

**INSTITUTO FEDERAL  
MINAS GERAIS**

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS  
CURSO ENGENHARIA MECÂNICA**

**RELATÓRIO FINAL SOBRE PROJETO TAI**

**SIMULAÇÃO DO MOVIMENTO DO PISTÃO DE MOTOR DE DOIS TEMPOS  
E SISTEMA DE CAPTAÇÃO PARA COMBUSTÍVEIS ADULTERADOS**

**Breno Avelar Mendonça  
Geovanne Tavares Faria  
João Victor Oliveira Rodrigues  
Mike Douglas Gonçalves  
Pedro de Melo Araújo Goulart**

Relatório Final apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), em cumprimento a exigência do Trabalho Acadêmico Integrador (TAI).

**PROFESSOR:** Dr. Niltom Vieira Júnior

**Arcos-MG**

**Dezembro/2016**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a todos que contribuíram no decorrer da elaboração deste projeto, em especialmente:

A Deus, a quem devemos nossas vidas.

As nossas famílias, que foi quem sempre apoiou nossos estudos e nossas escolhas tomadas.

Aos profissionais de cada área, que contribuíram de forma relevante para que esse projeto fosse concluído.

Ao coordenador do curso e aos professores que tiveram papéis fundamentais na elaboração deste trabalho.

A todos os integrantes do grupo pelo companheirismo um com o outro e pela disponibilidade de auxiliar na construção do projeto.

## RESUMO

Este trabalho apresenta o projeto realizado pelos alunos do curso de Bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – *Campus Arcos*. Foi construído um simulador didático para compreender o funcionamento de um motor de dois tempos, levando em consideração conhecimentos já difundidos na literatura para a aplicação dos conteúdos relativos ao 1º período do curso. Além disso, acoplou-se a este sistema um elemento verificador de adulteração de combustíveis. Com o intuito de apenas simular o movimento de pistões didaticamente, e na ausência de conhecimentos acerca de fenômenos químicos, o sistema foi alimentado por uma placa fotovoltaica e não através de combustão. Por fim, através do uso de materiais leves e biodegradáveis, manteve-se um projeto com impactos ambientais inexpressivos.

**Palavras-chave:** motor de 2 tempos; adulteração de combustíveis; fonte de energia renovável.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Funcionamento do motor dois tempos.....	10
Figura 2: Béquer com combustível + água.....	11
Figura 3: Béquer somente com combustível.....	11
Figura 4: Motor de 3 cilindros da DKW.....	13
Figura 5: Esboço do suporte do motor.....	16
Figura 6: Soma de vetores para $90^\circ$ .....	18
Figura 7: Soma de vetores para $180^\circ$ .....	18
Figura 8: Soma de vetores para $270^\circ$ .....	19
Figura 9: Soma de vetores para $30^\circ$ .....	19
Figura 10: Soma de vetores para $45^\circ$ .....	20
Figura 11: Pistão em altura média.....	21
Figura 12: Regra da mão direita.....	22
Figura 13: Ângulo formado com o movimento do pistão.....	23
Figura 14: Ângulo formado na posição intermediária da biela.....	23
Figura 15: Vetores de base canônica.....	24
Figura 16: Representação da camisa que envolve o pistão.....	25
Figura 17: Motor 2 tempos ligado na bateria.....	27
Figura 18: Protótipo do projeto.....	28
Figura 19: Laser utilizado para indicar os diferentes índices de refração.....	29
Figura 20: Laser ótico com suporte.....	31
Figura 21: Biela e pistão.....	31
Figura 22: Braçadeiras.....	32
Figura 23: Disco da biela feito de material MDF.....	32
Figura 24: Cano PVC.....	33
Figura 25: Placa solar.....	33
Figura 26: Béqueres.....	34
Figura 27: Estrutura da camisa do pistão.....	34
Figura 28: Motor de para-brisa.....	35
Figura 29: Suporte do motor na vista isométrica.....	35
Figura 30: Vista frontal do suporte.....	36
Figura 31: Vistas com as cotas do suporte do motor de para-brisa.....	36
Figura 32: Trabalho finalizado.....	37
Figura 33: Gráfico da função.....	41
Figura 34: Área da base.....	42
Figura 35: Ângulo formado em relação a inclinação do painel solar.....	43
Figura 36: Experimentos para medir frequência.....	45
Figura 37: Deslocamento angular do vetor.....	47
Figura 38: Vetores velocidades e sua transmissão no sistema.....	50

Figura 39: Raio laser refratado no béquer com álcool.....	55
Figura 40: Raio laser refratado no béquer com 10% de água.....	56
Figura 41: Raio laser refratado no béquer com 20% de água.....	56
Figura 42: Raio laser refratado no béquer com 30% de água.....	57
Figura 43: Raio laser refratado no béquer com 40% de água.....	58
Figura 44: Raio laser refratado no béquer com 50% de água.....	58
Figura 45: Estrutura de madeira da base do projeto.....	59
Figura 46: Motor de para-brisa de carro com o suporte.....	60
Figura 47: Bateria de moto 12V.....	60
Figura 48: Biela de moto.....	61
Figura 49: Pistão de moto.....	61
Figura 50: Virabrequim de ferro com o pistão.....	62
Figura 51: Partes do virabrequim de MDF.....	62
Figura 52: Estrutura da camisa do pistão com o cano PVC cortado.....	63
Figura 53: Cano PVC com corte.....	63
Figura 54: Arruelas.....	64
Figura 55: Eixo do motor feito pelo torneiro.....	64
Figura 56: Conjunto de rolamentos.....	65
Figura 57: Virabrequim acoplado no eixo do motor de para-brisa.....	65
Figura 58: Motor 2 tempos ligado a bateria.....	66
Figura 59: Esquema sobre o sistema de energia solar no projeto.....	68
Figura 60: Controlador de carga.....	68
Figura 61: Placa solar.....	69
Figura 62: Material de ferro que envolve a biela e o pistão.....	72
Figura 63: Gráfico do índice de refração do raio laser nos líquidos.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela: Sistema de identificação da adulteração de combustível.....74

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	9
2.1	MOTOR 2 TEMPOS INTEGRADO AO PROJETO.....	9
2.2	IDENTIFICAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS ADULTERADOS INTEGRADO AO PROJETO .....	10
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	12
3.1	OBJETIVO GERAL.....	12
<b>3.1.1</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	12
3.2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	13
<b>3.2.1</b>	<b>1º Etapa – Sobre motor 2 tempos alimentado pela energia solar</b> ....	13
3.2.1.1	Levantamento Histórico.....	13
<b>3.2.2</b>	<b>2º Etapa – Sobre adulterações de combustíveis</b> .....	14
3.2.2.1	Notícias Relevantes.....	14
<b>3.2.3</b>	<b>Desenvolvimento do motor</b> .....	16
<b>3.2.4</b>	<b>Conteúdos das disciplinas incorporados ao projeto</b> .....	16
3.2.4.1	Geometria Analítica .....	16
3.2.4.2	Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).....	27
3.2.4.3	Desenho Técnico e AutoCad.....	31
3.2.4.4	Cálculo I .....	38
3.2.4.5	Física I.....	45
3.3	METODOLOGIA.....	59
<b>3.3.1</b>	<b>Métodos utilizados para montagem</b> .....	59
3.3.1.1	Elaboração do projeto na prática.....	66
<b>3.3.2</b>	<b>Materiais</b> .....	69
3.4	RELEVÂNCIA DO TRABALHO .....	71
3.5	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	72
3.6	RESULTADOS .....	74
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	76
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	78

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta um dispositivo que simula o funcionamento de um motor de dois tempos a partir de tecnologias já difundidas a longa data. O trabalho possui dois únicos objetivos específicos: alimentar um motor através de uma placa solar e reproduzir um detector de combustíveis adulterados através da refração ótica.

O trabalho foi realizado por um grupo de cinco estudantes do primeiro período do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Minas Gerais, Campus Arcos. Os alunos utilizaram os conceitos vistos em sala de aula para demonstrar na prática a utilização dos conceitos teóricos abordados no curso.

A motivação para o trabalho se deu pelo fato do grupo apresentar interesse mútuo nos processos alternativos de alimentação para motores elétricos. Essa proposta se expande à medida que as ideias aqui utilizadas se aplicam não apenas a um motor de dois tempos, como também a outros tipos de motores, ou seja, o trabalho servirá de base para futuras aplicações na área.

Destaca-se por fim, como elemento de destaque no projeto, a implementação de um dispositivo capaz de detectar combustíveis adulterados a partir da diferença entre os índices de refração ótica do álcool puro e da mistura entre álcool e água, comumente feita nos postos de combustíveis.

Além disso, à medida que o trabalho foi avançando, todos os integrantes foram se sentindo cada vez mais membros de uma importante pesquisa acadêmica. Logo ao final do processo de montagem do TAI, todos os alunos passaram a ter uma grande visão de diversas áreas empregadas, inclusive sobre os termos técnicos aplicados aos equipamentos e peças por profissionais de cada setor.

## 2 JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento deste projeto, além de integrar os conceitos estudados no atual período de engenharia mecânica, justifica-se principalmente pela importância de investigar o funcionamento de um mecanismo identificador de adulteração de combustíveis, de modo que pudesse ser acoplado a um motor genérico, que traria benefícios imediatos a sociedade (financeiros, pelo melhor rendimento e vida útil do motor; ético, pela inibição de atitudes fraudulentas ao consumidor e subsídios para futuros projetos acadêmicos).

Além disso, justifica-se pela busca em criar um protótipo de um motor alimentado por uma bateria, que poderá ser investigado por profissionais para que consigam colocar esta ideia na prática visando movimentá-lo de maneira mais sustentável, visto que este processo não necessita de uma combustão.

### 2.1 MOTOR 2 TEMPOS INTEGRADO AO PROJETO

O projeto aqui apresentado não tem uma tecnologia antecedente específica, visto que se trata de uma combinação de ideias separadas que foram integradas de modo a possibilitar, inclusive, uma reflexão sobre a viabilidade do seu uso na prática.

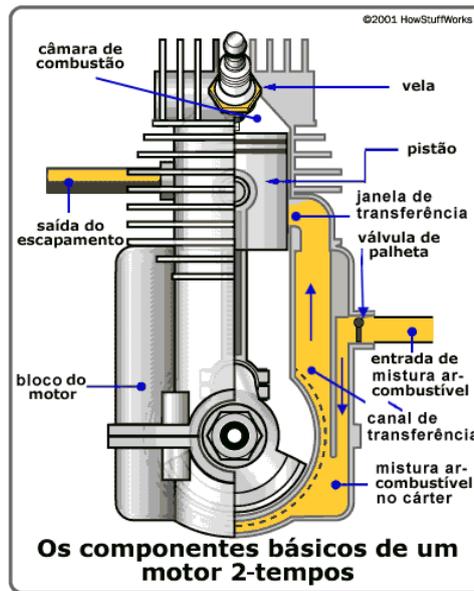
Inicialmente a proposta era desenvolver um motor quatro tempos, entretanto, após a realização de pesquisas relacionadas ao assunto, foram observados alguns fatores que dificultariam a conclusão do projeto em tempo hábil. Entre eles estão: difícil acesso aos componentes necessários para a montagem do motor, elevado custo e alta complexidade em seu processo mecânico perante os conteúdos estudados até o 1º período do curso de engenharia.

O consenso do grupo em optar pelo motor à explosão de dois tempos deu-se pelo fato do mesmo apresentar algumas vantagens importantes em comparação com o motor quatro tempos: simplicidade, leveza, custo acessível e aplicabilidade das disciplinas estudadas. Porém, a eficiência é a mesma para um motor de 4 tempos.

Nos motores à explosão de dois tempos há basicamente dois ciclos. No primeiro ciclo o pistão sobe, admitindo a mistura de ar juntamente com combustível na câmara de pré-admissão, fechando as janelas de admissão e exaustão. Durante este processo cria-se um vácuo no cárter que força a admissão de ar atmosférico no interior do mesmo.

No segundo tempo ocorre a ignição da mistura que ocasiona sua explosão. Os gases expandem forçando o pistão a descer, produzindo assim trabalho. O pistão desce descomprimindo a mistura até que ele libere a janela de escape dos gases. Estes são exalados enquanto empurrados pela nova mistura que está sendo admitida. Seu funcionamento básico é visto na Figura 1.

Figura 1: Funcionamento do motor dois tempos



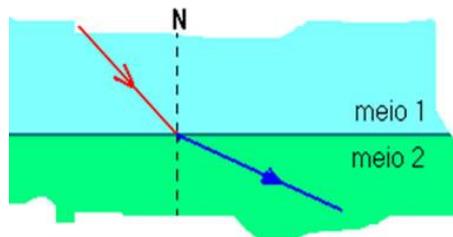
Fonte: <http://motor.blogs.sapo.pt/tag/motor+2+tempos> (Acesso em: 14 nov. 2016)

## 2.2 IDENTIFICAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS ADULTERADOS INTEGRADO AO PROJETO

No projeto acadêmico aqui apresentado, a ideia inicial era a identificação do combustível adulterado através de cálculos estequiométricos para verificar a adulteração através da densidade dos líquidos, porém verificou-se que o método é inadequado, visto que para uma mesma quantidade de volume tanto da mistura quanto do álcool puro, sensores iriam detectar sinais, ou seja, acusaria mesmo com o combustível não estando adulterado. Outra hipótese era a detecção por fibra ótica, porém pela sua complexidade e seu alto custo, optou-se pela aplicação dessa tecnologia a partir de uma forma mais simples e rentável para o grupo como um todo: a diferenciação do índice de refração óptica através de um laser.

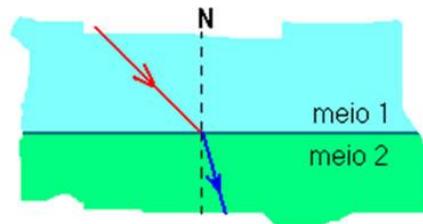
Desse modo a identificação da adulteração do combustível será possível através da incidência de um raio de luz em um béquer, com uma mistura de combustível e água como mostra a Figura 2 e em outro béquer somente com combustível (Figura 3). O raio será incidido com o mesmo ângulo de incidência em cada béquer, haja vista que, a mistura de combustível + água conterà maior ou menor índice de refração.

Figura 2: Béquer com combustível + água



Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-refracao-luz.htm> (Acesso em: 17 nov. 2016)

Figura 3: Béquer somente com combustível



Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-refracao-luz.htm> (Acesso em: 17 nov. 2016)

### **3 DESENVOLVIMENTO**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral do trabalho é construir um protótipo de motor de dois tempos, acoplado a um sistema identificador de fraude em combustíveis e analisar a viabilidade de um dispositivo integrado que una as duas tecnologias.

Além disso, o objetivo geral do trabalho se completa com o desenvolvimento de uma pesquisa que servirá de base para que profissionais da área possam desenvolver na prática motores alimentados por baterias, visando assim substituir a combustão, comumente utilizada para o funcionamento dos motores atuais.

Para a consolidação deste objetivo geral fez-se necessário a subdivisão do trabalho acadêmico em etapas, as quais foram consideradas como objetivos específicos.

##### **3.1.1 Objetivos específicos**

O primeiro objetivo específico diz respeito a integração mecânica dos componentes fixos e móveis do projeto. Esta etapa se trata do funcionamento do motor propriamente.

O segundo objetivo específico se refere à parte de alimentar a bateria do motor através de um painel solar integrado a um controlador de carga. Essa etapa se consistiu em utilizar a energia solar para fins de simulação do funcionamento do motor 2 tempos. Entretanto, não foi utilizado a queima de combustíveis no projeto, pois ia elevar o custo do trabalho, além de exigir uma demanda maior de tempo para desenvolver o processo. Portanto, o grupo focou principalmente na parte de demonstrar o funcionamento do motor dois tempos, como o movimento do pistão e a explicação didática de cada ciclo.

O terceiro objetivo específico tratou da incorporação do sistema de detecção de fraudes ao motor com fins de beneficiar a sociedade. Esta tecnologia envolve a detecção de combustíveis adulterados através da refração ótica, que remete ao trabalho de Cordeiro (2012).

## 3.2 REFERENCIAL TEÓRICO

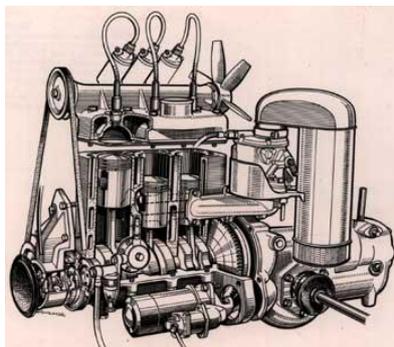
Nos tópicos a seguir serão apresentados notícias e levantamentos históricos sobre as etapas que compõe o trabalho como um todo. Além disso, contém os conteúdos de cada disciplina incorporada ao projeto de maneira didática.

### 3.2.1 1º Etapa – Sobre motor 2 tempos alimentado pela energia solar

#### 3.2.1.1 Levantamento Histórico

Esse motor tem alguns aspectos interessantes de se ressaltar: primeiramente o motor era composto de 3 cilindros (figura 5) sendo bastante incomum na época e até hoje. Outro aspecto se refere a que o motor era de dois tempos (2T): todo motor 2T deve ter óleo lubrificante misturado no combustível para a adequada lubrificação do motor. Em alguns modelos de veículos era necessária adição do fluido lubrificante no ato do abastecimento juntamente com o combustível, em outros havia um reservatório para o combustível e outro para o óleo da lubrificação do motor (o sistema misturava automaticamente gasolina + óleo antes da admissão). Esse sistema foi adaptado nos veículos a partir de 1967. Finalmente ressalta-se que cada vela era alimentada diretamente por uma bobina. Hoje em dia os motores de 4 cilindros têm as velas alimentadas por uma bobina somente e as faíscas nas velas são comandadas pelo sistema de injeção eletrônica. A vantagem desse sistema independente é que mesmo que de pane em uma das bobinas, as outras duas continuam alimentando o motor enquanto hoje, se a bobina estragar, para todo o sistema de combustão. (IF UFRGS, 2009).

Figura 4: Motor de 3 cilindros da DKW



Fonte: <http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores2t.htm> (Acesso em: 19 nov. 2016)

Nos motores a explosão de dois tempos há basicamente dois ciclos. No primeiro ciclo, o pistão sobe admitindo a mistura de ar + combustível na câmara de pré-admissão e fecha as janelas de admissão e exaustão. Durante esse processo cria-se um vácuo no cárter que força a admissão de ar atmosférico no interior do mesmo. (IF UFRGS, 2009).

No segundo tempo ocorre a ignição da mistura que ocasiona sua explosão. Os gases expandem forçando o pistão a descer produzindo assim trabalho. O pistão

desce descomprimindo a mistura até que ele libere a janela de escape dos gases. Estes são exalados enquanto empurrados pela nova mistura que está sendo admitida. (IF UFRGS, 2009).

### **3.2.2 2º Etapa – Sobre adulterações de combustíveis**

#### **3.2.2.1 Notícias Relevantes**

No Brasil são utilizados diferentes tipos de combustíveis automotivos. Entre eles, os principais são a gasolina tipo C e o álcool hidratado para veículos leves. A abertura de mercado de combustíveis, a redução do subsídio ao álcool e a liberação da importação de solventes são medidas que levaram a um grande crescimento da prática de adulteração de combustíveis. Atualmente, a adulteração é cada vez mais frequente em todo o país. A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Combustível (ANP) recebeu cerca de 7.500 denúncias de adulteração de combustível em 2015 (ANP, 2015). No total, foram 12.000 denúncias notificadas. Segundo a Superintendência de Fiscalização do Abastecimento da ANP, as principais irregularidades encontradas nas fiscalizações foram o percentual de etanol anidro na gasolina fora da média dos 27% permitidos. Também foi encontrado biodiesel com H<sub>2</sub>O fora do padrão, e a utilização, com menor frequência, de solventes orgânicos tais como querosene e aguarrás.

Além dos fatores já citados, a elevada incidência de impostos que recaem sobre a gasolina também contribui para que seu preço seja muito superior ao de seus adulterantes, o que colabora para o aumento da ocorrência de fraudes.

Quanto ao álcool combustível, a principal forma de adulteração é a adição de água. Seja pela adição desta ao álcool anidro para vendê-lo como álcool hidratado (mistura falsa conhecida como álcool molhado), seja pela adição ao próprio álcool hidratado, ficando este com teor de água acima do permitido pela ANP.

A utilização destes combustíveis adulterados pode causar perda de rendimentos e diversos danos ao motor e todo o sistema de alimentação de combustível. Os danos causados aos automóveis devido ao uso de combustíveis adulterados resultam em grandes incômodos ao consumidor. Além de grandes prejuízos financeiros, há o inconveniente de não poder utilizar o veículo enquanto o mesmo estiver sendo reparado. O prejuízo financeiro é transferido às montadoras caso o veículo se encontre em período de garantia. O estado também sofre prejuízos em relação à arrecadação de tributos, que são burlados por essas práticas consideradas criminosas. Os danos ao meio ambiente também são maiores, pois ocorre aumento da poluição em detrimento da queima incompleta do combustível adulterado, ao lançar gases tóxicos à atmosfera.

Uma proposta para contornar o problema é o uso de sistemas detectores de fraude como, por exemplo, o proposto por Marcondes (2015):

O meu produto analisa a gasolina por meio do sistema óptico eletrônico que verifica a composição dos solutos e dos solventes. Com isso, eu posso tirar algumas informações através do índice de refração, como densidade e composição. Assim ele se torna um medidor da qualidade da gasolina, podendo verificar se a mesma está "batizada" ou não e se está fora de padrão.

A citação acima se refere a uma reportagem feita pelo Sindicato dos Trabalhadores em Pesquisa, Ciência e Tecnologia – SP, a qual se baseia em uma equipe formada por três engenheiros e um designer de produtos criou um sensor óptico capaz de verificar instantaneamente se o combustível é "batizado". A ideia e o projeto surgiram ainda na universidade (Unicamp), mas a equipe continuou o trabalho e almeja inseri-lo no mercado automotivo. Quando o aparelho estiver disponível, poderá ser instalado em todos os carros e utilizado por qualquer motorista.

