

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCOS HENRIQUE LAZAROTTO SCHETTINI  
PAOLA BUCHHOLTZ CARVALHO

**APROVEITAMENTO DA ENERGIA MECÂNICA DOS  
EQUIPAMENTOS ERGOMÉTRICOS**

CURITIBA

2021

MARCOS HENRIQUE LAZAROTTO SCHETTINI  
PAOLA BUCHHOLTZ CARVALHO

**APROVEITAMENTO DA ENERGIA MECÂNICA DOS EQUIPAMENTOS  
ERGOMÊTRICOS**

Projeto apresentado ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis e Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dr. Christian Scapulatempo Strobel.

CURITIBA  
2021

## RESUMO

Os hábitos da sociedade se transformaram com a evolução da tecnologia, desencadeando graves problemas para o corpo e a mente do homem moderno, visto que este se tornou inativo. Isso devido à rotina agitada e à alta carga de trabalho, as quais intensificaram a busca por facilidades providas da tecnologia, como os meios de transporte, aparelhos de comunicação, e até mesmo, a procura por alimentos prontos (ou previamente temperados), etc. Conseqüentemente, o ser humano demanda cada vez mais energia para a sua sustentabilidade e seu desenvolvimento. Além disso, em prol de melhorar a qualidade de vida da sociedade, está ocorrendo um crescimento gradual do mundo *fitness*, uma vez que, as pessoas estão percebendo a importância dos exercícios físicos para à sua saúde e disposição diária. Sendo assim, visando aproveitar a energia desperdiçada por equipamentos ergométricos em academias, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um produto que capta esta energia e a transforma em uma energia útil para a sociedade. Os resultados obtidos se mostram muito satisfatórios e com grande potencial, sendo possível proporcionar boas economias aos estabelecimentos que utilizem o produto, além de possibilitar negócios paralelos por meio deste aproveitamento de energia. Por fim e mais importante, unindo saúde e bem-estar com desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Energia mecânica. Energia elétrica. Equipamentos ergométricos. Energias renováveis.

## ABSTRACT

Society's habits have changed with the technology evolution, triggering serious problems for the modern man body and mind, once he has become inactive. This is due to the hectic routine and high workload, which intensified the search for facilities provided by technology, such as transportation facilities, communication devices, and even, the search for ready (or previously seasoned) foods, etc. Consequently, human beings demand more and more energy for their sustainability and development. In addition, in order to improve life quality in society, there is a gradual growth in the fitness world, since people are realizing the importance of physical exercises for their health and daily disposition. Therefore, aiming to take advantage of the energy wasted by ergometric equipment in gyms, this work presents the development of a product that captures this energy and turns it into a useful energy for society. The results obtained are very satisfactory and have great potential, making it possible to provide good savings to establishments that use the product, as well as enabling parallel business through this use of the produced energy. Finally and most importantly, combining health and well-being with sustainable development.

Keywords: Mechanical energy. Electrical energy. Ergometric equipment. Renewable energies

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gerador elementar desenvolvido por Faraday em 1831 .....	12
Figura 2 – Curva de tensão para corrente alternada.....	12
Figura 3 – Diversos modelos de grampos disponíveis no mercado .....	14
Figura 4 - Base estrutural do protótipo.....	15
Figura 5 - Sistema de coleta de energia dos equipamentos ergométricos .....	16
Figura 6 - Sistema de transmissão acoplado ao eixo em movimento.....	17
Figura 7 - Dínamo fixado na base estrutural do protótipo .....	18
Figura 8 - Sistema de fixação do protótipo no equipamento ergométrico.....	19
Figura 9 - Primeira projeção do projeto do protótipo completo.....	19
Figura 10 - Segunda projeção do projeto do protótipo completo.....	20
Figura 11 - Protótipo físico testado em uma esteira ergométrica. ....	20
Figura 12 - Protótipo físico testado em uma esteira ergométrica. ....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações do sistema de transmissão de correia .....	16
--	----

