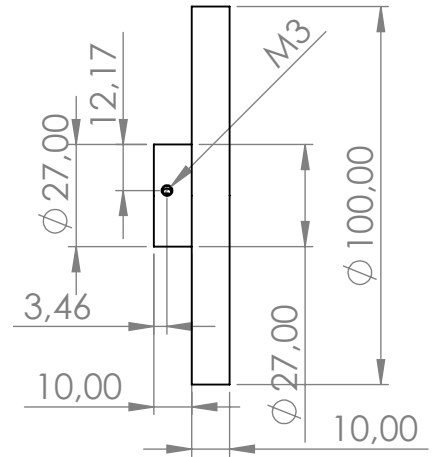
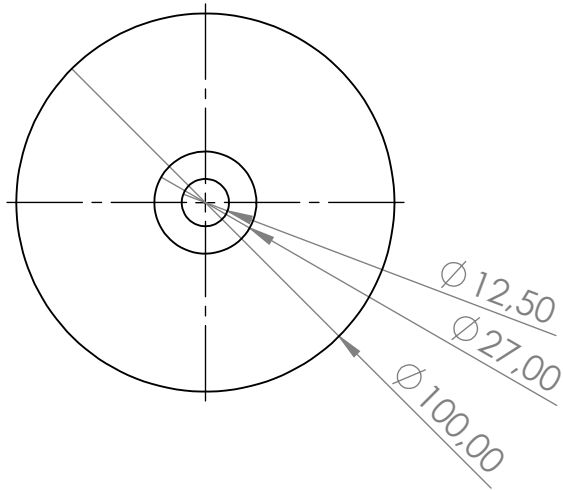
4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
MATERIAL:			DWG NO.			
WEIGHT:			SCALE:1:2			
			SHEET 1 OF 1			

EIXO 2

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

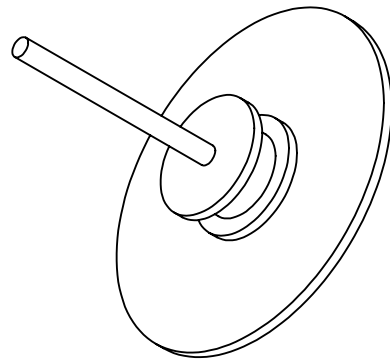
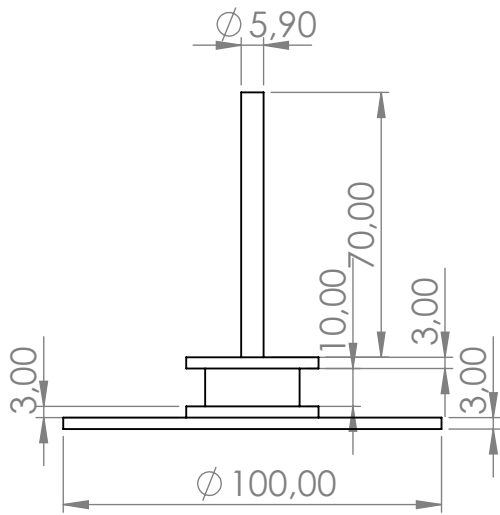
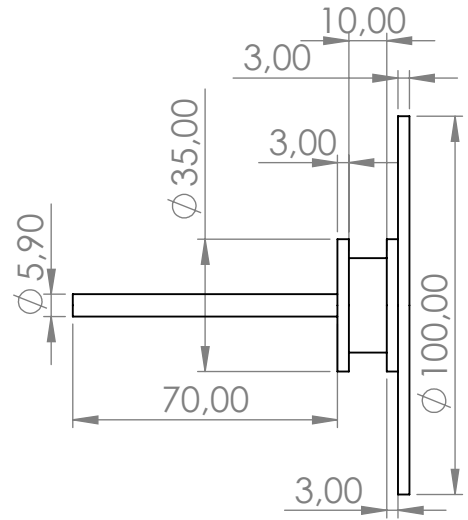
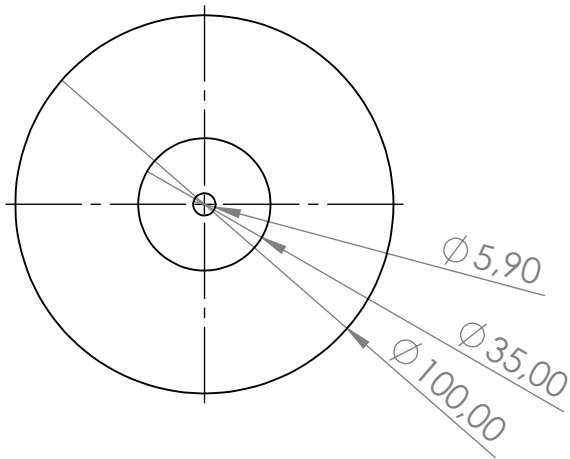
RODA 1