Diante do presente cenário de adulteração de combustível no Brasil, se faz necessário o uso de sensores que monitorem a qualidade do combustível utilizado no veículo. Sensores que acusem a utilização de uma mistura irregular de combustível no automóvel, alertando o motorista.

Um sensor pode ser definido como um sistema que recebe um estímulo físico e o converte em um sinal, geralmente elétrico, que pode ser analisado por outro sistema. O estímulo pode ser dos mais variados tipos como calor, luz, pressão, movimento ou som, por exemplo. Existem inúmeros tipos de sensores com as mais variadas aplicações possíveis.

Tal identificação de combustíveis adulterados através de sensores de fibra óptica já foi estudada por pesquisadores da Unicamp de São Paulo, em destaque no trabalho de Cordeiro (2012), no qual espelha-se o projeto em questão. O sensor de Cordeiro (2012) refere-se a um sistema óptico capaz de medir variações de índice de refração de soluções líquidas com alta sensibilidade, em particular de soluções de combustíveis. O dispositivo sensor é construído a partir de uma fibra óptica a qual tem suas dimensões diminuídas. A tecnologia proposta possui uma sensibilidade 5,2 vezes superior à sensibilidade apontada em outros dispositivos usados para o mesmo fim.

A medida de variações de índice de refração utilizando fibras ópticas é de grande utilidade na identificação da concentração de um determinado soluto em uma dada solução de interesse. Em especial, devido ao fato de as fibras ópticas serem

eletricamente passivas e representarem uma alternativa a medidas por absorção, os sensores a fibra óptica que se baseiam na interação do campo evanescente da luz com o meio de interesse se tornam potencialmente interessantes no que tange ao monitoramento de combustíveis.

### 3.2.3 Desenvolvimento do motor

No projeto, foi utilizado um motor de para-brisa, visto que ele apresenta baixa rotação por minuto, a qual seria ideal para demonstração do movimento do pistão sem causar danos a estrutura, além de ser alimentado por uma corrente contínua. Este motor será acionado por uma bateria (12V), que por sua vez será alimentada por uma placa solar como mostra a figura 4, que absorverá a energia da luz do sol, passará por um controlador de carga até ser armazenada na bateria. Depois disso, liga-se a bateria ao motor para fazê-lo funcionar.

### 3.2.4 Conteúdos das disciplinas incorporados ao projeto

#### 3.2.4.1 Geometria Analítica

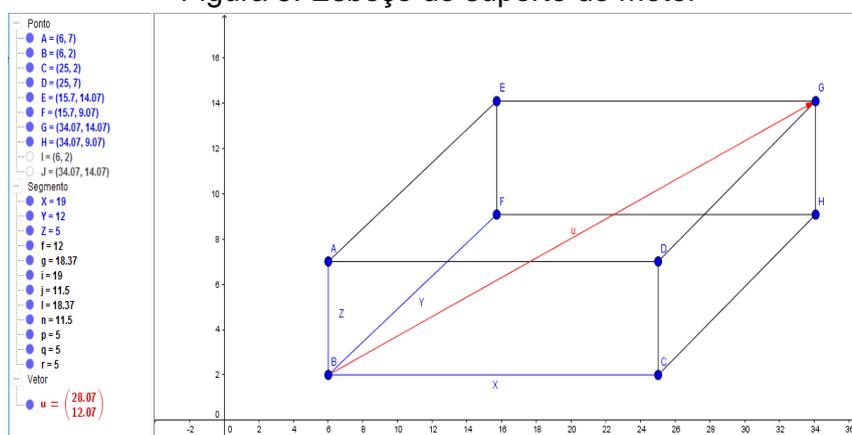
Abaixo segue as aplicações da disciplina em questão colocadas de maneira didática no projeto:

- **Cálculos dos cossenos diretores de um vetor em relação aos eixos X, Y e Z**

Foi feito no GeoGebra, o suporte do motor de para-brisa cuja o formato é um paralelepípedo. O suporte foi feito por seguimentos que ligam pontos de A à H como mostra a figura.

O seguimento BC representa o eixo X, o seguimento BF representa o eixo Y e o seguimento BA representa o eixo Z. Desse modo, foi usado o vetor  $\vec{u}$  que parte do ponto B até o ponto G, de uma extremidade a outra do suporte. Sabe-se que esse vetor possui coordenadas (X, Y e Z) de acordo com as medidas reais da estrutura.

Figura 5: Esboço do suporte do motor



Fonte: Próprios autores

A aplicação de Geometria Analítica nesta parte, consiste em identificar os cossenos diretores do vetor  $\vec{u}$  em relação aos eixos X, Y e Z.

As coordenadas do vetor  $\vec{u}$  são (19, 12, 5).

As fórmulas para calcular os cossenos diretores são:

$$\text{Arccos } \alpha = \frac{x}{|\vec{u}|}$$

$$\text{Arccos } \beta = \frac{y}{|\vec{u}|}$$

$$\text{Arccos } \gamma = \frac{z}{|\vec{u}|}$$

Para saber  $|\vec{u}|$ , faz  $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$

$$\text{Então, } |\vec{u}| = \sqrt{19^2 + 12^2 + 5^2} \cong 23$$

Aplicando isso nas fórmulas dos cossenos diretores, tem-se:

$$\text{Arccos } \alpha = \frac{x}{|\vec{u}|} = \frac{19}{23} = 34,3^\circ$$

$$\text{Arccos } \beta = \frac{y}{|\vec{u}|} = \frac{12}{23} = 58,5^\circ$$

$$\text{Arccos } \gamma = \frac{z}{|\vec{u}|} = \frac{5}{23} = 77,4^\circ$$

### • Soma de vetores

No GeoGebra também foi feito o desenho do protótipo, para demonstrar o movimento que o pistão realiza. O desenho foi feito com seguimentos de A à Q, polígonos e um controle deslizante como mostra o desenho.

No círculo amarelo representado, foi fixado o ponto B no ponto médio do lado esquerdo, haja vista que todo o desenho está invertido. O centro desse círculo é marcado pelo ponto A, e o ponto B' é o ponto que fica transitando em movimentos circulares de acordo com os ângulos do controle deslizante. Um vetor foi criado do ponto B' até o ponto C no centro da base do pistão, no qual esse vetor é a biela.

Foi criado um outro vetor  $\vec{u}$  de B até A, e um vetor  $\vec{v}$  de A até B'.

A matéria de Geometria Analítica entra na soma desses vetores que consiste em um vetor soma  $\vec{w}$  que parte do ponto inicial do primeiro vetor até o ponto final do segundo vetor.

A soma desses vetores foi feita em diferentes ângulos para demonstrar a variação das medidas.

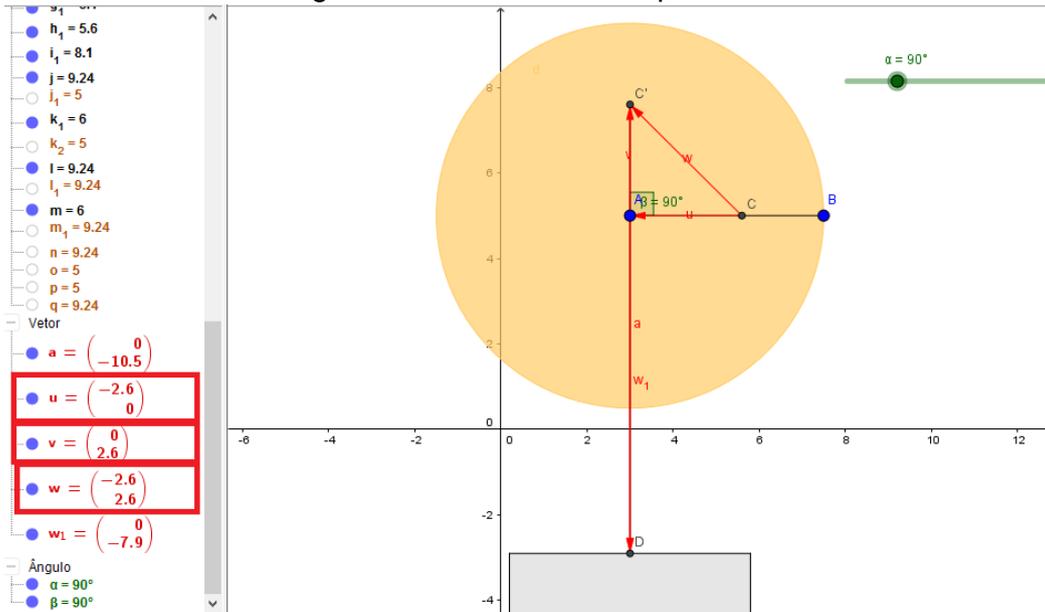
Desse modo,  $\vec{u}(x, y) + \vec{v}(x_1, y_1) = \vec{w}(x + x_1, y + y_1)$

De acordo com o desenho as coordenadas dadas aos vetores são:

- Para 90°:  $\vec{u} + \vec{v} = \vec{w}$

$$\vec{u}(-2,6; 0) + \vec{v}(0; 2,6) = \vec{w}(-2,6; 2,6)$$

Figura 6: Soma de vetores para 90°

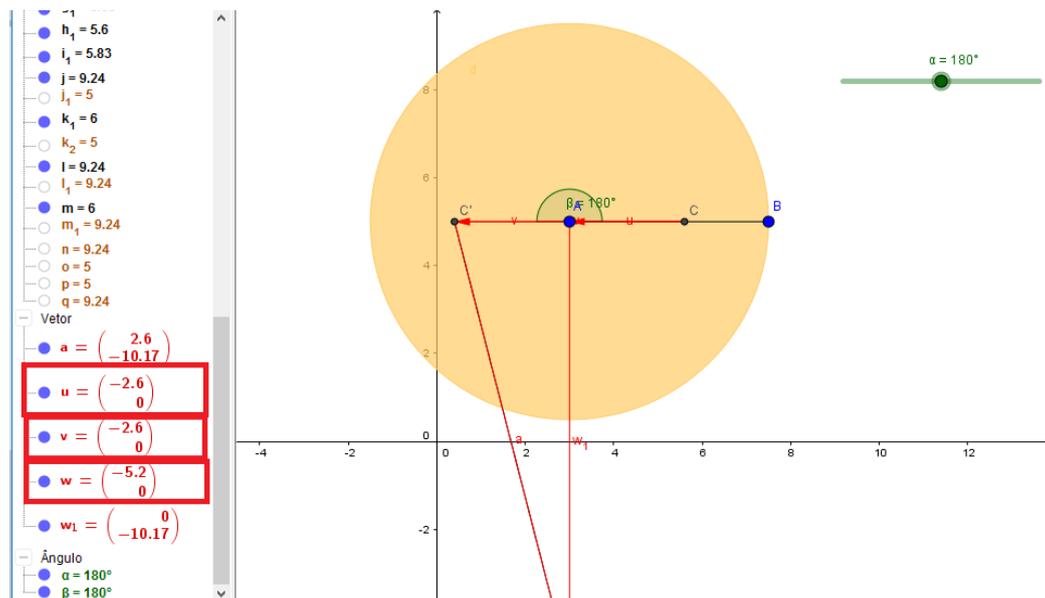


Fonte: Próprios autores

- Para 180°:  $\vec{u} + \vec{v} = \vec{w}$

$$\vec{u}(-2,6; 0) + \vec{v}(-2,6, 0) = \vec{w}(-5,2; 0)$$

Figura 7: Soma de vetores para 180°

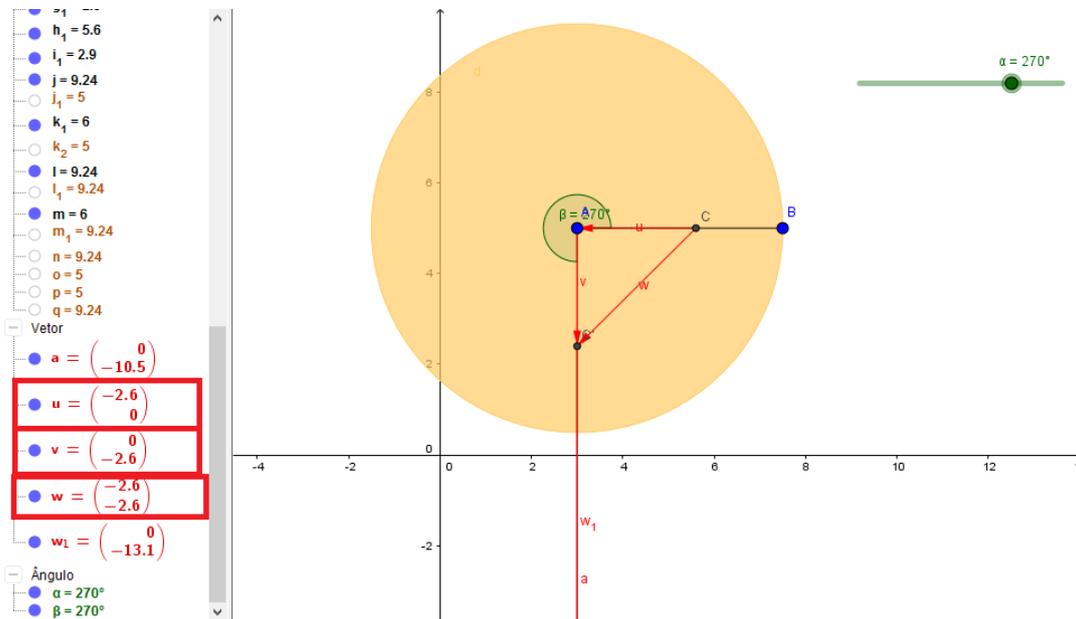


Fonte: Próprios autores

- Para 270°:  $\vec{u} + \vec{v} = \vec{w}$

$$\vec{u} (-2,6; 0) + \vec{v} (0; -2,6) = \vec{w} (-2,6; -2,6)$$

Figura 8: Soma de vetores para 270°



Fonte: Próprios autores

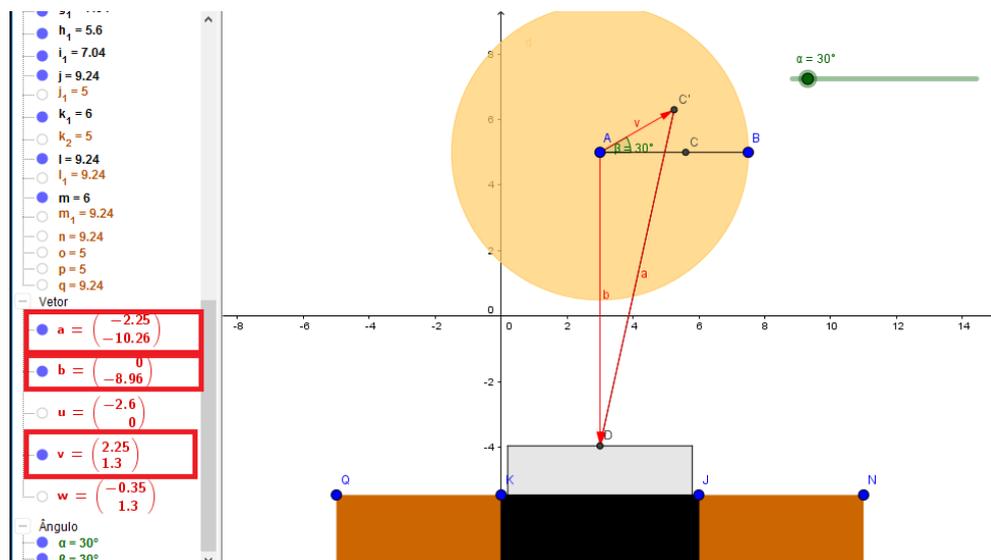
Seguindo essa linha de raciocínio foram feitas somas de outros dois vetores  $\vec{v}$  e  $\vec{a}$ .

O vetor soma  $\vec{b}$ , então  $\vec{v} + \vec{a} = \vec{b}$  em diferentes ângulos como mostra as figuras:

- Para 30°:  $\vec{v} + \vec{a} = \vec{b}$

$$\vec{v} (2,25; 1,3) + \vec{a} (-2,25; -10,26) = \vec{b} (0; -8,96)$$

Figura 9: Soma de vetores para 30°

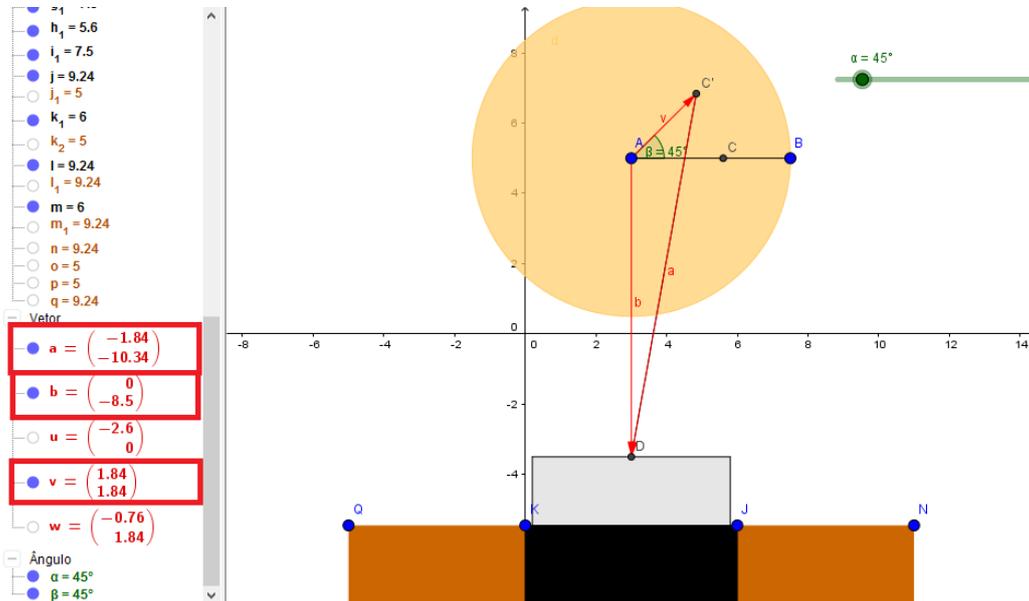


Fonte: Próprios autores

- Para  $45^\circ$ :  $\vec{v} + \vec{a} = \vec{b}$

$$\vec{v} (1,84; 1,84) + \vec{a} (-1,84; -10,34) = \vec{b} (0; -8,5)$$

Figura 10: Soma de vetores para  $45^\circ$



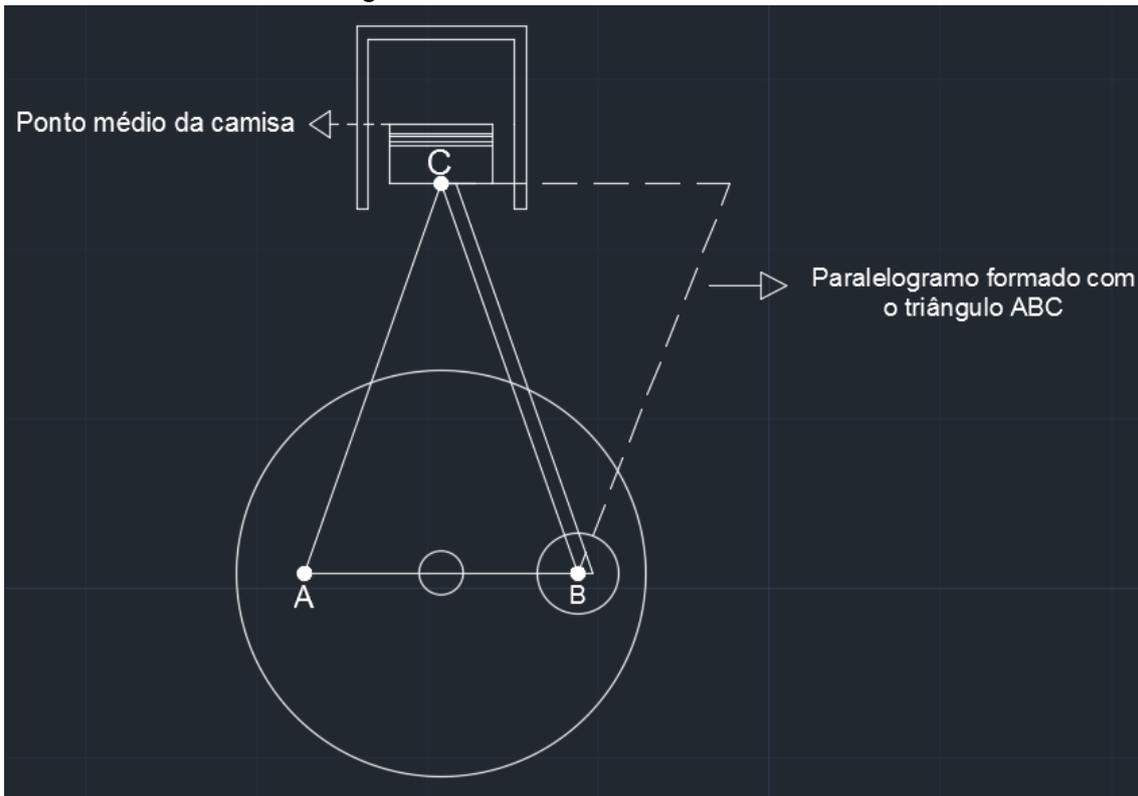
Fonte: Próprios autores

- **Cálculo da área triangular que o pistão forma com o disco do eixo em sua altura média através do produto vetorial**

O grupo deliberou calcular a área triangular que o pistão forma com o disco do eixo em sua altura média, tendo em vista que este valor de área é o ideal para que o pistão não escape da camisa ao realizar seu movimento. Admitindo que as dimensões desta camisa seja uma constante, o grupo verificou que com o aumento ou a redução do valor desta área, o pistão correria o risco de se deslocar afóra da camisa, danificando assim a estrutura do protótipo, uma vez que o movimento do motor é estável, ou seja, não possui variações ou alterações.