# CONTEÚDO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>9</b>
2.1. IDEIA.....	9
2.2. PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO .....	10
2.2.1. Método de captação da energia dos equipamentos .....	10
2.2.2. Método de conversão da energia coletada .....	10
2.2.3. Método de fixação do dispositivo .....	13
2.3. VALIDAÇÃO E PROJETO DO PROTÓTIPO .....	14
2.3.1. Base estrutural .....	14
2.3.2. Sistema de coleta de energia dos equipamentos .....	15
2.3.3. Sistema de transmissão da energia.....	16
2.3.4. Dínamo (gerador) e sua fixação na base estrutural .....	17
2.3.5. Sistema de fixação do protótipo no equipamento .....	18
2.3.6. Protótipo completo.....	19
2.4. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA .....	21
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>4. CANVAS DO PROJETO .....</b>	<b>23</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>25</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Energia provém do termo grego *energeia* que tem como significado “atividade, operação e ação”. No campo técnico, a palavra está associada à “capacidade de realizar trabalho”. Com isso, na natureza existe diversas formas de energias, dentre as quais se tem: mecânica, elétrica, térmica, química, nuclear, luminosa e sonora. Sendo que cada denominação está atrelada aos conceitos relacionados para a obtenção do trabalho, como por exemplo a mecânica, ao movimento dos objetos e a elétrica, ao potencial elétrico. Ademais, estas podem ser transformadas de uma forma em outra através de inúmeros processos de conversão de energia (MOREIRA, [2018], p.2).

Por sua vez, a demanda por energia elétrica está crescente, sendo bastante requisitados nos hospitais, industriais, comércios, escolas e residências. Por sua vasta aplicação e benefícios gerados, como: manutenção dos alimentos em geladeiras ou freezers, luz, ar-condicionado, uso de equipamentos eletrônicos, entre outros. Este acréscimo está relacionado ao aumento da população e alterações climáticas. No entanto, com o avanço do desenvolvimento industrial e econômico, há uma maior preocupação com a preservação do meio ambiente, fato que desencadeou a busca por meios energéticos limpos, ou seja, menos prejudiciais a natureza (TUSHAR, B.; CHIRAG, K.; SHREEDHAR, B.; 2019).

Neste contexto, o conceito de desenvolvimento sustentável fundamenta a demanda e o uso consciente de fontes de energia sustentáveis. Visto que, é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações, ou seja, não esgota os recursos naturais para o futuro, desde que se tenha um consumo racional e zele pela preservação do meio ambiente.

Por sua vez, o avanço tecnológico e o advento dos meios de comunicação proporcionaram uma maior conectividade mundial, rapidez na comunicação, ganho de tempo, produtividade e comodidade para realizar as tarefas diárias, tanto pessoais quanto profissionais. Estes fatos tornaram a sociedade extremamente dependente da tecnologia, em decorrência da carga de trabalho, concorrência, jornadas de trabalho cada vez mais longas e status.

Devido à esta conexão intensa, realizada 24 horas por dia durante os 7 dias da semana, as pessoas perdem aos poucos a noção e qualidade do tempo familiar, seja por demanda de trabalho ou por tempo despendido nas redes sociais.

Tal dependência descontrolada e compulsiva proporciona efeitos negativos à saúde humanos, principalmente relacionados ao estresse, mau humor, angústia e até depressão, acometendo tanto crianças quanto adultos. Alguns destes são: desencadeamento de problemas psicológicos, como a síndrome do “medo de estar perdendo algo”; exagero do uso de dispositivos eletrônicos, o que aumenta o risco de miopia e de outras condições da visão; provocar ou piorar manchas escuras (melasmas) em especial no rosto, pescoço, colo e mãos, que são as partes mais expostas, devido à luz artificial emitida pelos equipamentos eletrônicos; causar dores de cabeça, zumbido ou até perda de audição devido ao uso contínuo de fones de ouvido, podendo ser danos progressivos e irreversíveis) (Notícias ao Minuto, 2020).