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

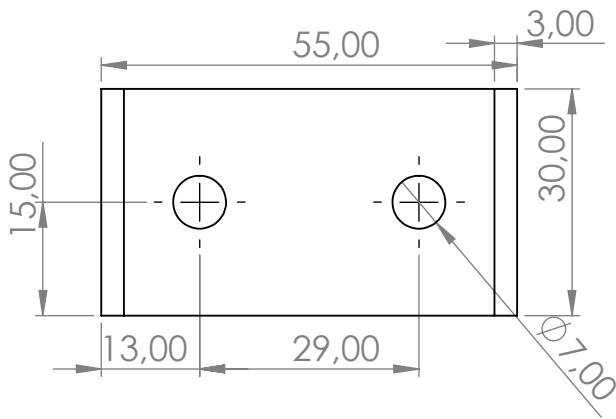
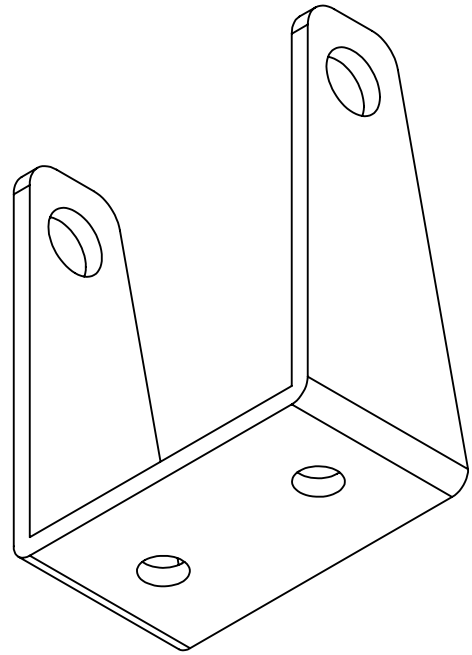
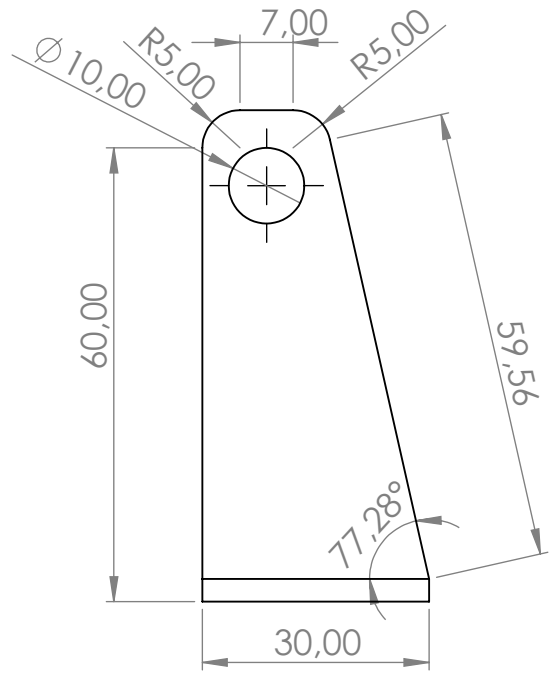
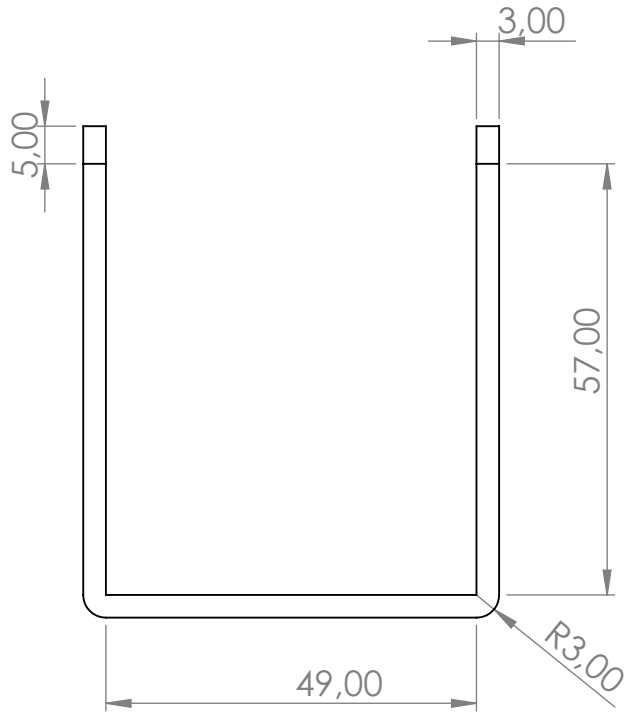
	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:	
DWG NO.	RODA 2
SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1