Observando a representação exata do movimento do pistão pelas ferramentas do GeoGebra, foram obtidos os seguintes pontos:  $A = (0, 4.5, 0)$ ,  $B = (5.6, 5, 0)$  e  $C = (3, -5.2, 0)$ , formando o triângulo ABC como mostra a figura 1.

Figura 11 – Pistão em altura média



Fonte: Próprios autores

Percebe-se na figura que um paralelogramo é formado com o triângulo ABC, e pelo estudo do produto vetorial, a área de um paralelogramo pode ser calculada através da fórmula  $A = | \vec{u} \times \vec{v} |$ , sendo o triângulo a metade da área do paralelogramo formado. Pode-se admitir para este caso um paralelogramo determinado pelos vetores  $\vec{AB}$  e  $\vec{AC}$ , com as seguintes coordenadas:

$$\vec{AB} = B - A = (5.6, 5, 0) - (0, 4.5, 0) = (5.6, 0.5, 0)$$

$$\vec{AC} = C - A = (3, -5.2, 0) - (0, 4.5, 0) = (3, -9.7, 0)$$

A área do paralelogramo é obtida fazendo o produto vetorial dos vetores  $\vec{AB}$  e  $\vec{AC}$  encontrados, e em seguida calcula-se o módulo deste produto vetorial.

$$\vec{AB} \times \vec{AC} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 5.6 & 0.5 & 0 \\ 3 & -9.7 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j \\ 5.6 & 0.5 \\ 3 & -9.7 \end{vmatrix} = 0\vec{i} + 0\vec{j} - 55,82\vec{k} = (0, 0, -55.82)$$

$$| \vec{AB} \times \vec{AC} | = \sqrt{(0)^2 + (0)^2 + (-55,82)^2} = 55,82 \text{ u.a.} = \text{Área do paralelogramo}$$

Para encontrar a área do triângulo, basta dividir a área do paralelogramo por dois, visto que a área do triângulo é a metade da área do paralelogramo.

$$A_{\Delta ABC} = \frac{55,82}{2} = 27,91 \text{ u.a.}$$

Conclusão: Este valor de área do triângulo é o ideal quando o pistão se encontra na altura média, tendo em vista que o pistão não escape da camisa ao realizar seu movimento, admitindo que as dimensões da camisa seja uma constante.

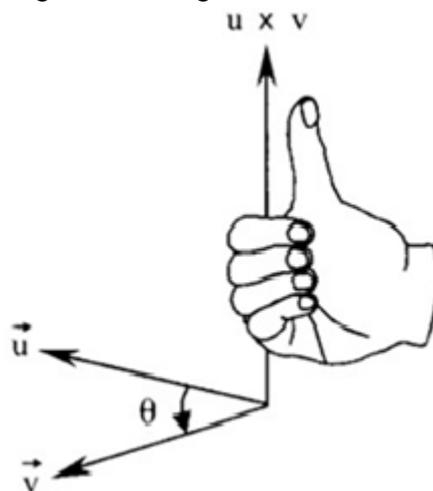
- **Velocidade Angular como vetor**

A direção de  $\vec{\omega}$  (velocidade angular) é dada pela regra da mão direita que usamos para definir o produto vetorial.

O grupo percebeu que a rotação do protótipo se dá em torno do eixo Z, então  $\vec{\omega}$  possui somente um componente Z.

O sentido de  $\vec{u} \times \vec{v}$  é igual a  $\vec{\omega}$ .

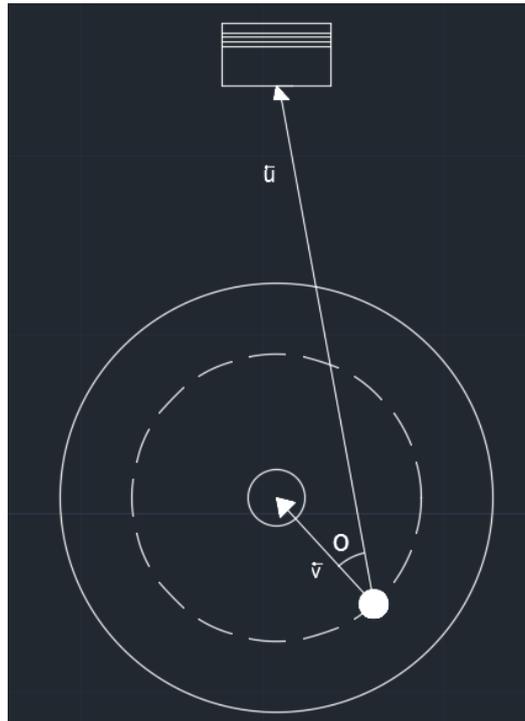
Figura 12: Regra da mão direita



Fonte: adaptado de Winterle (2014)

Os dedos da mão direita foram dobrados na mesma direção da rotação do eixo, então o polegar estendido indica o sentido de  $\vec{u} \times \vec{v}$ .

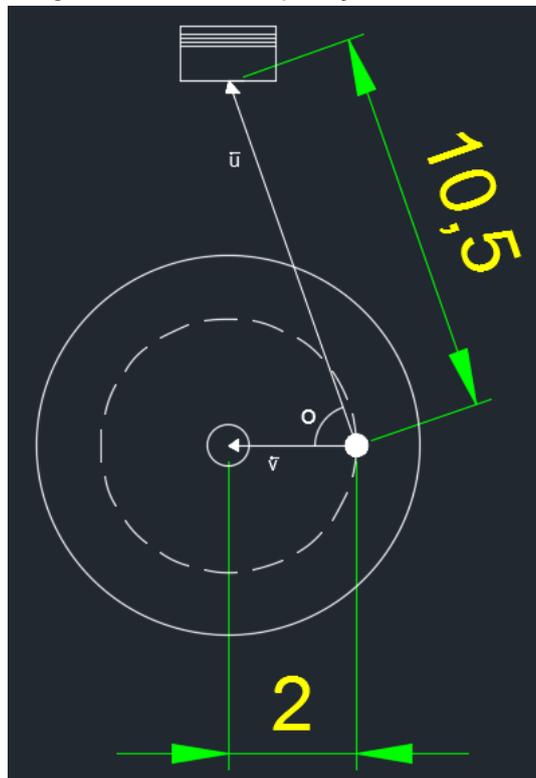
Figura 13: Ângulo formado com o movimento do pistão



Fonte: Próprios autores

Observação: Percebe-se que o maior ângulo  $\theta$  é formado quando a biela do pistão se encontra em uma posição intermediária, ou seja:

Figura 14: Ângulo formado na posição intermediária da biela



Fonte: Próprios autores

Cálculo do comprimento de  $\vec{u} \times \vec{v}$ .

Se  $\theta$  é o ângulo entre  $\vec{u}$  e  $\vec{v}$ , então  $|\vec{u} \times \vec{v}| = |\vec{u}| |\vec{v}| \text{Sen } \theta$ .

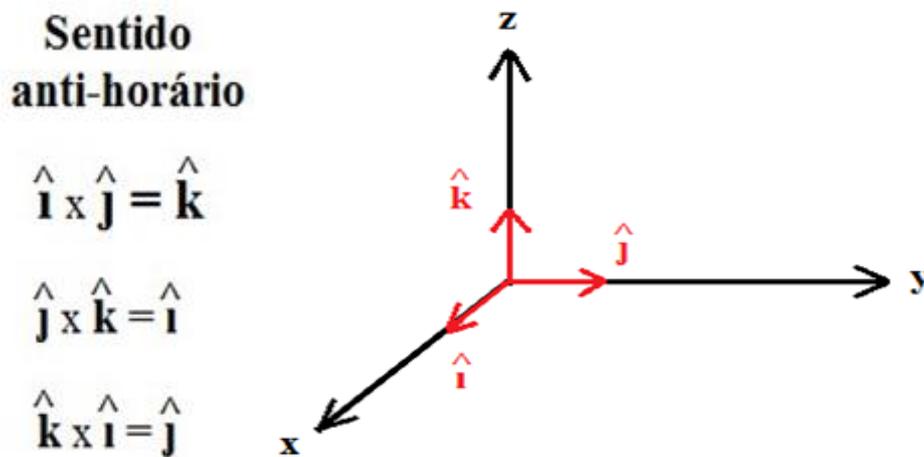
$$|\vec{u} \times \vec{v}| = |\vec{u}| |\vec{v}| \text{Sen } 75,66^\circ$$

$$|\vec{u} \times \vec{v}| = 10,5 \times 2 \times 0,96$$

$$|\vec{u} \times \vec{v}| = 20,16 \text{ cm}$$

Observação: O sentido de rotação do eixo acoplado do protótipo é anti-horário, com isso para os vetores da base canônica, temos:

Figura 15: Vetores de base canônica



Fonte: adaptado de Winterle (2014)

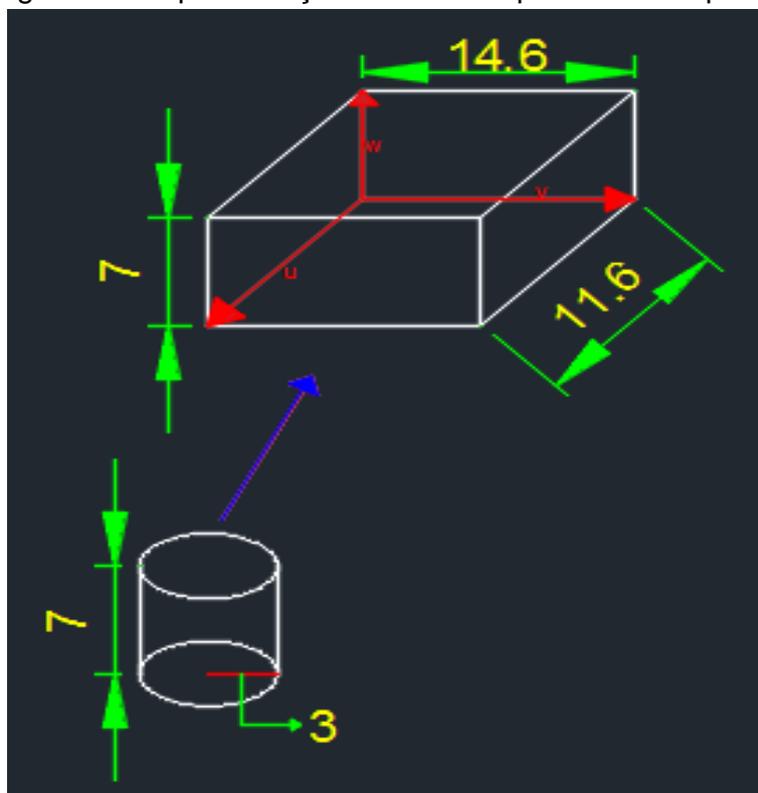
Conclusão: O grupo percebeu que o vetor velocidade angular é perpendicular ao plano de rotação. Ainda se percebe que é um erro comum pensar que o vetor velocidade angular de um objeto  $\vec{\omega}$  aponta no sentido em que alguma parte específica do objeto está se movendo. Este eixo de rotação é comum a todas as partes de um corpo rígido em rotação. Além disso o grupo percebeu que com a biela na posição intermediária de rotação o ângulo  $\theta$  é o maior possível, logo o vetorial  $\vec{v}$  encontrado neste ponto é o maior possível em todo movimento de rotação.

- **Cálculo do volume do suporte através do produto misto**

O grupo percebeu a necessidade de calcular o volume do suporte que envolve a camisa do pistão. A medida deste suporte foi feita com relação à medida da base que está sob o motor, visto que se o suporte da camisa tivesse comprimento menor do que esta base correria um grande risco da estrutura se danificar com o início do movimento do pistão.

Observação: Nota-se que este suporte, feito de MDF, possui o formato de um paralelepípedo e que dentro do mesmo está inserido um cilindro que reveste o pistão para permitir o seu deslocamento.

Figura 16: Representação da camisa que envolve o pistão



Fonte: Próprios autores

Foram obtidos três vetores  $\vec{u}$ ,  $\vec{v}$ ,  $\vec{w}$ , de acordo com as dimensões reais do suporte construído com as seguintes coordenadas:

$$\vec{u} = (11,6; 0; 0)$$

$$\vec{v} = (0; 14,6; 0)$$

$$\vec{w} = (0, 0, 7)$$

O produto misto desses três vetores, irá nos fornecer o volume do paralelepípedo (suporte).

Cálculo:

$$\vec{u} \times \vec{v} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ 11.6 & 0 & 0 \\ 0 & 14.6 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} i & j \\ 11.6 & 0 \\ 0 & 14.6 \end{vmatrix} = 0\vec{i} + 0\vec{j} + 169,36\vec{k} - 0\vec{k} - 0\vec{i} - 0\vec{j} = 0\vec{i} + 0\vec{j} + 169,36\vec{k}$$

$$= (0; 0; 169,36)$$

$\vec{u} \times \vec{v} \cdot \vec{w} = (0; 0; 169,36) \cdot (0, 0, 7) = 1185,52$  u. v. (Volume do paralelepípedo em questão)

Cálculo do volume do cilindro:

$$V = Ab \cdot h$$

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V = 3,14 \cdot 9 \cdot 7$$

$$V = 197,82 \text{ cm}^3$$

Cálculo do volume que suporta a estrutura para o deslocamento do pistão:

$$V_t = V_p - V_c$$

$$V_t = 1185,52 - 197,82$$

$$V_t = 987,7 \text{ cm}^3$$

Conclusão: este volume encontrado é o que foi utilizado para suportar a estrutura a fim de que o pistão realize seu movimento sem danificá-la.

### 3.2.4.2 Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)

- **Objetivo do projeto**

O objetivo principal do trabalho em relação à disciplina Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) é apontar os benefícios do projeto para a sociedade por meio de tecnologias já difundidas a longa data.

O trabalho consiste em alimentar uma bateria que seja capaz de acionar o funcionamento de um motor de dois tempos (Figura1) através de uma placa solar e reproduzir um detector de combustíveis adulterados a partir da refração ótica.

Figura 17 - Motor 2 tempos ligado na bateria



Fonte: Próprios autores

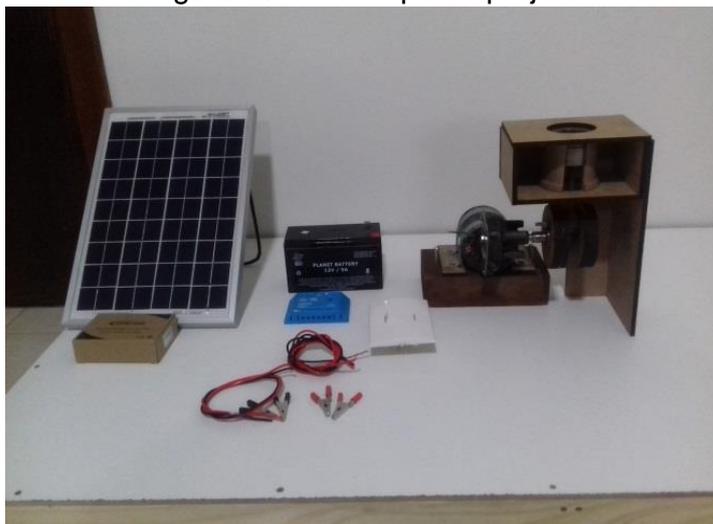
Para fins didáticos, fez-se necessário a divisão do projeto em 3 etapas para mostrar claramente o benefício à sociedade em cada parte.

- **Etapa 1)** – A parte mecânica que integrou componentes fixos e móveis. Esta etapa se trata do funcionamento do motor.
- **Etapa 2)** – Alimentar a bateria deste motor por meio de um painel solar integrado a um controlador de carga.
- **Etapa 3)** – Tecnologia em benefício à sociedade, a qual envolve a detecção de combustíveis adulterados a partir da refração ótica.

O desenvolvimento deste projeto, além de integrar os conceitos estudados no 1º período de Engenharia Mecânica, justifica-se principalmente pela importância de investigar o funcionamento de um mecanismo identificador de adulteração de combustíveis, de modo que pudesse ser acoplado a um motor genérico. Isso traria benefícios imediatos à sociedade em diversas áreas, como no setor financeiro, pelo melhor rendimento e vida útil do motor; ético, pela inibição de atitudes fraudulentas ao consumidor. Além disso, o projeto traz subsídios para futuros projetos acadêmicos.

No protótipo (Figura 2) a identificação da adulteração do combustível será feita por meio da refração ótica do líquido de acordo com sua composição. Na prática este trabalho seria aplicado nos tanques dos automóveis, os quais seriam compostos de um laser que detectaria a adulteração no momento do abastecimento e mandaria um sinal através de fibra ótica para o painel do carro avisando ao consumidor sobre a infração. A contribuição social será no sentido de assegurar o direito do consumidor em ter conhecimento sobre o produto que está sendo adquirido e sua composição de modo seguro e rápido.

Figura 18 – Protótipo do projeto



Fonte: Próprios autores

A utilização da placa solar como fonte de energia renovável abastecerá a bateria para que esta alimente o motor, simulando assim o seu movimento. Esse método simula o que já existe em motores elétricos e futuramente servirá de base para que seja aprofundado motores alimentados por baterias substituindo a combustão, que gera a emissão de gases para a atmosfera, intensificando o aquecimento global. Além disso, contribuirá para diminuir impactos sociais em relação à saúde, visto que a emissão destes gases está diretamente ligada aos problemas respiratórios.

Como contribuição econômica, a população poderia optar pela compra de um motor alimentado por bateria. A utilização da placa solar fornecendo energia para a bateria evitaria custos, pois em sua geração de energia não é necessário o uso de combustível e o investimento feito com a compra da placa poderá ser recuperado.

O custo do dispositivo citado neste trabalho na prática ainda é subjetivo, visto que o grupo criou um protótipo por meio de um laser (Figura 3) que não estava ligado a nenhum painel eletrônico, ou seja, foi feito um procedimento mecânico e braçal para colher os dados. Na prática faz-se necessário que o dispositivo seja revestido de fibras óticas colocadas na entrada do tanque, as quais mandem sinais eletrônicos à injeção eletrônica. Estas fibras ainda precisam ser avaliadas em relação ao seu custo, devido às propriedades do objeto e às suas dimensões. Além disso, o grupo irá vender esses dispositivos a preço de custo para entidades de pesquisas que possam aprofundar e engrandecer as ideias expostas no projeto.

Figura 19 – Laser utilizado para indicar os diferentes índices de refração



Fonte: Próprios autores

Com a consolidação do marco regulatório (Lei 9.478/97), a Agência Nacional do Petróleo (ANP) começou uma grande batalha para corrigir as distorções que promoviam um cenário depreciativo em relação ao contexto dos combustíveis adulterados no Brasil. Ainda segundo o artigo 1º desta lei cita o objetivo de proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos, ou seja, esta lei federal aprova dispositivos que fiscalizem a qualidade do produto oferecido aos consumidores.

- **Cenário histórico e atual**

A dinâmica do mercado de distribuição de combustíveis no Brasil sofreu grandes mudanças nas últimas décadas. Segundo uma reportagem publicada no jornal O Estado de São Paulo (21 set. 2016) até o início da década de 1990, o mercado foi dominado por grandes empresas, como BR Distribuidora, Shell, Exxon/Esso, Ipiranga e Texaco. Em seguida, a desregulamentação do mercado, iniciada no governo Collor sem qualquer critério técnico e econômico, provocou grande desorganização. Essa desorganização e a falta de critério na emissão de registros de distribuidoras fizeram com que aparecesse grande quantidade de empresas sem lógica com o negócio de distribuição de combustíveis. No fundo, o que explica o aparecimento de mais de 300 distribuidoras são o advento da chamada bandeira branca, as liminares de sonegação de impostos e a adulteração de combustíveis.

No fim dos anos 90, o aumento da informalidade prejudicou muito o bom funcionamento do mercado de distribuição e fez com que as empresas que funcionavam na legalidade tivessem grandes perdas econômicas e financeiras. Por isso a regulação passou a centrar sua atuação em ações de prevenção à adulteração de combustíveis e de alteração na estrutura de coleta de impostos, limitando as oportunidades de evasão e restituindo a fidelidade à bandeira da distribuidora que tinha contratos com postos revendedores.

A Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Combustível (ANP) recebeu cerca de 7.500 denúncias de adulteração de combustível em 2015 (ANP, 2015). No total, foram 12.000 denúncias notificadas. Segundo a Superintendência de

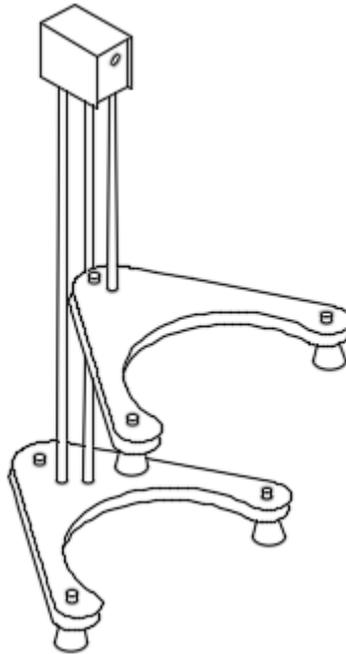
Fiscalização do Abastecimento da ANP, as principais irregularidades encontradas nas fiscalizações foram o percentual de etanol anidro na gasolina fora da média dos 27% permitidos. Também foi encontrado biodiesel com H<sub>2</sub>O fora do padrão, e a utilização, com menor frequência, de solventes orgânicos tais como querosene e aguarrás.

O ambiente de negócios da distribuição de combustíveis no Brasil, hoje, é positivo e a manutenção da tendência de consolidação cria um ambiente competitivo mais ordenado. Entretanto, a ANP e as Secretarias da Fazenda estaduais devem estar atentas para que não ocorra um retorno das práticas de adulteração e de sonegação que trouxeram perdas irreparáveis tanto para as empresas quanto para os consumidores nos anos 90.