Além disso, a valorização excessiva do tempo aliado com a falta de desacelerar o ritmo de trabalho e da execução das tarefas diárias, aumenta as chances das pessoas se alimentarem mal, dormirem pouco e até mesmo deixarem de lado os cuidados pessoais. Conseqüentemente há malefícios para a saúde física e mental.

Por essa razão, uma alternativa para aliviar o estresse e auxiliar na melhora da qualidade de vida é a prática regular de exercícios físicos. Sendo assim, as academias são locais que visam o bem-estar da sociedade atual, visto que fornecem o espaço adequado para tal prática. Estes espaços auxiliam a maioria da população, pois normalmente, moram em prédios, com apartamentos pequenos e não possuem espaço suficiente para se exercitarem. Além disso, as academias possibilitam a interação social entre os frequentadores, visto que, o uso da tecnologia compulsivamente pode provocar ainda solidão e isolamento social.

Com base nisso e segundo os dados do The IHRSA (International Health, Racquet & Sportsclub Association) Global Report 2016, o Brasil ocupa o 2º lugar no mercado mundial em números de academias, com cerca de 34.509 unidades contra 38.477 academias nos Estados Unidos. Sendo assim, o Brasil ocupa na América Latina a 1ª posição (SENAC, 2017).

Além disso, o The IHRSA Global Report do ano de 2009 para 2016 esse mercado cresceu 127% no cenário brasileiro e 50% mundialmente. Com isso, o setor de fitness brasileiro corresponde 25,5% do mercado mundial (SEBRAE, 2017).

Por sua vez, em termos de praticantes das atividades físicas, o Brasil (9,6 milhões) ocupa a 4ª posição no cenário mundial, estando atrás dos Estados Unidos (60,8 milhões), Alemanha (10,6 milhões) e Inglaterra (9,7 milhões). Apesar disso, possui maior perspectiva de crescimento, pois apresenta *market share* de 5% contra 12 a 16% dos outros países (SEBRAE, 2017).

Paralelamente, há um aumento na consciência das pessoas na importância da prática de atividade física, já que conforme estudo realizado pelo Ministério da Saúde no período de 2009 a 2016, dados disponibilizados no Vigitel no ano de 2016, houve um acréscimo de adeptos as atividades físicas em 7,6 %. Fato atrelado, as rotinas agitadas e altas cargas de trabalhos em que os exercícios físicos podem auxiliar na redução do estresse e aumentar a disposição para realizar as tarefas cotidianas, melhorando a qualidade de vida tanto no âmbito mental quanto físico. Não só, mas também segundo o Ministério do Esporte em torno de 46% das pessoas são sedentárias e das que praticam atividade física regular somente 10% possuem auxílio de profissional (SEBRAE, 2017).

Segundo o Ranking das Capitais Brasileiras Amigas da Atividade Física realizado pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná com apoio da com apoio da revista SAÚDE É Vital (Editora Abril) em 2018, a cidade de Curitiba obteve o melhor índice das cidades que têm entre 1 e 2 milhões de habitantes e revelou que é a quarta capital mais amiga das atividades físicas no país (SAÚDE ABRIL, 2018). Desde 2014 foram inauguradas 757 empresas em Curitiba. Consequentemente, em 2014, os sedentários respondiam por 45,2% da população adulta da cidade. Em 2017, já havia caído para 42,7%, com destaque para a redução do sedentarismo e aumento das atividades físicas entre as mulheres (BEM PARANÁ, 2019).

Sendo assim, o relatório sobre a prática de esportes e atividade física de 2015 do IBGE apresenta que as modalidades esportivas de caminhada, corrida e ciclismo tomaram posições de destaque no cenário federal. Entre pessoas de 15 anos ou mais que praticam algum esporte, a caminhada lidera a lista com 49%, enquanto o ciclismo e a corrida assumem outras posições de destaque com 6,1% e 4,2%, respectivamente. (IBGE, 2020). Já, de acordo com o IHRSA, as modalidades mais populares são a caminhada e a corrida e 28% dos praticantes são frequentadores das academias (DI DOMENICO, 2019).