MATERIAL:

WEIGHT:

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

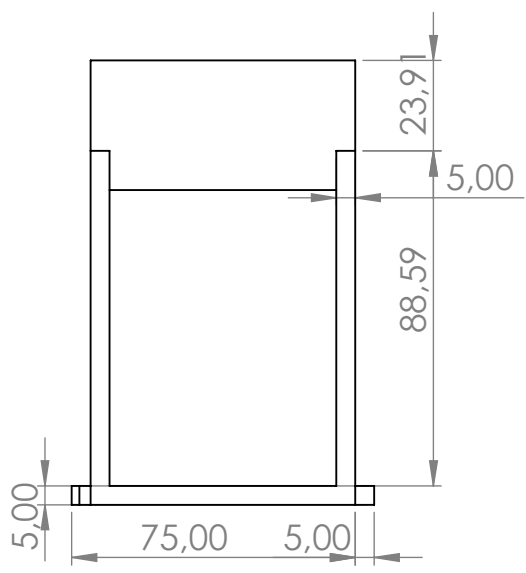
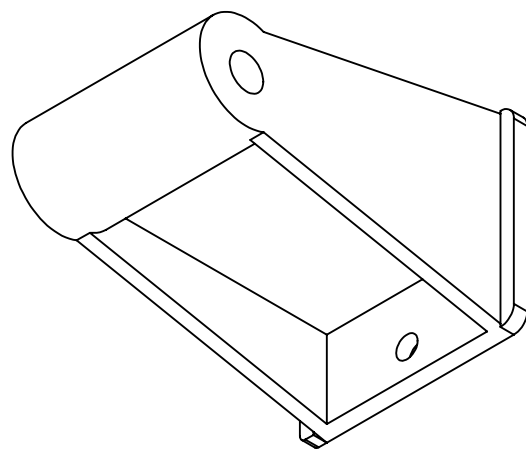
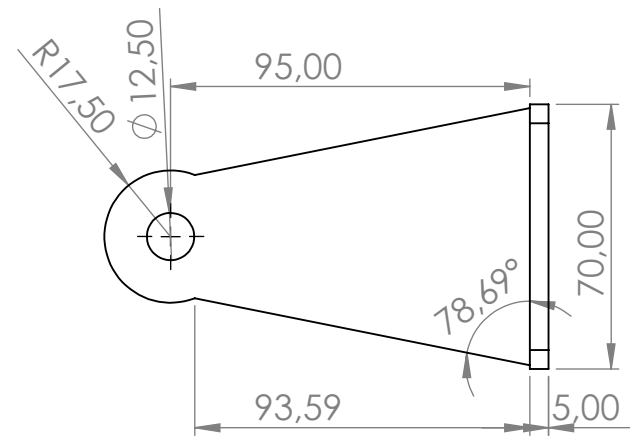
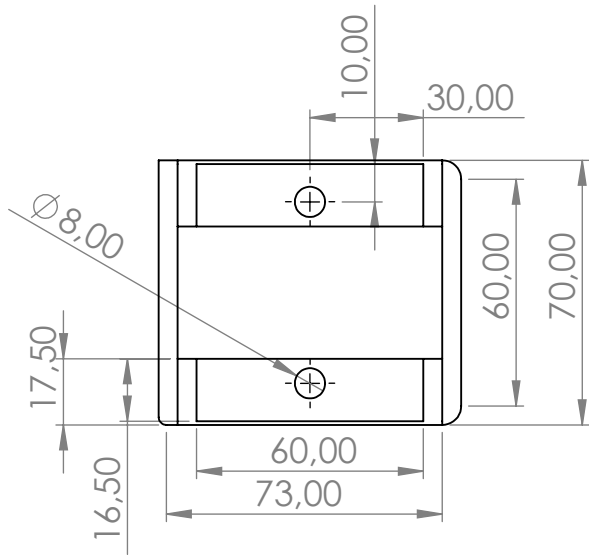
SUPORTE A