### 3.2.4.3 Desenho Técnico e AutoCad

Desenho do laser ótico com o suporte usado para a refração na parte de identificação de combustíveis adulterados (Figura):

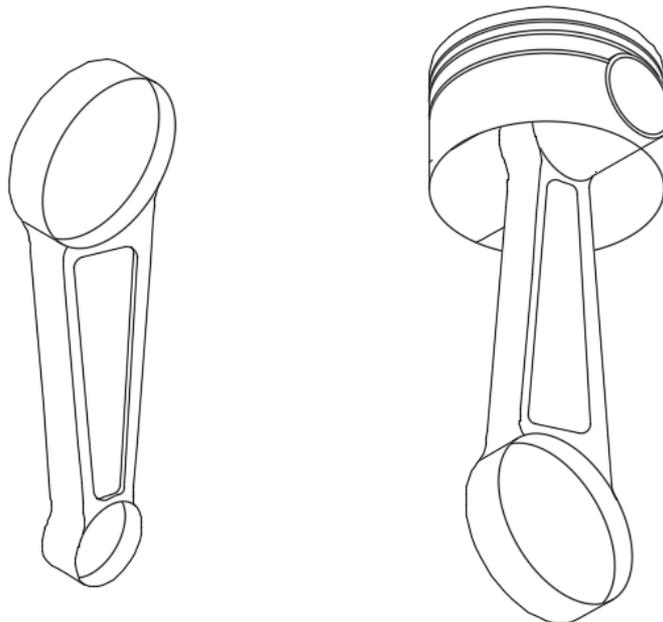
Figura 20: Laser ótico com suporte



Fonte: Próprios autores

Desenho da biela sozinha e pistão já montado na biela, usados na construção do motor dois tempos (Figura):

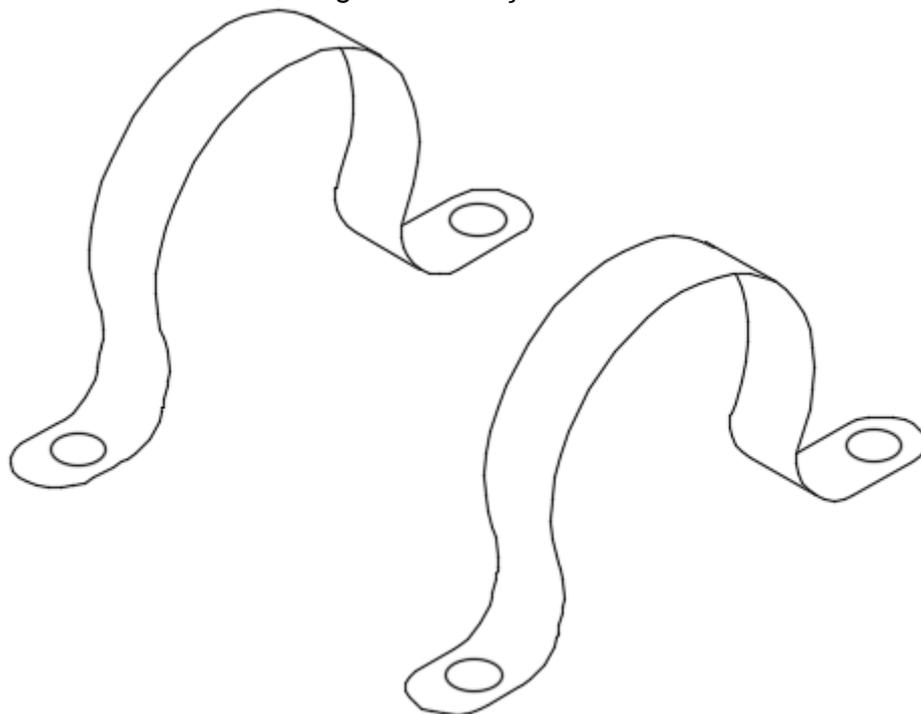
Figura 21: Biela e pistão



Fonte: Próprios autores

Desenho das braçadeiras usadas para fixar o motor de para-brisa ao suporte de madeira (Figura):

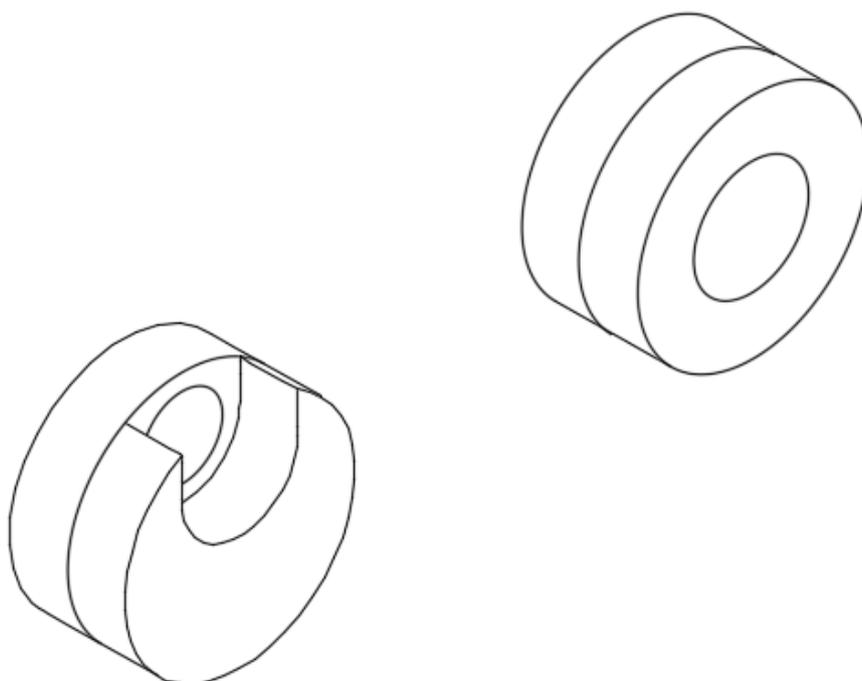
Figura 22: Braçadeiras



Fonte: Próprios autores

Desenho do disco da biela feito de material MDF, que faz parte do virabrequim, foi usada na montagem do motor dois tempos (Figura):

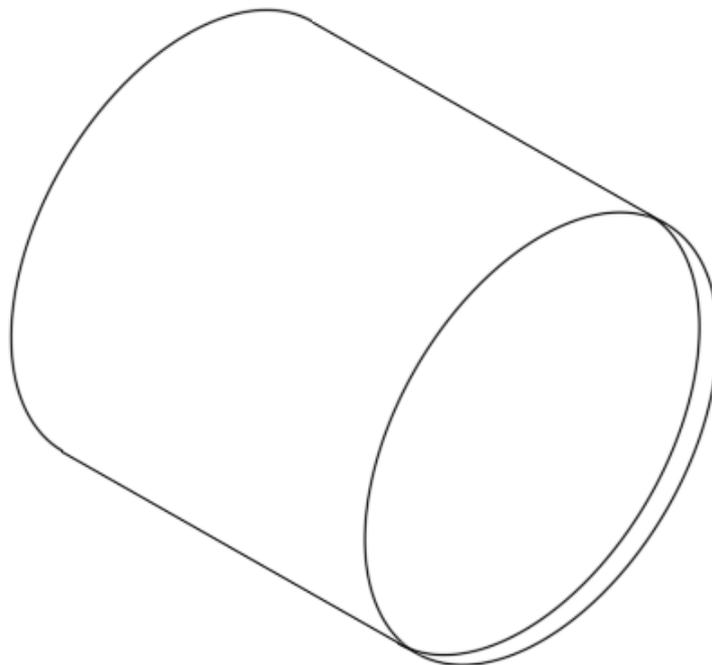
Figura 23: Disco da biela feito de material MDF



Fonte: Próprios autores

Desenho do cano PVC usado também na construção do motor dois tempos (Figura):

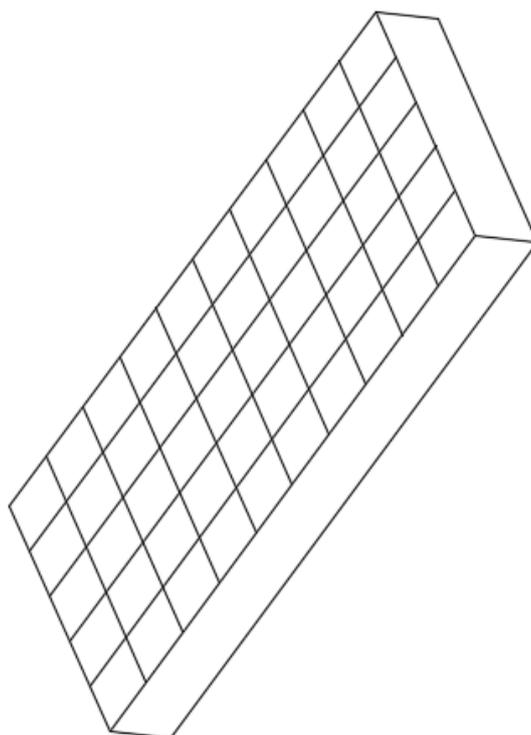
Figura 24: Cano PVC



Fonte: Próprios autores

Desenho da placa solar usada na parte de energia sustentável para alimentar o motor (Figura):

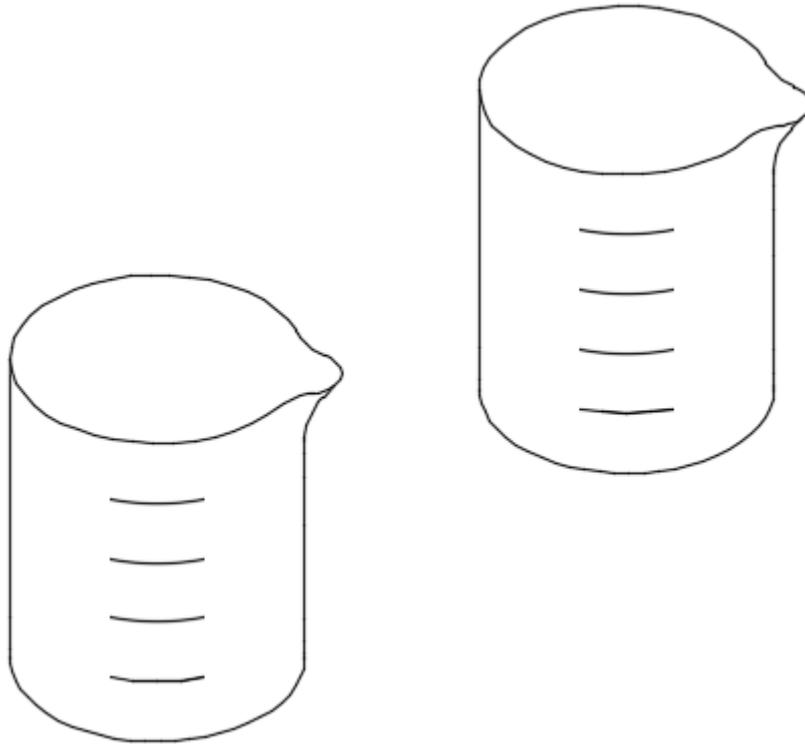
Figura 25: Placa solar



Fonte: Próprios autores

Desenho dos béqueres usados na parte de refração na identificação de combustíveis adulterados (Figura):

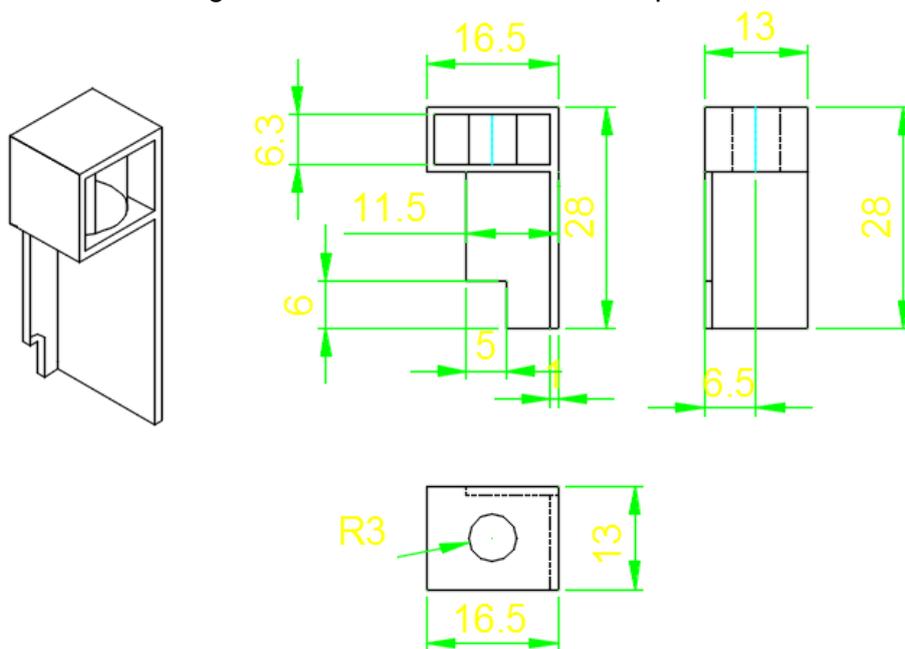
Figura 26: Béqueres



Fonte: Próprios autores

Desenho na vista isométrica da estrutura camisa do pistão feita de MDF, e as vistas com as cotas feita no AutoCad (Figura):

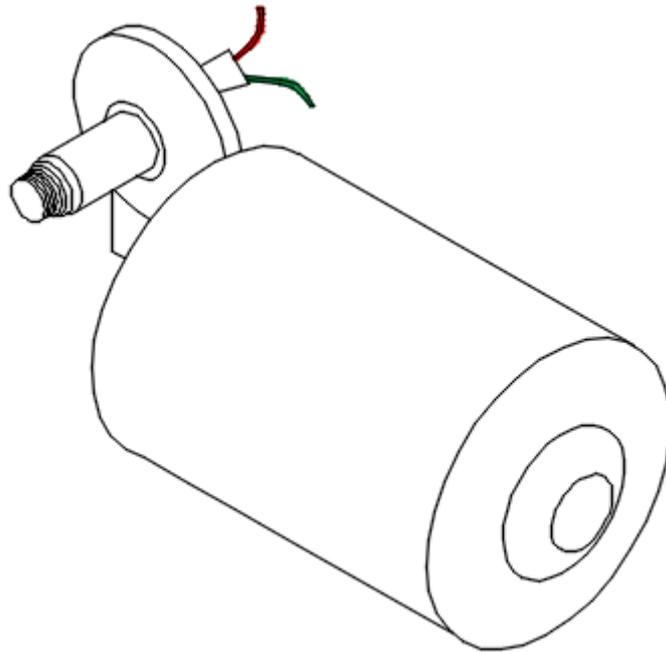
Figura 27: Estrutura da camisa do pistão



Fonte: Próprios autores

Desenho na vista isométrica do motor de para-brisa usado no desenvolvimento do motor dois tempos (Figura):

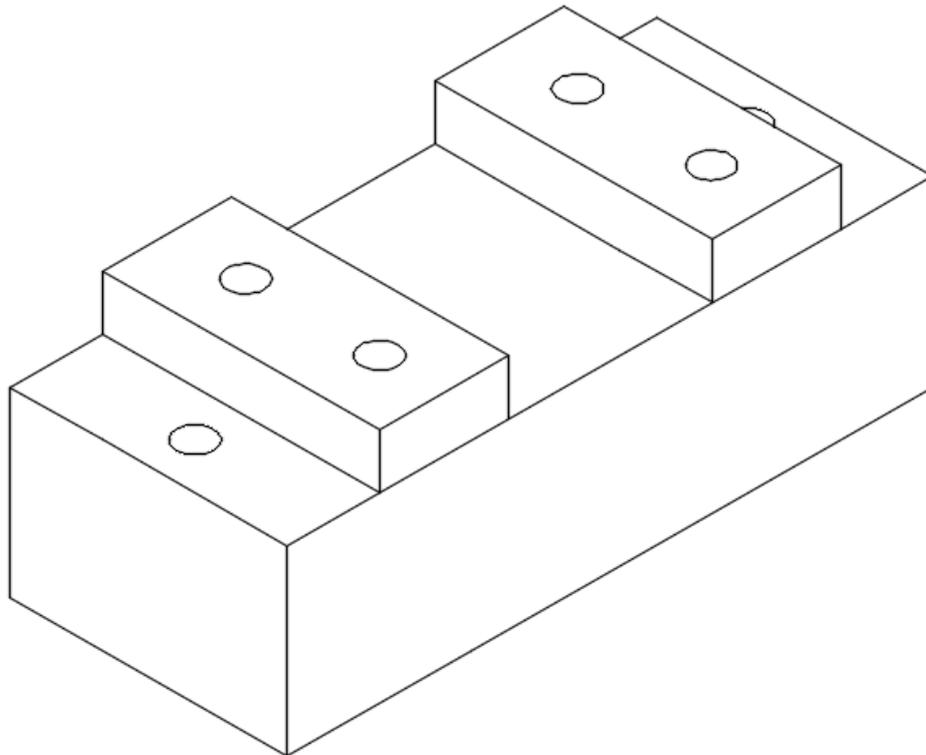
Figura 28: Motor de para-brisa



Fonte: Próprios autores

Desenho na vista isométrica do suporte do motor de para-brisa (Figura):

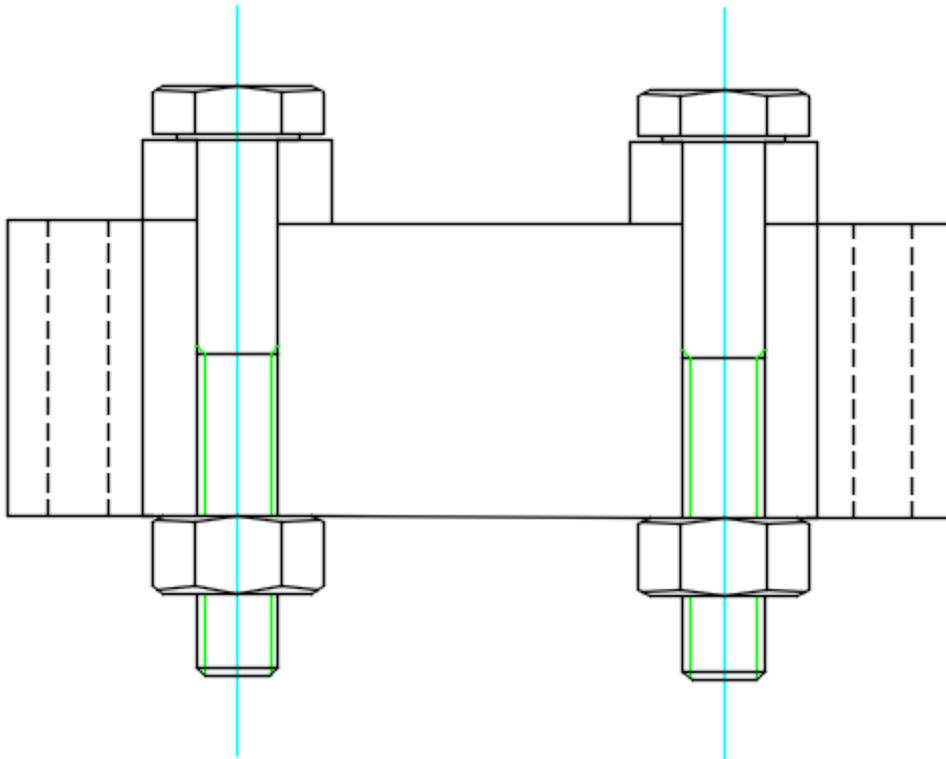
Figura 29: Suporte do motor na vista isométrica



Fonte: Próprios autores

Desenho da vista frontal do suporte do motor de para-brisa com os parafusos (Figura):

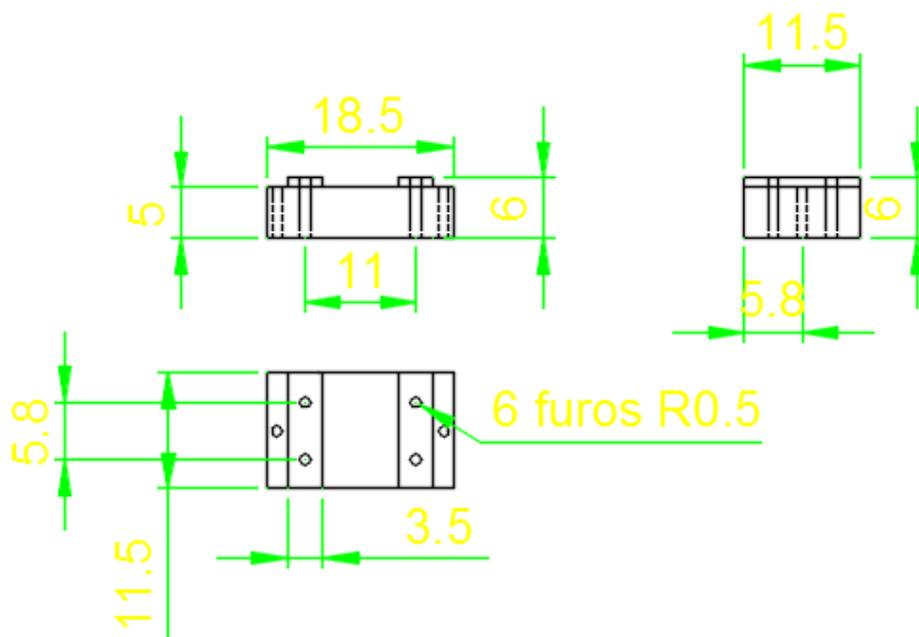
Figura 30: Vista frontal do suporte



Fonte: Próprios autores

Desenho de todas as vistas com as cotas do suporte do motor de para-brisa sem os parafusos (Figura):