Tendo em vista a importância da prática de atividades físicas e os benefícios que as academias proporcionam para a sociedade, o objetivo desse trabalho é

desenvolver um dispositivo que visa aproveitar a energia mecânica produzida pelos atletas durante seus treinos nas esteiras e/ou nas bicicletas ergométricas por meio da transformação em energia elétrica. A fim de promover redução do consumo de energia elétrica das academias, aumentando a rentabilidade do negócio. Dessa maneira, economia de energia é algo significativo, pois permite outros investimentos, melhora a imagem do estabelecimento e ajuda o meio ambiente por meio da economia de seu recurso natural.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1. IDEIA**

Com o acréscimo da demanda energética e das responsabilidades diárias das pessoas, o que as torna mais estressadas e prejudica o seu bem-estar físico e mental, a Sport Move Energy, por meio deste trabalho, visa alinhar os benefícios da prática frequente de atividades físicas com o aproveitamento de energia mecânica desperdiçada em equipamentos ergométricos.

Para tal, visa-se desenvolver um dispositivo (produto) capaz de captar e transformar a energia mecânica proveniente de esteiras e bicicletas ergométricas (gerada pelo uso desses equipamentos por parte de atletas e frequentadores de academias) em uma energia elétrica útil para a sociedade. Tal princípio de captação e transformação está descrito no tópico 2.2.

Com esse dispositivo, além de aproveitar a energia desperdiçada durante a prática esportiva, visa-se ainda:

- Proporcionar uma redução de custos energéticos para os estabelecimentos que optarem por utilizá-lo. Com isso, o estabelecimento pode proporcionar, por exemplo, programas de incentivo para os seus frequentadores, negociando a quantidade de energia produzida pelo aluno por descontos na mensalidade, camisetas, vales, entre outros brindes;
- Promover o conceito de energia autossustentável;
- Disponibilizar energia aos usuários dos equipamentos ergométricos, para que possam, por exemplo, carregar o celular durante o treino;

- Promover uma experiência divertida, não só um treino comum. Com isso, os estabelecimentos podem, por exemplo, promover eventos de competição interna, disputando prêmios e benefícios entre os clientes

## 2.2. PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DO DISPOSITIVO

No projeto do dispositivo, foi escolhido um método para a captação da energia dos equipamentos ergométricos, um método para convertê-la em uma energia elétrica útil e um método para fixá-lo nos equipamentos.

### 2.2.1. Método de captação da energia dos equipamentos

Em relação à captação da energia, foi determinado que essa se daria por meio do atrito, ou seja, o produto deverá estar em contato direto com a lona da esteira ou com a roda movida da bicicleta. Esta foi a solução mais conveniente para criar-se um produto que não demande uma modificação no sistema de funcionamento original das máquinas, o que pode eventualmente trazer algum risco de segurança ao usuário.

### 2.2.2. Método de conversão da energia coletada

A conversão da energia cinética, ou energia mecânica, do produto é baseada nos princípios de funcionamento de um gerador elétrico, os quais são regidos por leis do eletromagnetismo.

Comprovadas experimentalmente em 1888 por Herz, as conhecidas Equações de Maxwell foram desenvolvidas por James Clerk Maxwell e desenvolveram as teorias eletromagnéticas matematicamente. (BARBOZA, 2017) Tais equações são definidas a partir de três leis distintas: a lei generalizada de Ampère, lei de Faraday e lei de Gauss, sendo que a última origina duas equações distintas, uma para o campo elétrico e outra para o campo magnético. (OBERZINER, 2008)

Para o entendimento básico do funcionamento de geradores, Del Toro (1999) indica que a lei de Ampère é um ponto de partida. Outra definição foi dada por