A4

WEIGHT:

SCALE:1:1

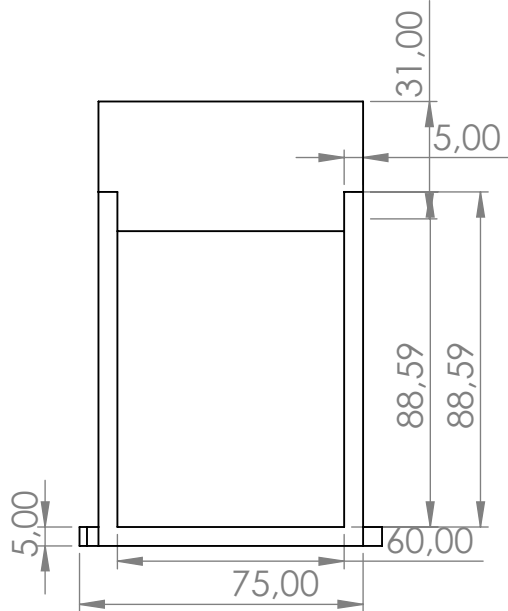
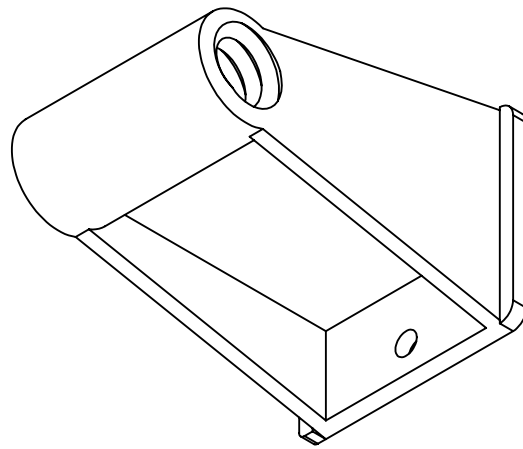
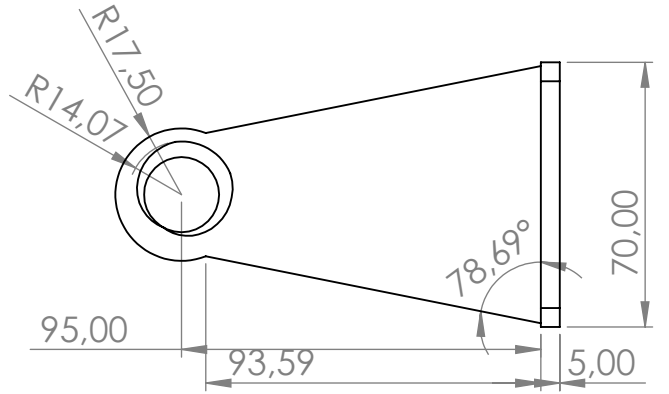
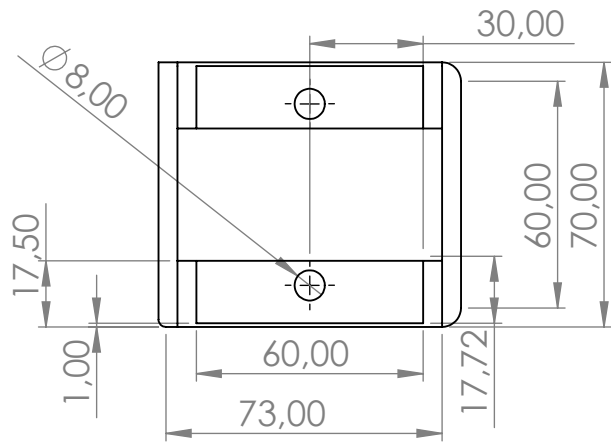
SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
DRAWN			MATERIAL:			DWG NO.
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
WEIGHT:			SCALE: 1:2		SHEET 1 OF 1	