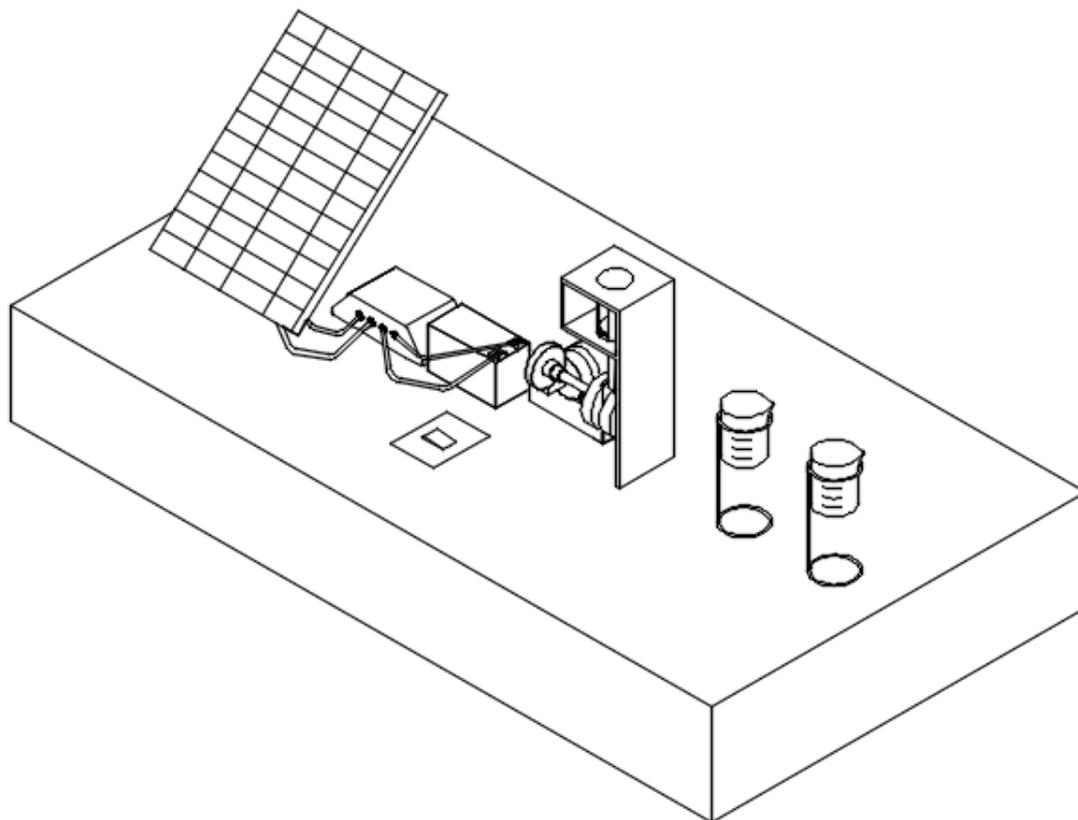
Figura 31: Vistas com as cotas do suporte do motor de para-brisa



Fonte: Próprios autores

Desenho do trabalho finalizado na vista isométrica (Figura):

Figura 32: Trabalho finalizado



Fonte: Próprios autores

### 3.2.4.4 Cálculo I

Abaixo segue as aplicações da disciplina em questão colocadas de maneira didática no projeto:

- **Criar uma função da potência máxima do painel solar em relação ao seu tempo de abastecimento da bateria que alimenta o motor e desenvolver o esboço de seu gráfico**

A proposta acima consiste em analisar a eficiência do motor em relação ao seu tempo de abastecimento para utilização viável.

$$\begin{array}{l} \text{Placa} \\ P = 10 \text{ W} \\ U = 17 \text{ V} \end{array} \quad \begin{array}{l} P = U \cdot I \\ I = \frac{10}{17} = 0,59 \text{ A} \end{array}$$

$$\text{Bateria} = 9 \text{ A}$$

$$\frac{9}{0,59} \cong 15 \text{ horas}$$

Neste ponto percebe-se que o sistema é inviável, pois o motor fica ligado durante 3 horas e leva 2,5 dias para o painel recarregar a bateria. Com isso, nota-se a necessidade de aumentar a potência deste painel.

Observação: Período de maior irradiação solar é entre 9:00 e 15:00, ou seja, 6 horas por dia. Estes dados foram obtidos de acordo com a análise dos experimentos feitos com a placa solar, considerando a latitude local.

$$\begin{array}{r} \text{Potência} \qquad \qquad \text{Tempo de funcionamento do motor} \\ 10 \text{ W} \underline{\hspace{2cm}} 3\text{h} \\ X \underline{\hspace{2cm}} 9\text{h} \\ \hline X = 30 \text{ W} \end{array}$$

Verifica-se assim que aumentou a potência do sistema.

Para estes dados, tem-se:

$$\begin{array}{l} P = U \cdot I \\ 30 = 17 \cdot I \\ I = \frac{30}{17} = 1,76 \text{ A/h} \end{array}$$

$$\text{Bateria}$$

$$\frac{9\text{A}}{1,76} = 5\text{h} = 1 \text{ dia para recarregar}$$

**Potência em função do tempo:**

Percebe-se que 9A da bateria e 17 volts da placa são constantes, para tanto:

$$\frac{A}{I} = T \quad I = \frac{9}{T}$$

$$P = U \cdot I$$

$$P = U \cdot \frac{9}{T}$$

$$P = \frac{9(17)}{T} = \frac{153}{T}$$

$$P = \frac{153}{T}$$

$$f(x) = \frac{153}{x}$$

**Domínio:**  $\{X \in \mathbb{R} / X \neq 0\}$

**Intersecção com eixos:** Como no ponto (0,0) a função não está definida, logo não há intersecção com nenhum dos eixos

**Simetria:** para saber se a função é ímpar, a própria função precisa satisfazer tal condição:

$$f(-x) = -f(x)$$

Verificando a resolução, tem-se:

$$Ff(-1) = \frac{153}{-1} = -f(1) = \frac{153}{1}$$

Desse modo conclui-se que a função é realmente ímpar.

**Assíntota horizontal:**

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{153}{x} = 0$$

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} \frac{153}{x} = 0$$

Assim sendo, observa-se que  $Y = 0$  é assíntota horizontal, pois o  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = 0$ .

**Assíntota vertical:**

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{153}{x} = \infty$$

Nota-se que esse resultado é para quando os valores de X aproximam-se de 0. Então, X = 0 é uma assíntota vertical.

**Intervalos de crescimento e decrescimento:**

$$f(x) = \frac{153}{x}$$

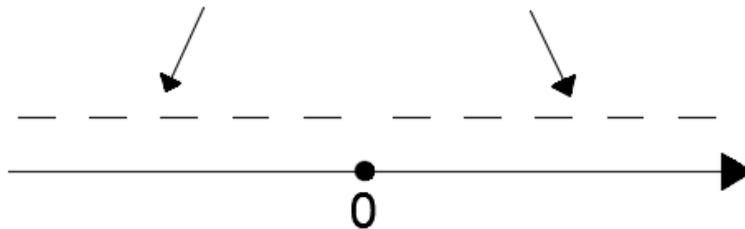
$$f'(x) = -\frac{153}{x^2}$$

$$f'(x) = 0$$

$$-\frac{153}{x^2} = 0$$

Não existe valores de  $X \in D(f)$  tais que  $f'(x) = 0$ , pois 0 não está no domínio.

Como  $f'(x)$  não existe para  $X = 0$ , pode-se estudar o sinal de f para valores de  $x < 0$  e  $x > 0$ .



Desse modo f é decrescente no intervalo  $(-\infty, 0)$  e decrescente no intervalo  $(0, \infty)$ .

**Teste da 1ª Derivada:**

Aplicando o teste da 1ª derivada, verifica-se que  $f'$  não muda o sinal para nenhum valor de X, ou seja, f não assume valores máximos e mínimos.

**Concavidade e pontos de inflexão:**

A função não possui pontos de inflexão.

$$f''(x) = \frac{x(0) - (-153)2x}{x^4}$$

$$f''(x) = \frac{306x}{x}$$

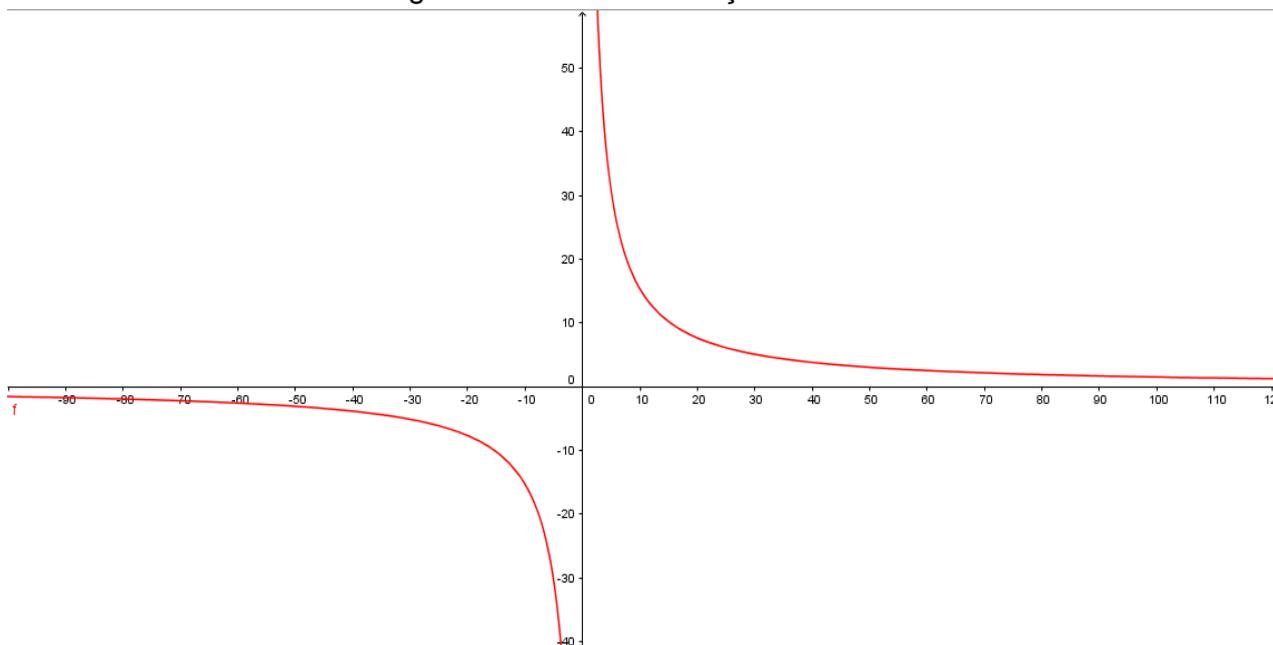
$$f''(x) = \frac{306}{x^3}$$

Para  $X = 1$   $f''(x) = +$  (positivo), e para  $X = -1$   $f''(x) = -$  (negativo) .

Pontos de inflexão:  $(-\infty, 0) \cap$  e de  $(0, \infty) \cap$ .

### Gráfico da função (Figura 33):

Figura 33: Gráfico da função



Fonte: Próprios autores

### Conclusão:

Com a análise do gráfico da função da potência em relação ao tempo, o grupo concluiu que apenas uma parte do gráfico é viável para análise prática, visto que não existe tempo negativo e nem potência negativa.

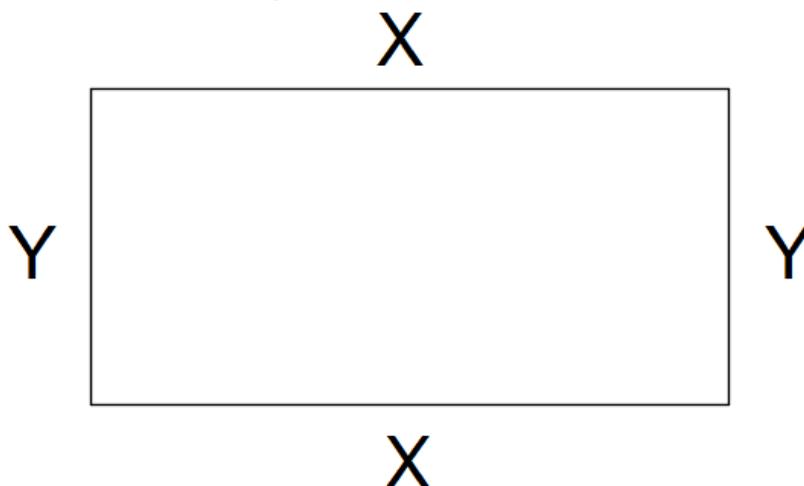
Observando os dados deste gráfico, conclui-se que na medida em que o tempo aumenta a potência nunca chega a zero (0 é assíntota horizontal). O fato da potência nunca zerar está relacionado ao fato de que a diferença de potencial (d.d.p) remanescente não é sempre a mesma para condição do sistema aliada ao fato da linearização considerada para o carregamento da placa, pois na prática sofre alterações ao longo do dia.

- **Análise da base do projeto por meio da área máxima com o material obtido pelo grupo**

Contexto: O grupo ganhou 3,8 metros de madeira de uma madeireira que achou a proposta do trabalho interessante e quis ajudá-los. Com isso, o grupo visando não gastar muito dinheiro, teve a ideia de calcular a área máxima que conseguiriam formar com o material obtido e após as dimensões da área máxima em mãos verificar se esta era a ideal para que os objetos utilizados pelo grupo ficassem dispostos de maneira adequada.

Cálculo das dimensões para que se obtenha a área máxima através de material obtido pelo grupo:

Figura 34: Área da base.



Fonte: Próprios autores

A variável a ser maximizada é a área da base do projeto. Aqui,  $A = x \cdot y$ , onde “x” é comprimento da base e “y” a largura. Mas existem 3,8 metros de madeira, e o perímetro da base é dado por  $2p = 2x + 2y$ ; daí,  $2x + 2y = 3,8$  metros.

Resolvendo esta equação:

$$2(x + y) = 3,8$$

$Y = 1,9 - x$ , que será substituído na equação  $A = x \cdot y$  para obter:

$$A = x \cdot (1,9 - x) = 1,9x - x^2$$

Assim  $A = F(x)$ , onde  $F(x) = 1,9x - x^2$ . Visto que as dimensões “x” e “y” da base não podem ser negativas, pois  $x \geq 0$  e  $1,9 - x \geq 0$ , isto é,  $0 \leq x \leq 1,9$ . Na realidade, procura-se o valor de “x” que é o máximo de  $F(x) = 1,9x - x^2$  no intervalo  $[0; 1,9]$ .

Aqui,  $F'(x) = 1,9 - 2x$ ; logo  $x = 0,95$  dá o único ponto crítico no intervalo aberto  $(0; 1,9)$ . Logo,  $F(x)$  atinge um valor máximo quando  $x = 0,95$  m e  $y = 1,9 - 0,95 = 0,95$  m.

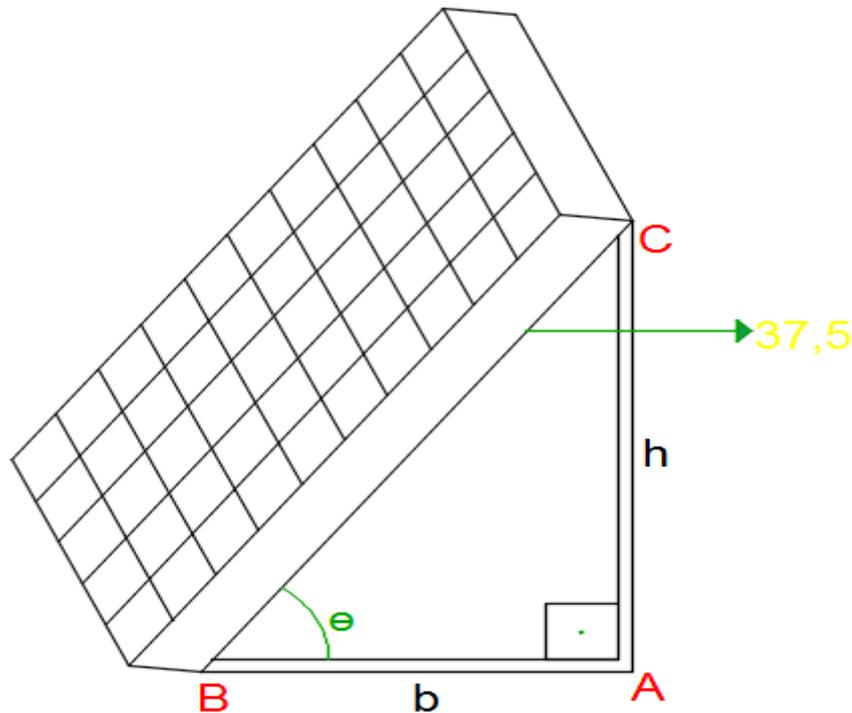
Logo as dimensões são 0,95 metros x 0,95 metros e cuja a área máxima é de  $0,9025 \text{ m}^2$ .

Conclusão: O grupo conclui que não seria viável utilizar as dimensões que proporciona a área máxima para construir a base do protótipo, visto que se as utilizasse o formato da base seria quadrangular. Eles preferiram construir a base em formato retangular para que os objetos que fossem colocados em cima desta base ficassem dispostos de maneira que um não atrapalhasse o funcionamento do outro além disso, visaram não deixar com que dois fios de mesmo polo ficassem próximos, ou seja, o formato retangular foi mais viável neste caso.

- **Inclinação ideal para maior absorção de energia solar**

O grupo foi notificado por um profissional de que a angulação do painel solar em relação a base influencia diretamente na captação da radiação solar. Percebendo isso, fez-se necessário calcular o ângulo ideal para que esta placa possa operar com eficiência para o mesmo intervalo de tempo (12:00 horas até 15:00 horas), sob as condições ideais de temperaturas e umidade, sendo estes valores sempre constantes.

Figura 35: Ângulo formado em relação a inclinação do painel solar



Fonte: Próprios autores

Criar uma função da área do triângulo ABC formando em relação ao ângulo de inclinação do painel solar:

$$A_t = \frac{b \times h}{2}$$

$$\text{Sen } \theta = \frac{h}{37,5} \quad \ast \quad h = 37,5 \text{ sen } \theta$$

$$\text{Cos } \theta = \frac{b}{37,5} \quad \ast \quad b = 37,5 \text{ cos } \theta$$

$$A(\theta) = \frac{(37,5 \text{ cos } \theta) \cdot (37,5 \text{ sen } \theta)}{2} = \frac{1406,25 \text{ cos } \theta \cdot \text{sen } \theta}{2} = A(\theta) = 703,12 \text{ cos } \theta \cdot \text{sen } \theta$$

$$D(A(\theta)) = \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$$

Derivando a função:

$$A(\theta) = 703,12 \text{ cos } \theta \text{ sen } \theta$$

$$A'(\theta) = 703,12 (-\sin \theta \cdot \sin \theta + \cos \theta \cdot \cos \theta)$$

$$A'(\theta) = 703,12 (-\sin^2 \theta + \cos^2 \theta)$$

$$A'(\theta) = 703,12 (\cos^2 \theta - 1 + \cos^2 \theta)$$

$$A'(\theta) = 703,12 (2\cos^2 \theta - 1)$$

Para determinar os pontos críticos de  $A(\theta)$  fazemos  $A'(\theta) = 0$  ou verifica-se onde  $A'(\theta)$  não existe.

$$\text{Para } A'(\theta) = 0$$

$$703,12 (2\cos^2 \theta - 1) = 0$$

$$\text{Adotando } \cos \theta = x$$

$$2x^2 - 1 = 0$$

$$2x^2 = 1$$

$$x^2 = \frac{1}{2}$$

$$x = \pm \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$x_1 = +\sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$x_2 = -\sqrt{\frac{1}{2}} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{-\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{Para } x = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \cos \theta = \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow \theta = 45^\circ = \frac{\pi}{4}$$

$$\text{Para } x = \frac{-\sqrt{2}}{2} \rightarrow \cos \theta = \frac{-\sqrt{2}}{2} \rightarrow \theta = 135^\circ$$

Como a função está definida para intervalo  $[0; \frac{\pi}{2}]$ ,  $\theta = 135^\circ$  está fora de análise.

∴  $\frac{\pi}{4}$  é o ponto crítico para a função  $A(\theta)$  no intervalo  $[0; \frac{\pi}{2}]$ .

Calculando  $A''(\theta)$  e aplicando no ponto crítico  $\theta = \frac{\pi}{4}$ :

$$A''(\theta) = 703,12 (4 \cos \theta)$$

$$A''(\theta) = 2812,48 \cos \theta$$

Análise do sinal da derivada:

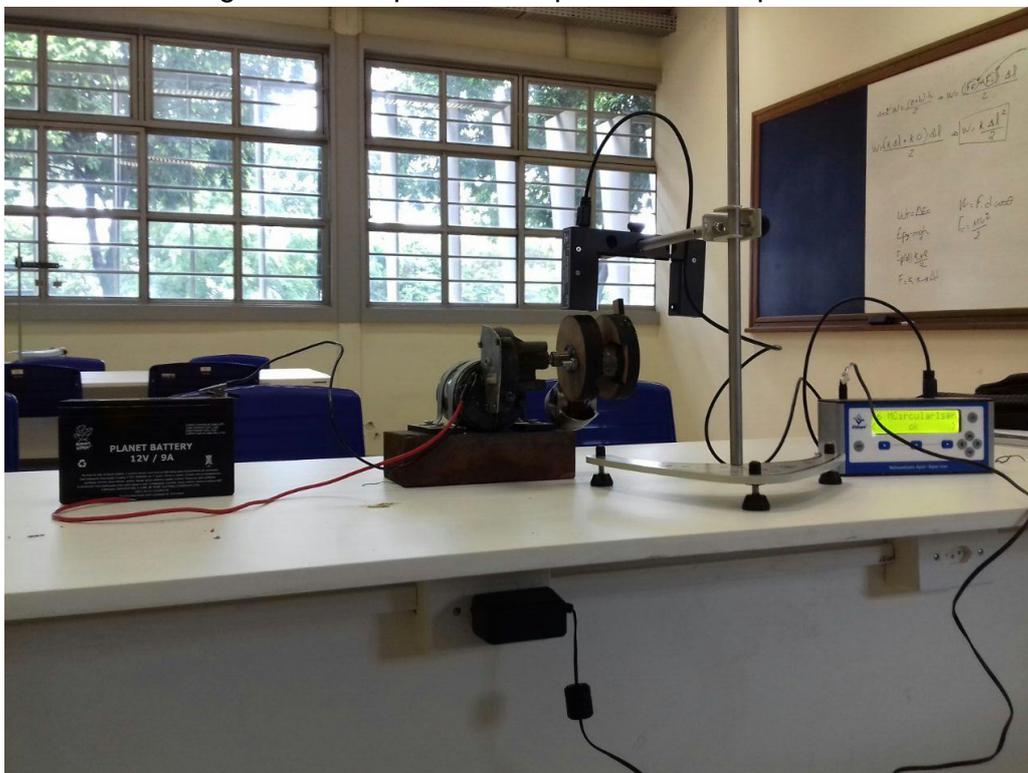
$$A''\left(\frac{\pi}{4}\right) > 0, \text{ pois } \cos \frac{\pi}{4} \text{ e } \sin \frac{\pi}{4} \text{ são positivos.}$$

Conclusão: Pelo teste da derivada segunda concluímos que a função  $A(\theta)$  assume valor máximo em  $\theta = \frac{\pi}{4}$ , portanto o ângulo para o qual a inclinação da placa é o ideal é o de  $45^\circ$ .