Chapman (2000), como sendo a teoria regente na produção de um campo magnético por uma corrente, e vice-versa. Sendo assim, essa lei relaciona as forças existentes em dois condutores que conduzem uma corrente com grandezas, como: densidade de fluxo magnético, intensidade do campo magnético, permeabilidade e fluxo magnético. Segundo Chapman (2000), com uma área de superfície  $A$  determinada, é possível estimar o fluxo magnético total  $\phi$ , tendo como base a intensidade de campo magnético  $H$ , dada em ampère-espira por metro, e a permeabilidade magnética  $\mu$ , mensurada em Henry por metro. Tal definição é conhecida como equação do campo magnético de Maxwell obtida da lei de Gauss, e está representada na Equação 1.

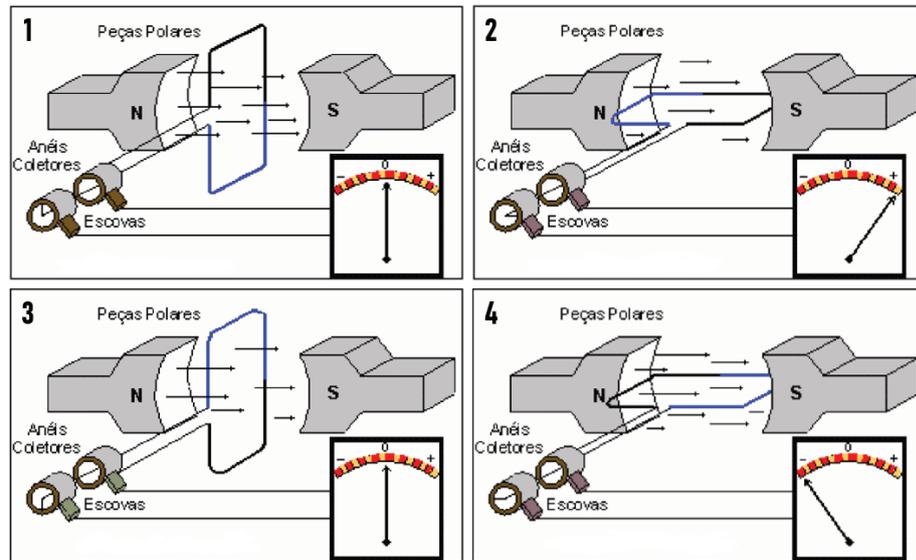
$$\phi = \oint_A H\mu \cdot dA \quad \text{Equação 1}$$

Baseados nas teorias do eletromagnetismo e principalmente na lei de Lenz, os geradores elétricos têm como finalidade transformar energia mecânica em elétrica, fruto da interação entre uma espira e um campo magnético (PINHO et al.,2008).

A lei de Lenz afirma que “quando existe indução magnética, a direção da força eletromotriz induzida é tal, que o campo magnético dela resultante tende a parar o movimento que produz a força eletromotriz” (PEREIRA, 2000).

Na Inglaterra, Michael Faraday concebeu em 1831 o chamado gerador elementar, assim como Joseph Henry nos Estados Unidos da América na mesma época. Tal gerador era constituído por uma espira condutora que girava entre os polos de um ímã, como mostra a Figura 1. Além disso, o conjunto foi ligado, por meio de anéis coletores, a um circuito externo, o qual indica a alteração na tensão do sistema (PEREIRA, 2000).

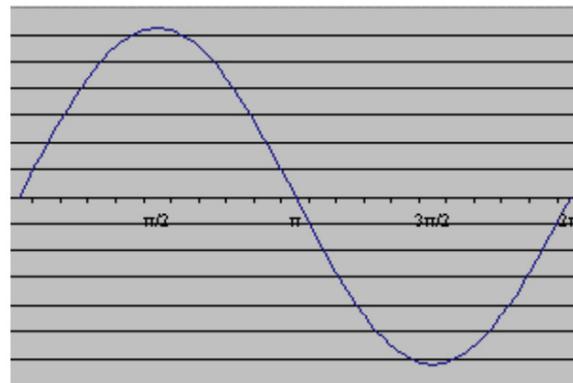
Figura 1 – Gerador elementar desenvolvido por Faraday em 1831



Fonte: PEREIRA (2000)

Sabendo que os quadros 1, 2, 3 e 4 da Figura 1 acontecem de maneira cíclica, o resultado gráfico obtido no experimento foi a curva de tensão, demonstrada na Figura 2.