SUPORTE F

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

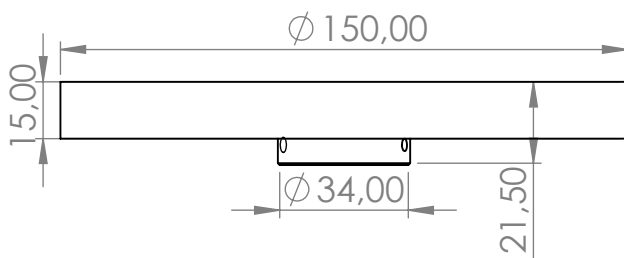
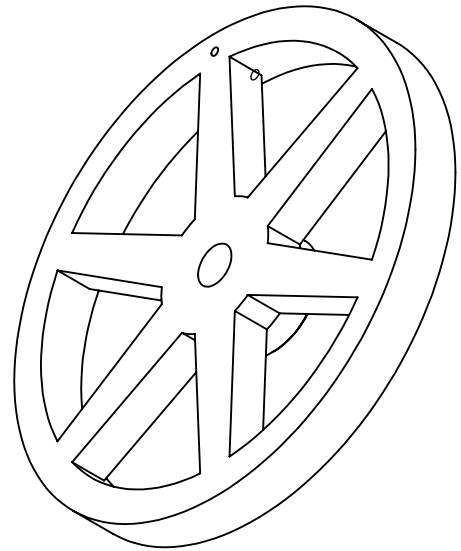
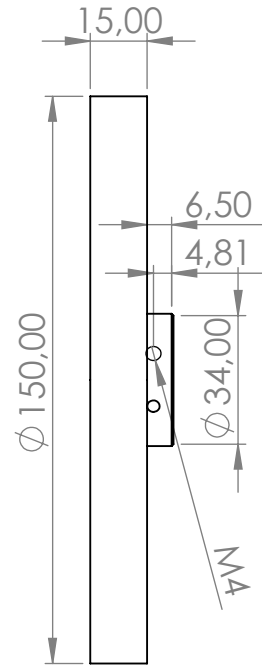
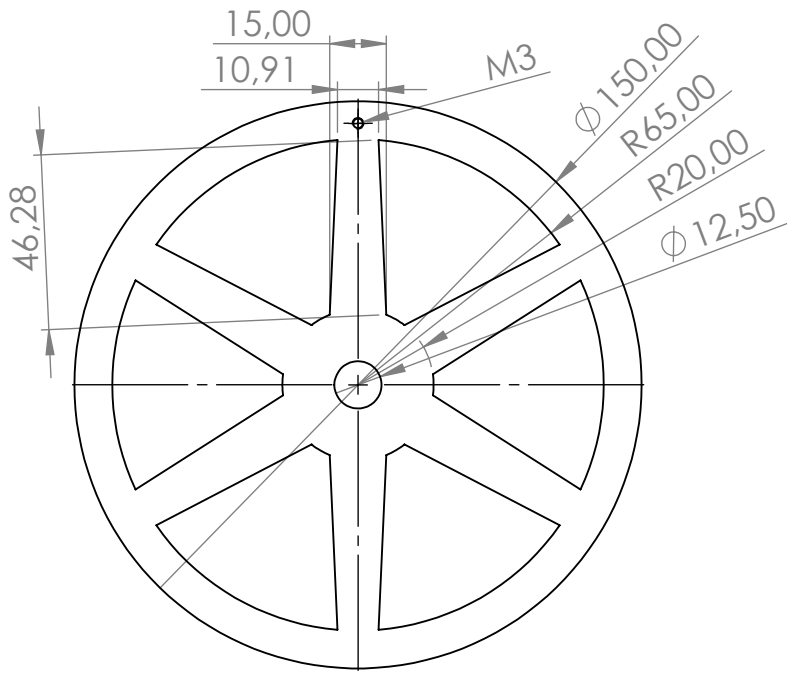
SUPORTE T

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

VOLANTE I

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1