### 3.2.4.5 Física I

Para as aplicações de Física 1, o grupo realizou experimentos práticos no laboratório do instituto (Figura 1) para verificar a frequência exata da rotação do disco que envolve a biela do protótipo.

Figura 36 – Experimentos para medir frequência



Fonte: Próprios autores

Além disso, foram feitas medidas da massa do pistão e de outros objetos do trabalho através de paquímetro para que fosse possível introduzir os conceitos vistos no decorrer do 1º período do curso.

Os conceitos aplicados foram:

- Frequência de rotação em Hz e RPM
- Período
- Velocidade tangencial do disco que envolve a biela
- Velocidade angular de um vetor inserido no disco que envolve a biela
- Velocidade linear do pistão
- Aceleração linear do pistão
- Momentos lineares do pistão
- Energias cinéticas do pistão
- Energias potenciais gravitacionais do pistão

- Força resultante ( $F_r$ ) atuante no pistão (Segunda Lei de Newton)
- Energia mecânica do pistão
- Refração óptica para identificar a adulteração de combustível

- **Experimento para calcular frequência de rotação**

Com base em um sensor fotoelétrico da Cidepe e um multicronômetro digital operando na função F6 para movimento circular e um Tripé universal com duas hastes de fixação, os integrantes do grupo chegaram aos seguintes resultados:

$$F1 = 0,942 \text{ Hz}$$

$$F2 = 0,942 \text{ Hz}$$

$$F3 = 0,940 \text{ Hz}$$

$$F4 = 0,940 \text{ Hz}$$

$$F5 = 0,937 \text{ Hz}$$

$$F6 = 0,939 \text{ Hz}$$

$$F7 = 0,944 \text{ Hz}$$

$$F8 = 0,946 \text{ Hz}$$

$$F9 = 0,943 \text{ Hz}$$

$$F10 = 0,944 \text{ Hz}$$

Calculando a média aritmética desses valores, obtém-se:

$$M_F = \frac{F1+F2+F3\dots F10}{10}$$

$M_F$  = média das frequências

$$M_F = \frac{9,417}{10} = 0,9417 \text{ Hz}$$

Transformando a frequência para RPM:

$$1 \text{ Hz} \underline{\hspace{2cm}} 60 \text{ RPM}$$

$$0,9417 \text{ Hz} \underline{\hspace{2cm}} X$$

$$X = 56,502 \text{ RPM}$$

- **Cálculo do período de rotação**

Sabe-se que o período é o inverso da frequência, portanto:

$$F = \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{f} \quad T = \frac{1}{0,9417} = 1,06$$

**Conclusão:** com os resultados das frequências obtidas percebe-se que há uma variação apenas em sua terceira casa decimal, ou seja, desprezível. Logo conclui-se que se trata de um movimento circular uniforme e com isto possibilitou introduzir as matérias vistas em sala de aula.

- **Cálculo da velocidade tangencial do disco que envolve a biela**

$$\omega = 2 \pi . f$$

$$V_{TANG} = \omega . r$$

$$V_{TANG} = 2 \pi . f . r$$

$$V_{TANG} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,9417 \cdot 4,45$$

$$V_{TANG} = 26,31 \text{ m/s}$$

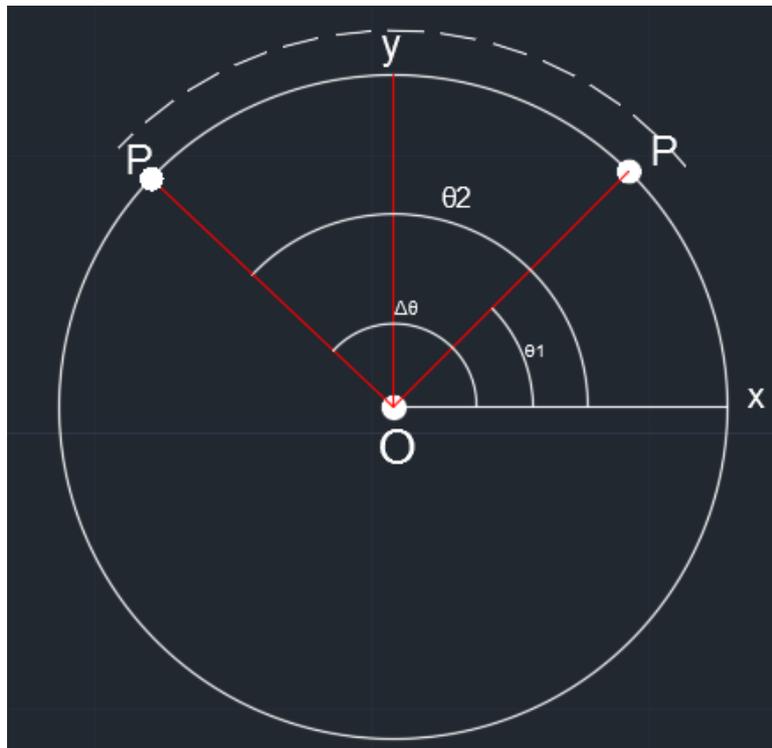
- **Cálculo da velocidade angular do vetor  $\overline{OP}$  inserido no disco que envolve a biela.**

Admitindo um ponto P na extremidade do disco que envolve a biela, e um ponto O na parte central deste disco, forma-se um vetor  $\overline{OP}$ , e este vetor foi utilizado para a análise a seguir:

**Velocidade angular**

Velocidade angular média ( $\vec{\omega} \text{ m}\zeta$ )

Figura 37 – Deslocamento angular do vetor  $\overline{OP}$



Fonte: Próprios autores

$$\Theta_1 = 45^\circ$$

$$\Theta_2 = 135^\circ$$

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

$$\Delta\theta = 135^\circ - 45^\circ = 90^\circ$$

Transformando de graus para radianos:

$$\pi \text{ rad} \text{ _____ } 180^\circ$$

$$Y \text{ _____ } 90^\circ$$

$$\Delta\theta = 0,5 \pi \text{ rad } y = 0,5 \pi \text{ rad}$$

Em experimento feito anteriormente, foi constatado que o disco que envolve a biela possui 56,5 RPM.

- **Cálculo de rotação do período**

$$56,5 \text{ _____ } 1 \text{ min (60s)}$$

$$1 \text{ _____ } T$$

$$T = 1,06 \text{ s}$$

Como o deslocamento angular foi  $\frac{\pi}{2}$  rad, nota-se que percorreu  $\frac{1}{4}$  de volta, portanto:

$$\frac{1}{4} \text{ de volta} = \frac{1}{4} \cdot 1,06\text{s} = 0,265\text{s}$$

$$\vec{\omega} \text{ m/z} = \frac{\Delta\theta}{\Delta T} = \frac{0,5 \pi \text{ rad}}{0,265} = 1,88 \pi \text{ rad/s}$$

### **Conclusão:**

Com a aplicação feita acima o grupo concluiu que a velocidade angular  $\vec{\omega} \text{ m/z}$  de um vetor  $\overline{OP}$  para um deslocamento angular ( $\Delta\theta$ ) de  $90^\circ$  ( $0,5 \pi \text{ rad}$ ) é igual a  $1,88 \pi \text{ rad/s}$ .

- **Análise cinemática do movimento de uma biela acoplada a um pistão**

### Demonstração Vetorial

A transmissão de movimento através da biela quando a roda está em Movimento circular uniforme é bastante simples. Para sua análise serão consideradas as seguintes variáveis:

- $V_T$  Velocidade tangencial do ponto de engate da biela;
- $V_B$  Velocidade da biela;
- $V_P$  Velocidade do pistão;
- $\beta$  Ângulo entre o vetor velocidade tangencial e a o vetor velocidade da biela;
- $\theta$  Ângulo entre o raio e a horizontal, ou posição angular

Na transmissão em questão verifica-se de forma bastante simplificada que a componente da velocidade tangencial do ponto de engate da biela sobre a própria biela é a velocidade de movimentação da mesma.

Ao passo que a transmissão desta última velocidade para o pistão dá-se de forma semelhante, mas percorrendo o caminho inverso.

Em uma análise atenta à Figura 1, pode-se verificar que o ângulo entre a velocidade tangencial  $V_T$  e  $V_B$  é alterno-interno ao ângulo entre  $V_B$  e  $V_P$ , por isto são iguais.

Deste modo a igualdade trigonométrica abaixo ser utilizada como ferramenta de solução do problema.

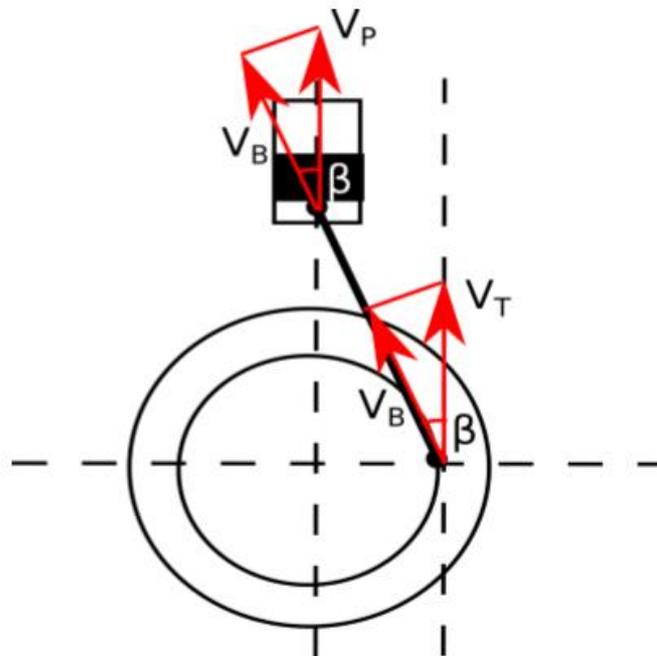
Demonstração. Se,

$$\cos\beta = \frac{V_B}{V_T}$$

e

$$\cos\beta = \frac{V_B}{V_P}$$

Figura 38: Vetores velocidades e sua transmissão no sistema



Fonte: Próprios autores

Então logicamente que

$$\frac{V_B}{V_T} = \frac{V_B}{V_P}$$

o que tem como consequência a igualdade

$$V_T = V_P$$

Em outras palavras, a velocidade tangencial do ponto do acoplamento da biela é igual à velocidade do pistão.

No entanto, deve-se ter um cuidado especial pois este não é um caso válido para qualquer posição do engate da biela, ou seja, a igualdade

$$V_T = V_P$$

só foi verdadeira porque a velocidade tangencial naquele ponto era integralmente vertical. Servindo apenas para explicitar a dependência da velocidade do pistão da velocidade tangencial do ponto onde acontece o acoplamento da biela com a roda.

Em casos onde esta situação não é verificada, deve admitir que a velocidade do pistão é igual à componente da velocidade da biela paralela à direção de movimentação do pistão, ou seja, na vertical.

$$V_P = V_T \text{ sen } \theta$$

- **Cinemática**

A partir da equação anterior pode-se inserir os demais conceitos físicos pertinentes, como por exemplo a relação entre velocidade angular e tangencial ( $V_T = \omega r$ )

$$V_p = \omega r \text{sen}(\theta)$$

Como a frequência é conhecida pode-se aprimorar a equação anterior da seguinte forma.

Demonstração.

$$\omega = 2\pi f$$

$$V_p = \omega r \text{sen}(\theta) \rightarrow V_p = 2\pi f r \text{sen}(\theta)$$

$$V_p = 2\pi f r \text{sen}(\theta)$$

A equação anterior determina a velocidade de movimentação do pistão como função da posição angular  $\theta$ .

No entanto, a posição angular no movimento circular uniforme não é constante, e sim uma função do tempo com a forma.

$$\Theta(t) = \theta_0 + \omega t$$

O que pode ser substituído na equação anterior, considerando a posição angular inicial como nula.

$$V_p = 2\pi f r \text{sen}(\omega t) = 2\pi f r \text{sen}(2\pi f t)$$

Para realização dos cálculos que envolve as aplicações abaixo considera-se: a posição inicial ( $\theta = 0$ ) como nulo e um intervalo de tempo = 10 segundos.

$$\pi = 3,14$$

$$F = 0,9417 \text{ Hz}$$

$$r = 2,05 \text{ cm} \rightarrow 0,0205 \text{ m}$$

$$\text{Massa do pistão} \rightarrow 108 \text{ gramas} = 0,108 \text{ Kg}$$

$$T = 10 \text{ segundos}$$

➤ Cálculo da velocidade linear ( $V_p$ ) do pistão:

$$V_p = 2\pi \cdot F \cdot r \cdot \text{sen}(2\pi \cdot F \cdot r)$$

$$V_p = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,9417 \cdot 0,0205 \text{ sen}(2 \cdot 3,14 \cdot 0,9417 \cdot r)$$

$$V_p = 0,12 \cdot \text{sen } 5,91 \cdot 10$$

$$V_p = 0,12 \cdot \text{sen } 59,1$$

$$V_p = 0,06 \text{ m/s}$$

- **Dinâmica**

Esta equação pode ser utilizada para determinar o momento linear do pistão fazendo:

$$p = 2 \pi f r \text{ sen } (2 \pi f t) m$$

➤ Cálculo do momento linear (p) do pistão:

$$p = V_f \cdot m$$

$$p = 2 \pi f r \text{ sen } (2 \pi f t) m$$

$$p = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,9417 \cdot 0,0205 \text{ sen } (2 \cdot 3,14 \cdot 0,9417 \cdot t) m$$

$$p = (0,12 \text{ sen } 5,91 \cdot (10)) = 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} \cdot \text{m/s}$$

➤ Cálculo da energia cinética (K) do pistão:

$$K = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$K = \frac{1}{2} m (2 \pi f r \text{ sen } (2 \pi f t))^2$$

$$K = \frac{1}{2} \cdot 0,108 (2 \cdot 3,14 \cdot 0,9417 \cdot 0,0205 \text{ sen } (2 \cdot 3,14 \cdot 0,9417 \cdot t))^2$$

$$K = 0,05 [0,12 \text{ sen } (5,91 \cdot (10))]^2$$

$$K = 0,05 (0,12 \cdot 0,55)^2$$

$$K = 0,05 (0,066)^2$$

$$K = 2,178 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$

A função horária da aceleração pode ser facilmente obtida por  $a(t) = dV_p/dt$

Demonstração:

$$a(t) = \frac{d(2 \pi f r \text{ sen } (2 \pi f t))}{dt}$$

$$a(t) = 4 \pi^2 f^2 r^2 \cos (2 \pi f t)$$

➤ Cálculo da aceleração linear (a) do pistão:

$$a(t) = 4 \pi^2 f^2 r^2 \cos (2 \pi f t)$$

$$a(t) = 4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,9417^2 \cdot 0,0205^2 \cos (2 \cdot 3,14 \cdot 0,9417 \cdot t)$$

$$a(t) = 4 \cdot 9,85 \cdot 0,88 \cdot 4,2 \cdot 10^{-4} \cos (5,91 t)$$

$$a(10) = 145,62 \cdot 10^{-4} \cdot \cos 5,91 (10)$$

$$a(10) = 145,62 \cdot 10^{-4} \cdot (-0,83)$$

$$a(10) = 120,86 \cdot 10^{-4} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

➤ Cálculo da força resultante (Fr) atuante no pistão:  
 $Fr = m \cdot a \rightarrow$  (2° Lei de Newton)

$$Fr = m \cdot 4 \pi^2 f^2 r^2 \cos(2 \pi f t)$$

$$Fr = 0,108 \cdot 4 (3,14)^2 \cdot (0,9417)^2 \cdot (0,0205)^2 \cdot \cos(5,91 t)$$

$$Fr = 0,43 \cdot 9,85 \cdot 0,88 \cdot 4,2 \cdot 10^{-4} \cdot \cos 5,91 t$$

$$Fr = 15,65 \cdot 10^{-4} \cos 5,91 t$$

$$Fr = 15,65 \cdot 10^{-4} \cdot (-0,83)$$

$$Fr = -13 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

A energia potencial do sistema também pode ser determinada já que a velocidade  $V_p(t)$  é conhecida.

Para isto precisa-se apenas de verificar a altura do corpo H, valor este que pode ser obtido pela integração da velocidade já que:

Se  $V = \frac{dS}{dt}$  então  $dS = V dt$ . Logo:

$$\Delta S = \Delta H = \int_0^{2\pi} V dt$$

Esta integral fica na forma:

$$\Delta H = 2\pi f r \int_0^{2\pi} V dt$$

$$H = -2\pi f r \cos(2\pi f t) + H_0$$

Assim a energia potencial gravitacional  $U_g$  é determinada por:

$$U_g = -(2\pi f r \cos(2\pi f t) + H_0) m g$$

➤ Cálculo da energia potencial gravitacional ( $U_{grav}$ ) do pistão, quando este admite uma altura inicial  $H_0 = 5 \text{ cm} \rightarrow 0,05 \text{ m}$

$$U_g = m \cdot g \cdot h$$

$$U_g = -(2 \pi f r \cos(2 \pi f t) + H_0) m g$$

$$U_g = -(2 \cdot 3,14 \cdot 0,9417 \cdot 0,0205 \cdot \cos 5,91 t + 0,05) m \cdot g$$

$$U_g = -(0,12 \cdot \cos 5,91 t + 0,05) 0,108 \cdot 9,8$$

$$U_g = -(0,126 \cdot \cos 5,91 t + 0,0525)$$

$$U_g = -[0,126 \cdot \cos 5,91 \cdot (10) + 0,0525]$$

$$U_g = -[0,126 \cdot (-0,83) + 0,0525]$$

$$U_g = -(-0,1 + 0,0525) \rightarrow U_g = 0,04 \text{ J}$$

E a energia mecânica total do sistema pode ser obtida pela soma das duas equações:

$$EM = \frac{1}{2}m(2\pi fr \sin(2\pi ft))^2 - (2\pi fr \cos(2\pi ft) + H_0)mg$$

➤ Cálculo da energia mecânica (EM) do sistema:

$$EM = K + U_g$$

$$EM = \frac{1}{2} m (2\pi fr \sin(2\pi ft))^2 - (2\pi fr \cos(2\pi ft) + H_0) mg$$

$$EM = 2,178 \cdot 10^{-4} - 0,04$$

$$EM = 0,0002178 - 0,04$$

$$EM = - 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

- **Refração óptica**

Para o sistema de identificação de combustíveis adulterados foi usada a matéria de Refração Óptica. A refração foi utilizada para demonstrar a mudança da direção da propagação de um feixe luminoso (raio laser) devido sua passagem de um meio para outro, ou seja, a refração do raio laser quando passar pela mistura água+etanol e somente etanol.

O ângulo formado pelo raio incidente e a normal (reta no ponto de incidência na metade de dois meios) é o **ângulo de incidência  $\theta_1$** . O ângulo  **$\theta_2$** , é formado pela normal e o raio refratado, é denominado **ângulo de refração**.

Há uma relação importante entre os ângulos de incidência e de refração, pois a razão entre os senos destes dois ângulos é uma constante. Em outras palavras, quando a luz se refrata ao passar de um meio 1 para um meio 2, tem-se:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \text{constante}$$

Essa constante é igual ao quociente  $v_1/v_2$ , onde  $v_1$  é a velocidade da luz no meio 1 e  $v_2$  a velocidade da luz no meio 2. Portanto:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Considerando um caso particular importante no qual um raio luminoso, propagando-se no vácuo, sofre refração ao penetrar em um meio material qualquer.

Para este caso, pelo que acabamos de ver, teremos:

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{c}{v}$$

Onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo e  $v$  é a velocidade da luz no meio material no qual a luz penetra. O quociente  $c/v$  é muito importante no estudo da refração, sendo denominado **índice de refração** do meio. Ou seja:

$$n = \frac{c}{v}$$

Mas para fazer os cálculos e encontrar o índice de refração de cada mistura de água+etanol, foi usada uma câmera fotográfica com lente objetiva zoom com distância focal de 70mm para fazer as imagens da refração do raio laser. Em seguida, essas imagens foram passadas para o software Image J, o qual faria as medidas dos ângulos para auxiliar na hora dos cálculos.