Figura 2 – Curva de tensão para corrente alternada



Fonte: DEL TORO (1999)

A curva de tensão resultante do experimento traz o ângulo  $\theta$  entre os vetores de indução do campo magnético  $B$  e a velocidade linear de deslocamento  $v$  do condutor. Com isso, Faraday estabeleceu que é possível calcular valores instantâneos para a força eletromotriz (ou tensão) através da Equação 2, na qual  $L$  é o comprimento do condutor e a força eletromotriz (DEL TORO, 1999).

$$e = B.L.v.\text{sen}(\theta)$$

Equação 2

Para descobrir os valores instantâneos das propriedades do circuito, Pereira (2000) sugeriu a substituição do ângulo  $\theta$  pela multiplicação entre a velocidade angular  $w$  e o tempo  $t$ , assim como o fator  $BLv$  por  $V_p$ , sendo este o valor da tensão de pico. Estas adaptações podem ser feitas, devido à posição relativa da espira estar em função da velocidade e do tempo. Tais modificações resultam nas Equações 3, 4 e 5, as quais representam respectivamente a corrente, tensão e potência instantâneas. Sendo  $i_p$  a corrente de pico e  $\varphi$  o ângulo de fase. Já a Equação 6 representa a energia gerada para a potência instalada, estando em função do tempo de funcionamento do aparelho, representado pela variável  $\Delta t$  (PEREIRA, 2000).

$$i = i_p.\text{sen}(wt)$$

Equação 3

$$v = V_p.\text{sen}(wt + \varphi)$$

Equação 4

$$P = i.v$$

Equação 5

$$E = P.\Delta t$$

Equação 6

Para determinados fins, a energia elétrica produzida por geradores deve ser direcionada a um transformador. Estes aparelhos são constituídos de dois enrolamentos e um núcleo, responsável por interligá-los magneticamente. Isto é, são equipamentos estáticos que transferem energia entre os seus enrolamentos, provocando a variação dos valores de tensão e corrente, assim como mantendo constante os valores de potência e frequência (XAVIER, 2009).

### 2.2.3. Método de fixação do dispositivo

O método de fixação do dispositivo é semelhante ao princípio de funcionamento da ferramenta popularmente conhecida como grampo, ilustrada na Figura 3.

Figura 3 – Diversos modelos de grampos disponíveis no mercado



Fonte: SPIELMAN (1986)

Os grampos são utilizados em diversas áreas, como carpintarias, mecânicas, estúdios de artes, medicinal, entre outros. Trata-se de um dispositivo de prensa que fixa, firma ou protege objetos de forma rígida, impossibilitando a movimentação dos mesmos durante o trabalho (SPIELMAN, 1986).

### 2.3. VALIDAÇÃO E PROJETO DO PROTÓTIPO

Para validar a ideia proposta, o protótipo foi desenvolvido com uma estrutura mais simples possível e com itens de fácil acesso no mercado. Todos os componentes estão listados e seus detalhes apresentados nas subseções seguintes.