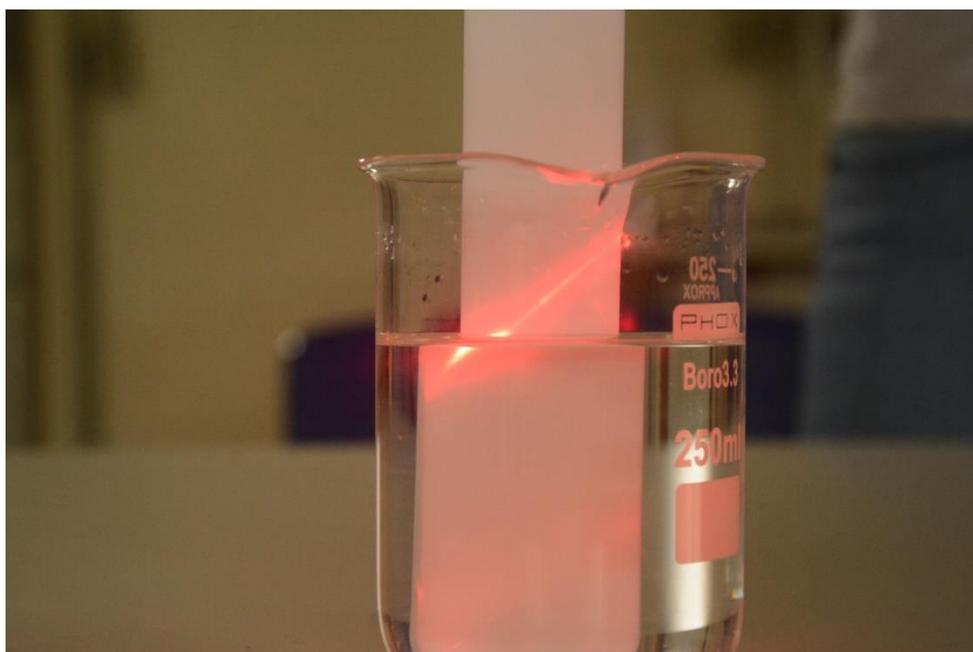
**Imagem 1:** raio laser refratado no béquer somente com álcool (100%=200ml) (Figura):

Ângulo de incidência =  $49,86^\circ$

Ângulo de refração =  $45,97^\circ$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} \quad n = \frac{\text{sen } 49,86^\circ}{\text{sen } 45,97^\circ} = 1,0632$$

Figura 39: Raio laser refratado no béquer com álcool



Fonte: Próprios autores

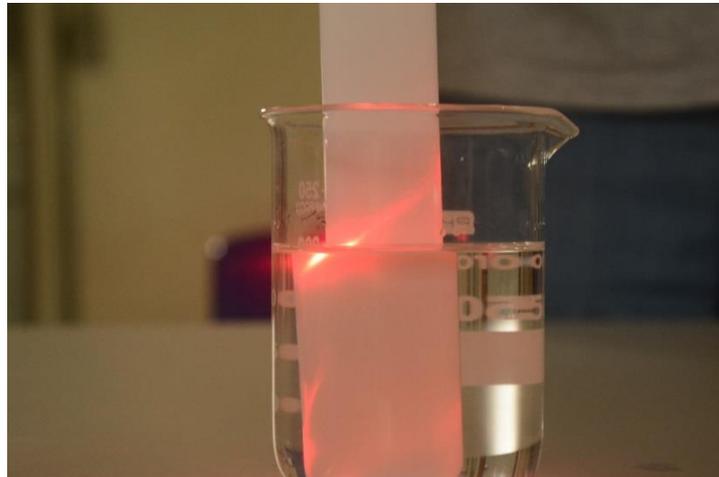
**Imagem 2:** raio laser refratado no béquer com 10% de água e 90% álcool (Figura):

Ângulo de incidência =  $52,92^\circ$

Ângulo de refração =  $45,4^\circ$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} \quad n = \frac{\text{sen } 52,92^\circ}{\text{sen } 45,4^\circ} = 1,1204$$

Figura 40: Raio laser refratado no béquer com 10% de água



Fonte: Próprios autores

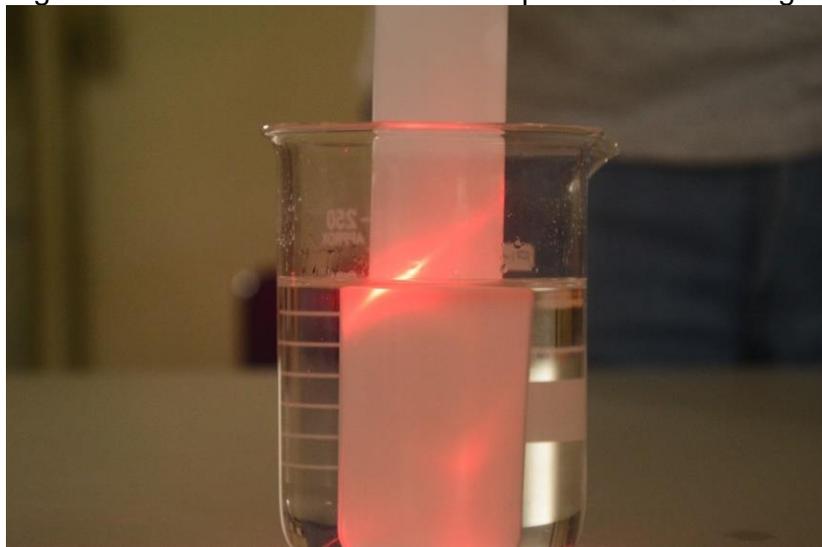
**Imagem 3:** raio laser refratado no béquer com 20% de água e 80% de álcool (Figura):

Ângulo de incidência =  $52,98^\circ$

Ângulo de refração =  $45,36^\circ$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} \quad n = \frac{\text{sen } 52,98^\circ}{\text{sen } 45,32^\circ} = 1,1221$$

Figura 41: Raio laser refratado no béquer com 20% de água



Fonte: Próprios autores

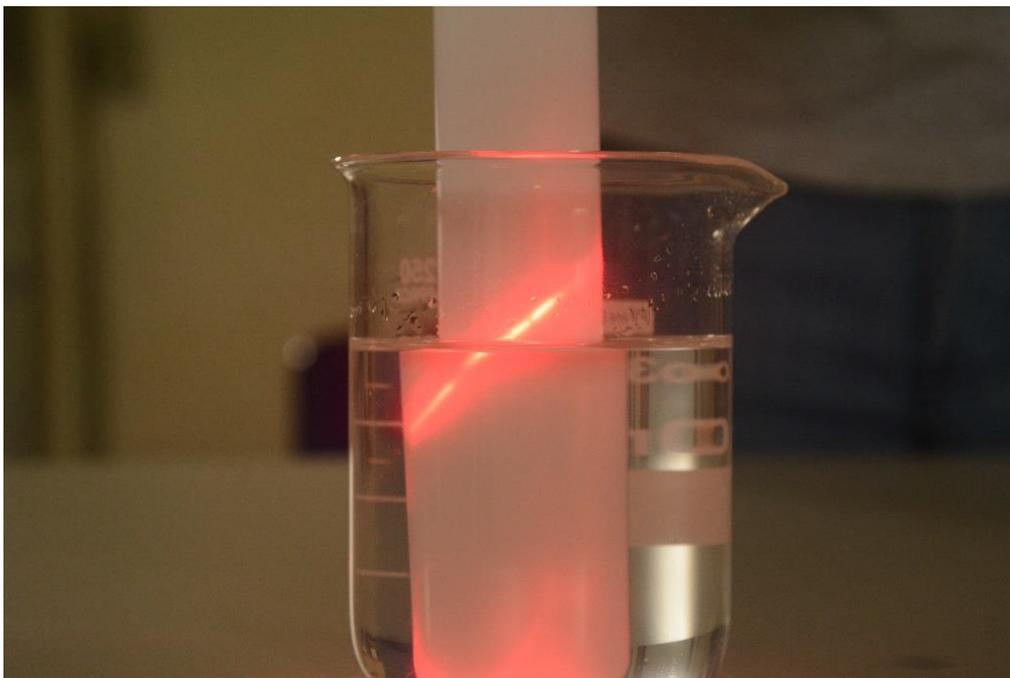
**Imagem 4:** raio laser refratado no béquer com 30% de água e 70% de álcool (Figura):

Ângulo de incidência =  $50^\circ$

Ângulo de refração =  $41,71^\circ$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} \quad n = \frac{\text{sen } 50^\circ}{\text{sen } 41,71^\circ} = 1,1513$$

Figura 42: Raio laser refratado no béquer com 30% de água



Fonte: Próprios autores

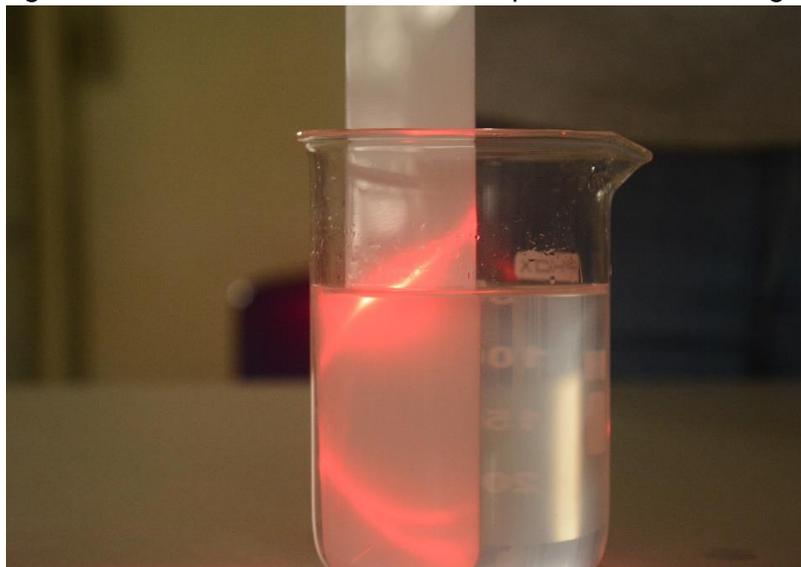
**Imagem 5:** raio laser refratado no béquer com 40% de água e 60% de álcool (Figura):

Ângulo de incidência =  $52,5^\circ$

Ângulo de refração =  $38,71^\circ$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} \quad n = \frac{\text{sen } 52,5^\circ}{\text{sen } 38,71^\circ} = 1,2685$$

Figura 43: Raio laser refratado no béquer com 40% de água



Fonte: Próprios autores

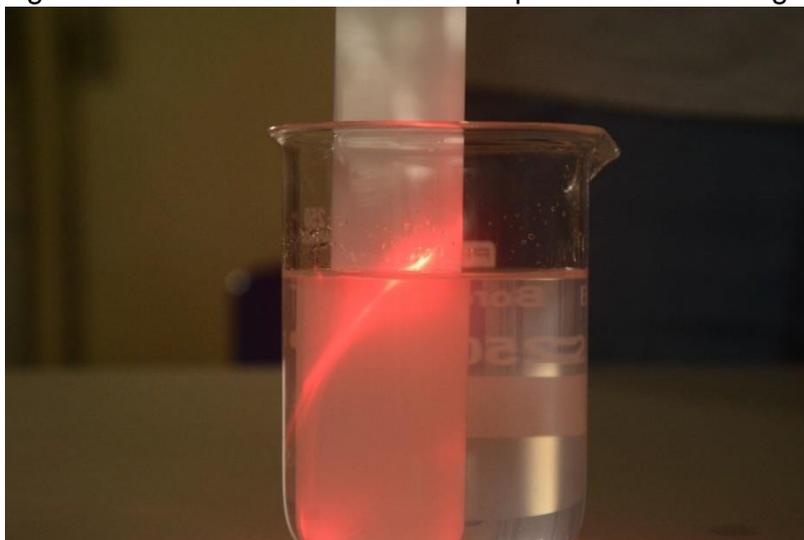
**Imagem 6:** raio laser refratado no béquer com 50% de água e 50% de álcool (Figura):

Ângulo de incidência =  $52,2^\circ$

Ângulo de refração =  $38,1^\circ$

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\text{sen } \theta_1}{\text{sen } \theta_2} \quad n = \frac{\text{sen } 52,2^\circ}{\text{sen } 38,1^\circ} = 1,2805$$

Figura 44: Raio laser refratado no béquer com 50% de água



Fonte: Próprios autores

O gráfico que mostra os índices de refração do raio laser de acordo sua porcentagem de água inclusa no béquer está contida na parte de “Resultados” do relatório final.

### 3.3 METODOLOGIA

#### 3.3.1 Métodos utilizados para montagem

Buscando atingir o objetivo principal do projeto, será utilizado o método científico que parte da observação sistemática de fatos, seguido da realização de experiências, das deduções lógicas e da comprovação científica dos resultados obtidos.

Segundo Asti Vera (1989), o conceito de método científico é como “[...] um procedimento, ou um conjunto de procedimentos, que serve de instrumento para alcançar os fins da investigação; [...] o método é um procedimento geral, baseado em princípios lógicos, que pode ser comum a várias ciências; ...”.

O trabalho também será feito com base em uma pesquisa exploratória, que objetiva proporcionar maior familiaridade com um assunto em questão; envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o assunto pesquisado e análise de exemplos; assume em geral a forma de pesquisas bibliográficas e estudos de caso.

Foi usado como instrumentos de coleta de dados obtidos do projeto, os aparelhos existentes no laboratório de Física do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) Campus Arcos, tais como: béquer, dinamômetro, laser óptico entre outros.

Desse modo, com o objetivo de facilitar e organizar o desenvolvimento da atividade, a metodologia empregada na montagem desse projeto será dividida em seis etapas:

**Etapa 1:** análise dos dados encontrados dos seguintes componentes: funcionamento motor dois tempos, adulteração de combustível e placas solares.

**Etapa 2:** aquisição das peças necessárias para a montagem do protótipo.

Logo de início, o mais importante era conseguir uma base sólida e fixa para aguentar toda a estrutura do projeto. Foi feita uma estrutura em uma madeira (Figura 8), que por sua vez, ficou de excelente qualidade e foi o pontapé inicial do projeto.

Figura 45: Estrutura de madeira da base do projeto



Fonte: Próprios autores

Em seguida, o grupo pensou em um motor de impressoras antigas ou de para-brisa de carro para satisfazer as condições necessárias. Obteve-se um de para-brisa de carro em uma oficina mecânica na própria cidade de Formiga. E para fixar esse motor seria necessário um tipo de suporte ou mancal. Nesse caso, um marceneiro ajudou o grupo fazendo um suporte de madeira que ficaria por baixo do motor, e duas braçadeiras foram fixadas a esse suporte, passando por cima do motor no formato de U, até ser parafusada na base de madeira (Figura 9). Esse método foi muito útil, pois foi simples e rápido de se concluir.

Figura 46: Motor de para-brisa de carro com o suporte



Fonte: Próprios autores

Para fazer esse motor funcionar, foi arrumado uma bateria de moto de 12V (Figura 10), que seria a medida ideal para o nosso projeto. Logo depois, alguns integrantes do grupo retornaram a Formiga-MG para adquirir mais peças do motor.

Figura 47: Bateria de moto 12V



Fonte: Próprios autores

Em seguida, alguns membros do grupo conseguiram um pistão (Figura 12) e uma biela (Figura 11) de moto, que se encaixaria no motor 2 tempos, visto que era de um material mais leve e atenderia as condições necessárias para a montagem.

Figura 48: Biela de moto



Fonte: Próprios autores

Figura 49: Pistão de moto



Fonte: Próprios autores

Já a parte do virabrequim, que é o eixo que se ligará ao motor de para-brisa, onde ficará a biela, juntamente com o pistão (Figura 13), por ser constituído de ferro, seu peso poderia sobrecarregar a estrutura do projeto.

Figura 50: Virabrequim de ferro com o pistão



Fonte: Próprios autores

Dessa forma, optou-se pela montagem da parte do virabrequim e da camisa do pistão de material MDF (Figura 14), para que o peso se adequasse ao que seria permitido, além de o custo ser mais acessível.

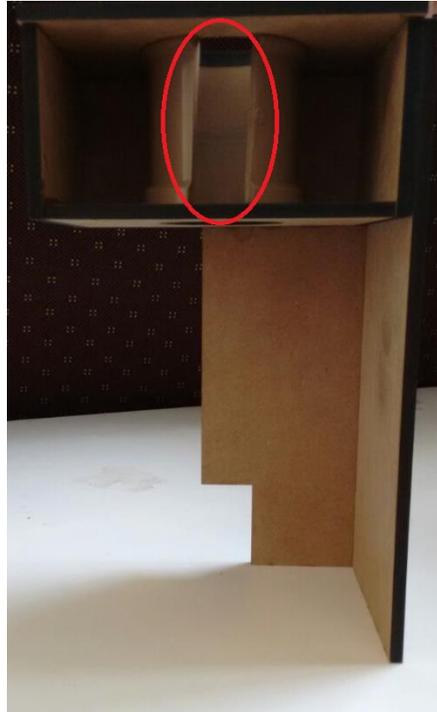
Figura 51: Partes do virabrequim de MDF



Fonte: Próprios autores

Além disso, foi colocado um cano PVC maior, como se fosse a camisa do pistão. Porém, para conseguir ver o movimento do pistão, subida e descida, será cortado uma medida de duas polegadas do cano (Figura 15) para ser possível realizar esta etapa.

Figura 52: Estrutura da camisa do pistão com o cano PVC cortado



Fonte: Próprios autores

Para a montagem do virabrequim foi necessário também um pedaço pequeno de cano PVC (Figura 16), como parte fixa para assegurar a biela do pistão. Esse procedimento também foi simples e de baixo custo. Arruelas (Figura 17) foram importantes para não deixar que o material MDF e a biela do pistão entrassem em contato, aquecendo-os e podendo causar estragos no projeto. Por isso foram utilizadas para separar ambas as partes.

Figura 53: Cano PVC com corte



Fonte: Próprios autores

Figura 54: Arruelas



Fonte: Próprios autores

Entretanto, o maior quebra-cabeça, a ser resolvido pelo grupo, foi encontrar o eixo do virabrequim que seria encaixado no motor de para-brisa. Precisava encontrar algum eixo que encaixasse no eixo do motor de para-brisa ou fazer um novo em algum torno mecânico.

Em relação ao eixo que precisaria ser feito, foi pensado no encaixe e um eixo novo ao do motor de para-brisa, porém, o resultado esperado talvez não fosse alcançado. Com isso, a ideia era usar acoplamentos de engrenagens para conseguir assegurar a estrutura do motor e fazer o funcionamento correto do mesmo, para que conseguisse aguentar o torque do motor de para-brisa. Contudo, não foi necessário utilizar o acoplamento de engrenagens, porque, depois de muito custo, foi encontrado um torneiro mecânico que fez o eixo (Figura 18) nas devidas medidas para encaixá-lo no motor de para-brisa.

Figura 55: Eixo do motor feito pelo torneiro



Fonte: Próprios autores

E por fim, o conjunto de rolamentos (Figura 19) para que o eixo encaixasse na madeira MDF foi conseguido.

Figura 56: Conjunto de rolamentos



Fonte: Próprios autores

**Etapa 3:** início da montagem da parte mecânica e dos componentes fixos e móveis do projeto.

Com todas as peças necessárias já em mãos, o grupo começou a montagem do protótipo. A montagem consistiu primeiramente em acoplar o eixo do virabrequim com toda a sua estrutura de MDF no eixo do motor de para-brisa (Figura 20).

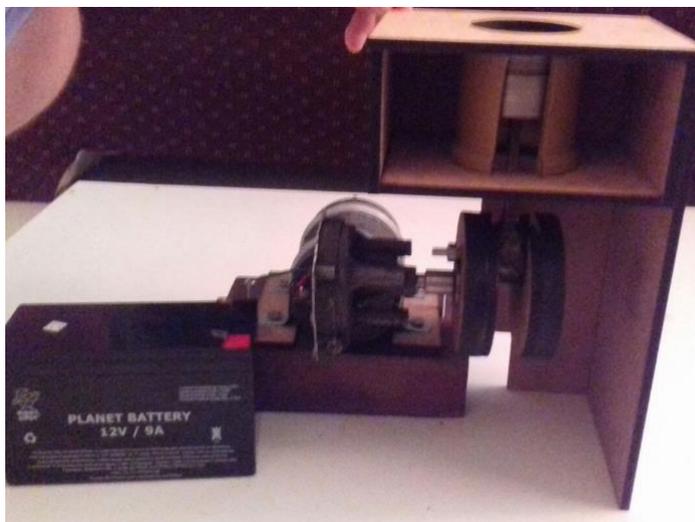
Figura 57: Virabrequim acoplado no eixo do motor de para-brisa



Fonte: Próprios autores

Logo depois, ligou-se o motor para-brisa a bateria 12V por meio de cabos. E a estrutura da camisa do pistão de MDF também foi adicionada ao motor, como mostra a Figura 21. Assim, foi terminada a montagem do motor dois tempos.

Figura 58: Motor 2 tempos ligado a bateria



Fonte: Próprios autores

**Etapa 4:** testes do protótipo considerando um cenário de uso.

**Etapa 5:** avaliação dos resultados obtidos.

**Etapa 6:** aplicação das matérias de todas as disciplinas, da teoria para prática.

### 2.5.1.1 Elaboração do projeto na prática

O grupo contou com diversos imprevistos ao decorrer do projeto, uma vez que no início do trabalho não se tinha a verdadeira noção de como todo o conteúdo teórico aprendido em sala de aula seria aplicado na prática. Mas com o auxílio de profissionais da área, buscou-se o aprofundamento em cada setor que se envolve o projeto como um todo.

Foi dividido o grupo em dois subgrupos, 1 e 2. O grupo 1 sempre ia questionando o grupo 2, e vice-versa, para que pudesse desenvolver ideias de todos os integrantes no intuito de melhoria do projeto.

Por fim, fez-se necessário inúmeros testes para que o projeto fosse capaz de atender todos os requisitos exigidos pelos professores e orientadores, ao passo que este método utilizado pelos alunos, possibilitou aos integrantes uma maior compreensão sobre o assunto a ser tratado na prática.

A seguir será apresentado como foi feita a parte de identificação de combustíveis, e também a parte de energia solar para o funcionamento, detalhando toda a metodologia desses processos.

- Sistema de identificação de adulteração de combustível

Primeiramente, para compreender melhor o assunto sobre a refração óptica, o grupo solicitou o monitoramento do professor Reginaldo Gonçalves Leão Júnior, doutorando e Mestre em Ciências e Técnicas Nucleares, pelo Departamento de Engenharia Nuclear da Universidade Federal de Minas Gerais (2012).

A princípio, precisaria de dois béqueres (recipiente de vidro), um receberia somente combustível e, o outro, a mistura combustível + água. Com isso, o método a ser utilizado para obter a refração, é a utilização de um laser óptico que será fixado no béquer em sua parte superior. Desse modo, o laser será acionado incidindo sobre o líquido para demonstrar o ponto de refração na base do béquer, onde será marcado o determinado ponto nos dois casos.

Foram utilizados os líquidos água e álcool, porque precisaria de uma mistura de combustível + água, para que quando o laser incidir sobre os líquidos, o mesmo seja refratado em diferentes pontos. O resultado poderá ser comprovado através de uma sequência de fotografias do experimento, que foram passadas para um *software* (Image J), demonstrando os diferentes índices de refração por meio de números exatos.

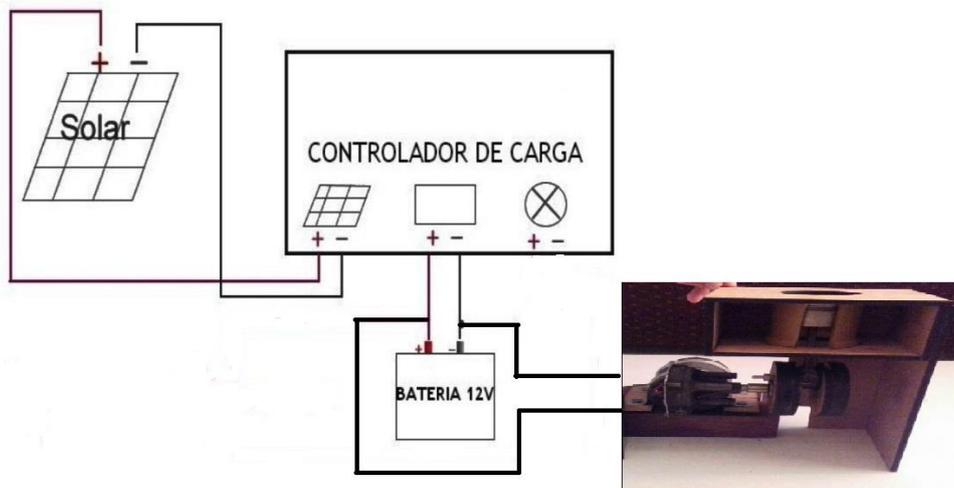
- Energia solar para funcionamento do motor

A última etapa do projeto foi alimentar a bateria que faria o motor funcionar por meio de fonte de energia solar. Para tanto, foi adquirida, via internet, uma placa solar para fornecer energia advinda dos raios solares à bateria.

Para identificar a quantidade ideal de carga a ser transmitida à bateria, foi necessário obter um controlador de carga, adquirido também via internet. Além disso, pares de cabos foram utilizados para a ligação placa-controlador e controlador-bateria.

Toda a parte da montagem do sistema de energia solar foi acompanhada de perto por um profissional da área que se dispôs a ajudar o grupo no que foi necessário. A montagem consistiu, primeiramente, em apoiar a placa solar (Figura) em um lugar seguro, com um mancal ou suporte. Logo depois, conectou-se os fios à placa solar e ao controlador de carga (Figura) sendo um vermelho (positivo) e um preto (negativo), transferindo a energia necessária para chegar até a bateria. Por fim, ligou-se os fios negativo e positivo do controlador de carga à bateria, para fazer a passagem de energia que foi armazenada na mesma (Figura 22). Depois disso, foi ligado o fio preto (negativo) à bateria e o fio positivo (vermelho) do motor ao interruptor, assim o motor ficou pronto para funcionar.

Figura 59: Esquema sobre o sistema de energia solar no projeto



Fonte: Próprios autores

Figura 60: Controlador de carga



Fonte: Próprios autores

Figura 61: Placa solar



Fonte: Próprios autores

### 3.3.2 Materiais

Em seguida, tem-se na lista de todos os materiais utilizados na composição de todo o projeto, separado por etapas do processo:

Para o sistema de identificação de adulteração de combustíveis:

- Béquer
- Lazer óptico
- Álcool
- Água
- Sensor fotoelétrico
- Câmera fotográfica (lente objetiva zoom com distância focal de 70mm)
- Tripé nivelado
- Multicronômetro digital

Para o desenvolvimento do motor de dois tempos:

- Biela (moto)
- Pistão (moto)
- Cano PVC
- Suporte de madeira

- Conjunto de rolamentos
- Arruelas
- Motor de para-brisa (carro)
- Eixo
- Bateria (12V)
- Parafusos
- Estrutura de MDF

Para o sistema de energia solar do projeto:

- Placa solar
- Controlador de carga
- Fios: vermelho (positivo) e preto (negativo)
- Bateria (12V)

### 3.4 RELEVÂNCIA DO TRABALHO

No protótipo a identificação da adulteração do combustível será feita através da refração ótica do líquido de acordo com sua composição. Na prática nosso trabalho seria aplicado nos tanques dos automóveis, os quais seriam compostos de um laser que detectaria a adulteração no momento do abastecimento e mandaria um sinal através de fibra ótica para o painel do carro avisando ao consumidor sobre a infração, contribuindo assim socialmente, como modo de assegurar o direito do consumidor em ter conhecimento sobre o produto que está sendo adquirido e sua composição de modo seguro e rápido.

A utilização da placa solar como fonte de energia renovável abastecerá a bateria para que esta alimente o motor, simulando assim o seu movimento. Esse método futuramente servirá de base para que seja desenvolvido motores alimentados por baterias substituindo a combustão, que gera a emissão de gases para a atmosfera, intensificando o aquecimento global. Além disso, contribuirá para diminuir impactos sociais em relação à saúde, visto que a emissão destes gases está diretamente ligada aos problemas respiratórios.

Por ser um combustível usado com frequência no Brasil, a averiguação da qualidade do etanol em sua forma pura, fará com que ele seja mais procurado pelo consumidor, uma vez que, aumentará sua credibilidade no mercado, atingindo diretamente no bolso de cada cidadão, pelo fato do etanol ser mais viável economicamente do que a gasolina. Ademais a produção da cana-de-açúcar aumentaria, gerando empregos e desenvolvendo a agricultura.

Souza (2016), em publicação feita no site Mundo Educação, afirmou que o etanol é mais viável ecologicamente em relação à gasolina ou derivados do petróleo, pelo fato do etanol ser produzido através da fermentação da cana de açúcar, a qual possui sua combustão gerando menos poluentes por se tratar da queima de matéria orgânica.

Como contribuição econômica, a população poderia optar pela compra de um motor alimentado por bateria, pelo fato que ele fornece maior rendimento e sua vida útil possui maior duração. A utilização da placa solar, fornecendo energia para a bateria, evitaria custos pelo fato que em sua geração de energia não é necessário o uso de combustível e o investimento feito com compra da placa pode ser recuperado em pouco tempo.

### 3.5 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

#### 1º Experimento – Motor dois tempos

Primeiramente o grupo notou que o material de ferro do disco que envolve a biela e o pistão (Figura 1) seria muito pesado para que o motor de para-brisa pudesse realizar o movimento do pistão, ou seja, este material de ferro acoplado ao motor de para-brisa necessitaria de um eixo com um torque bem maior do que o utilizado pelo grupo e também seria necessário utilizar mancais de sustentação. Com isso, optou-se por substituir o material de ferro por outro mais leve, o MDF, na construção do disco e da camisa do pistão para que o sistema pudesse funcionar com este motor.

Figura 62 – Material de ferro que envolve a biela e o pistão



Fonte: Próprios autores

A escolha deste motor foi feita com o intuito de não utilizar alternadores de correntes, visto que o painel solar proporciona corrente contínua e o motor de para-brisas é ideal, pois possui baixa rotação por minuto e funciona com corrente contínua.

Com a estrutura da camisa do pistão feita de prouta, foi colocado um cano PVC no seu interior para que o pistão pudesse realizar o seu movimento vertical de subida e descida reduzindo o atrito com a estrutura. Alguns testes foram feitos alterando o posicionamento desta estrutura para que o pistão pudesse deslizar no cano PVC.

## **2º Experimento – Energia solar**

Nesta etapa do projeto o procedimento utilizado pelo grupo consistiu em analisar a capacidade de absorção das irradiações solares pelo painel em um dia ensolarado. Para tanto, fez-se necessário expor o painel ao sol em um intervalo das 6:30 até 19:00h, neste intervalo foram colhidas análises a cada 30 minutos sobre a corrente elétrica transferida do painel para a bateria através de um multímetro, observando assim a eficiência do sistema Placa-Bateria para alimentar o motor.

## **3º Experimento - Identificação da adulteração de combustíveis por refração óptica**

O procedimento usado pelo grupo para identificar a adulteração do combustível foi por meio de um raio incidido em um béquer com mistura de combustível + água e somente com combustível. Logo depois, fotografias foram tiradas do raio refratado nos béqueres. O béquer tinha 200 ml de etanol, e sucessivamente foi adicionado de 10 em 10% de água ao volume total de 200 ml, até chegar à marca de 50% do líquido ser água e os outros 50% etanol. Foram tiradas 6 fotografias dos líquidos sendo:

1ª somente com etanol (200ml)

2ª contendo 10% de água

3ª contendo 20% de água

4ª contendo 30% de água

5ª contendo 40% de água

6ª contendo 50% de água

Desse modo, logo após tirar as fotografias, as mesmas foram passadas a um software chamado Image J, no qual foram feitas medidas dos ângulos de incidência e de refração dos raios em cada fotografia. Em seguida, com os resultados obtidos foi usado também outro software, o Octave, para construir o gráfico do índice de refração de cada mistura para cada porcentagem de água, demonstrando assim a adulteração do combustível.

## 3.6 RESULTADOS

### 1º Experimento – Motor de dois Tempos

Com a utilização de materiais mais leves o motor de para-brisas foi capaz de funcionar perfeitamente ilustrando o movimento da maneira que o grupo esperava. Além disso, notou-se que o material de PVC utilizado para envolver o pistão, realmente foi capaz de diminuir o atrito e com isso causou uma interferência desprezível na velocidade linear do pistão.

### 2º Experimento - Energia solar

Com as análises e os experimentos da placa solar foi observado que o período de maior irradiação solar em um dia ensolarado é de 9:00 até 15:00h. Estes dados foram obtidos de acordo com a análise dos experimentos feitos com a placa solar, considerando a latitude local.

Através do resultado foi observado também que se o motor ficar ligado por uma hora ele consumirá 3 amperes, como a bateria é de 9A sobrarão apenas 6A. A placa solar leva 5 horas para reabastecer a bateria, ou seja, o motor gasta 3 horas para descarregar totalmente a bateria que o alimenta e esta bateria leva dois dias e meio para ser totalmente recarregada por este painel solar.

Nota-se com isto que na prática o sistema é inviável, portanto faz-se necessário aumentar a potência deste painel. Aumentando a potência para 30 W o motor seria capaz de ficar ligado por 9 horas e o painel levará apenas 5 horas para recarregar a bateria, ou seja, em apenas um único dia ensolarado. OBS: Estes cálculos foram feitos nas aplicações da disciplina chave – Cálculo1.

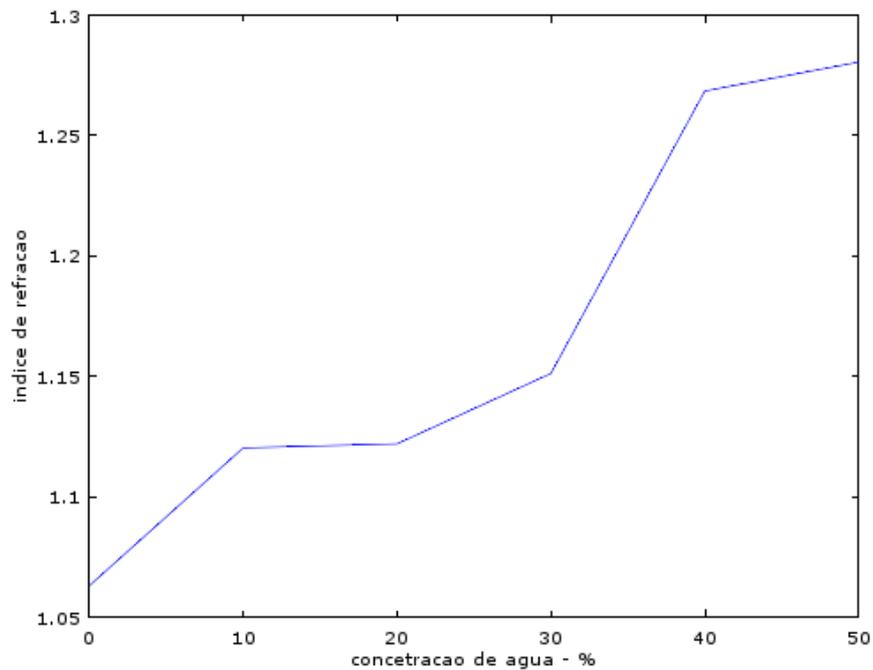
### 3º Experimento - Identificação da adulteração de combustíveis

A seguir, uma tabela mostra todos os dados analisados sobre o experimento da refração do raio laser na identificação da adulteração de combustíveis:

SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DA ADULTERAÇÃO DE COMBUSTÍVEL					
Líquidos	% de água	Ângulo de incidência	Ângulo de refração	Índice de refração	Nº da imagem
Etanol	0	49,86°	45,97°	1,0632	Imagem 1
Água+etanol	10	52,92°	45,4°	1,1204	Imagem 2
Água+etanol	20	52,98°	45,36°	1,1221	Imagem 3
Água+etanol	30	50°	41,71°	1,1513	Imagem 4
Água+etanol	40	52,5°	38,71°	1,2685	Imagem 5
Água+etanol	50	52,1°	38,1°	1,2805	Imagem 6

O gráfico a seguir mostra os índices de refração do raio laser de acordo sua porcentagem de água inclusa no béquer:

Figura 63: Gráfico do índice de refração do raio laser nos líquidos



Fonte: Próprios autores

## 4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todo conteúdo exposto no projeto o grupo concluiu que a principal ideia trabalhada gira em torno de alimentar motores por meio de baterias, a fim de que este método possa substituir o de combustão comumente utilizada nos automóveis. O projeto se baseou no uso de energia solar para alimentar o motor, mas há outras fontes renováveis de energia que poderão ser utilizadas como a eólica. Estes estudos poderão contribuir para o desenvolvimento de um motor eficaz e sustentável futuramente.

As ideias expostas neste projeto também poderão ser utilizadas como fonte para futuras pesquisas que se interessem em desenvolver motores sustentáveis não se limitando a fixar as ideias apenas ao motor de dois tempos, mas em qualquer outro tipo de motor como, por exemplo, o de quatro tempos.

Além disso, pela segunda etapa do projeto, que tratou da identificação de combustíveis adulterados, o grupo concluiu que a ideia é completamente benéfica à sociedade no que se refere ao objetivo de proteger os interesses do consumidor quanto a preço, qualidade e oferta dos produtos, visto que o dispositivo aqui reproduzido a partir de tecnologias difundidas a longa data, alertará o consumidor sobre a adulteração no momento do abastecimento, ou seja, funcionaria de forma prática no cotidiano.

Para ilustrar melhor as conclusões de cada objetivo proposto inicialmente, dividiu-se o projeto em etapas. Abaixo segue as intenções iniciais seguidas de seus resultados:

- O primeiro objetivo específico diz respeito a integração mecânica dos componentes fixos e móveis do projeto. Esta etapa se tratava do funcionamento do motor propriamente. Este objetivo foi concluído com sucesso, visto que os alunos contaram com o auxílio de torneiros mecânicos que foram capazes de criar um eixo com torque suficiente para o funcionamento das partes fixas e móveis, de modo que não foi necessário a utilização de mancais de sustentação para o movimento de rotação do motor.
- Já o segundo objetivo específico se referia à parte de alimentar a bateria do motor através de um painel solar integrado a um controlador de carga. Essa etapa se consistiu em utilizar a eletricidade solar para fins de simulação do funcionamento do motor 2 tempos. Este objetivo também foi concluído com sucesso, visto que os alunos contaram mais uma vez com a ajuda de profissionais da área. O painel solar foi conectado a um controlador de carga através de cabos, por um

profissional, e depois de vários testes finalmente concluiu-se que a bateria de 12V/9A teve sua carga completada em 15 horas.

- E por fim, o terceiro objetivo específico tratou da incorporação do sistema de detecção de fraudes ao motor com fins de beneficiar a sociedade. Este foi outro objetivo concluído com êxito, destacando-se a eficiência do grupo que alcançou todos os resultados positivos esperados. Além disso, os professores ofereceram total suporte para que os alunos pudessem realizar a diferenciação do índice de refração ótica entre o álcool puro e a mistura álcool/água. Sendo assim, este protótipo de dispositivo seria inserido de maneira prática analogamente aos componentes de fibras óticas colocados nos tanques de combustíveis dos automóveis, para facilitar a verificação da qualidade do produto obtido no dia-a-dia.

Além dos resultados dos objetivos específicos, os integrantes do grupo concluíram que este projeto acadêmico integrador foi capaz de ampliar os conhecimentos vistos em sala analisando-os na prática, de maneira que ao decorrer da evolução deste protótipo os alunos passaram a se sentir membro de uma importante pesquisa acadêmica.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. Pesquisadores de Campinas desenvolvem sensor capaz de detectar combustíveis adulterados. **SINTPq**, 2015. Disponível em: <<http://sintpq.org.br/index.php / blog / item / 4009 - pesquisadores - de - campinas - desenvolvem - sensor - eletrônico - capaz - de - detectar - combustíveis - adulterados>>. Acessado em: 4 dez. 2016

AUTOSSUSTENTAVEL. A energia solar no Brasil e seus benefícios. **Autossustentável**, 2013. Disponível em:<<http://www.autossustentavel.com/2013/08/beneficios-energia-solar-brasil.html#ixz z4PzlvwVUb>>. Acessado em: 19 nov. 2016.

BARTHEM, R. **Temas Atuais de Física: A luz**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física Sociedade Brasileira de Física, 2005. 114p.

BERNARDO, L. **Histórias da Luz e das Cores**.2.ed. Porto: UP,2009,1.v.

EQUIPE BRASIL ESCOLA. Motores de Combustão. **Monografias Brasil Escola**, Videira – SC, 1997. Disponível em: <<http://monografias.brasilecola.uol.com.br/fisica/motores-combustao.htm>>. Acessado em: 4 dez. 2016

EQUIPE XERLOQ. ANP recebeu cerca de 7.500 denúncias de adulteração de combustível em 2015. **Xerloq: Analisador de combustíveis**, 2016. Disponível em: <<http://xerloq.com.br/anp-recebeu-cerca-7-500-denuncias-adulteracao-combustivel-2015/>>. Acessado em: 4 dez. 2016

FOGAÇA, J. R. V. Adulteração da gasolina e suas consequências. **Mundo Educação**, 2016. Disponível em: <<http://mundoeducação.bol.uol.com.br/quimica/adulteracao-gasolina-suas-consequencias.htm>>. Acessado em: 4 dez. 2016

G1. Sensor avisa motorista se combustível é adulterado. **G1 – O portal de notícias da Globo**, 2009. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL1044692-9658,00 -SENSOR +AVISA+MOTORISTA+SE+COMBUSTIVEL+ E+ADULTERADO.html>>. Acessado em: 4 dez. 2016

HALLIDAY, D. **Fundamentos de Física – Óptica e Física Moderna**. 8.ed.Rio de Janeiro: LTC, 2009, 4.v.

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. Breve história de energia solar. **IST – Universidade de Lisboa**. Disponível em: <<http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>>. Acessado em: 4 dez. 2016

**INTERNATIONAL ENGINES**. Especificações técnicas – motor modelo HS 2.5 T. Impreso. 2001. 91 p.

LOPES, A; FURLANI, C. E. A; SILVA, R. P. Desenvolvimento de um protótipo para medição do consumo de combustível em tratores. **Revista Brasileira de Agroinformática**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 24-31, 2003.

LOUREIRO, E. Máquinas térmicas I. **Apresentação Power Point**, 2010. Disponível em: <[http://www.eduloureiro.com.br/index\\_arquivos/MTAula1.pdf](http://www.eduloureiro.com.br/index_arquivos/MTAula1.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2010.

MARTIN, J. **Motores de combustão interna**. Université Catholique de Louvain. UCL. TERM., 2008.

MULLER, R. Motor 2 tempos e Motor Wankel. **Ebah**, Joinville, 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAkIMAF/motor-2-tempos-motor-wankel>>. Acessado em: 4 dez. 2016

NEWTON, I. **Óptica**. Tradução de André Koch. São Paulo: EDUSP - Editora da Universidade de São Paulo, 1996. 293 p.

OBERT, E. F. **Motores de combustão interna**. Tradução de Fernando Luiz Carraro. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1971.

PORTAL CIMM. **Países emergentes 'superam pela 1ª vez' os mais ricos em investimento em energia limpa**. Disponível em:<[http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir\\_noticia/14364-paises-emergentes-superam-pela-1a-vez-os-mais-ricos-em-investimento-em-energia-limpa](http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/14364-paises-emergentes-superam-pela-1a-vez-os-mais-ricos-em-investimento-em-energia-limpa)>. Acessado em: 19 nov. 2016.

PORTAL CIMM. **Pesquisadores desenvolvem motor movido a energia solar**. Disponível em:<[http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir\\_noticia/9720-pesquisadores-desenvolvem-motor-movido-a-energia-solar](http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/9720-pesquisadores-desenvolvem-motor-movido-a-energia-solar)>. Acessado em: 19 nov. 2016.

RAHDE, S. B. **Apostila de motores de combustão interna**. PUC, sd.

SCHULZ, D. Motores a explosão: 2 tempos. **Instituto de Física – UFRGS**, Canoas – RS, 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/motores2t.htm>>. Acessado em: 4 dez. 2016

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. **Física**. Brasília: Ed Universidade de Brasília, 1973. v. 2.

SERWAY, R. A; JEWETT, J. W. **Princípios de física – Óptica e Física Moderna**. 3. ed. São Paulo: Thomson, 2004, 4 .v.

SOUZA, L. A. de. Qual polui mais: Álcool ou Gasolina?. **Mundo Educação**, 2016. Disponível em:<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/qual-polui-mais-alcool-ou-gasolina.htm>>. Acessado em: 19 nov. 2016.

WINTERLE, P. **Vetores e Geometria Analítica**. 2º Edição. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2014. 256 p.