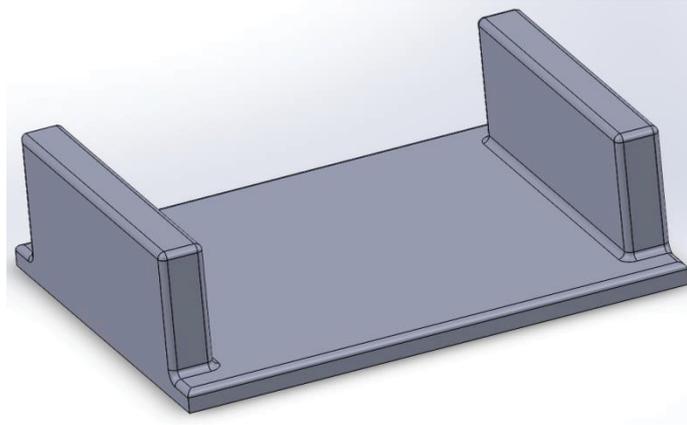
#### 2.3.1. Base estrutural

Para o desenvolvimento da base estrutural do protótipo, foi optado pela utilização da madeira tipo pinus, uma vez que esta possui propriedades físicas mais do que satisfatórias para o funcionamento do mesmo.

A Figura 4 mostra o projeto da base estrutural, na qual será acoplado o sistema de fixação do protótipo e sustentará as demais estruturas responsáveis pela

coleta e pela transformação da energia. Sendo assim, a base possui uma largura de 18 centímetros, comprimento de 23 centímetros e uma altura aproximada de 6,7 centímetros.

Figura 4 - Base estrutural do protótipo



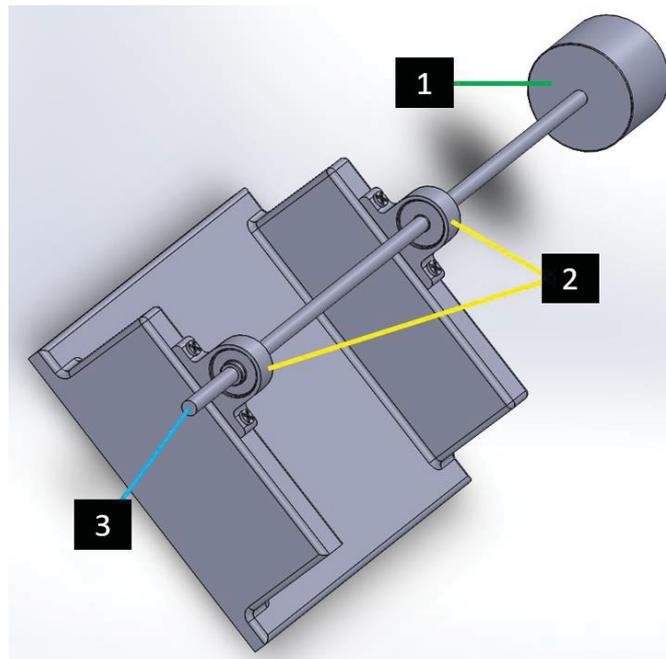
Fonte: Os autores (2020)

### 2.3.2. Sistema de coleta de energia dos equipamentos

O segundo passo no desenvolvimento do protótipo trata-se do sistema que será responsável por coletar a energia dos equipamentos ergométricos. Tal sistema é composto com um cilindro de nylon envolto de borracha (diâmetro de 56,40 milímetros e comprimento de 39,90 milímetros), um eixo de aço (diâmetro de 8 milímetros e comprimento de 49,31 centímetros) e dois mancais fixos para eixos de diâmetro igual a 8 milímetros).

A Figura 5 mostra tal estrutura, na qual o número 1 indica o cilindro que deve estar em contato físico com a lona da esteira ou com a roda movida da bicicleta. Os números 2 e 3 indicam, respectivamente, o eixo que está fixado junto ao cilindro e os mancais que sustentam o eixo, também permitindo sua rotação.

Figura 5 - Sistema de coleta de energia dos equipamentos ergométricos



Fonte: Os autores (2020)

### 2.3.3. Sistema de transmissão da energia

O sistema de transmissão da energia cinética do eixo em movimento é composto por um sistema de transmissão de correias com uma relação de aproximadamente 5:1. Mais especificações das polias e da correia estão listadas na Tabela 1.

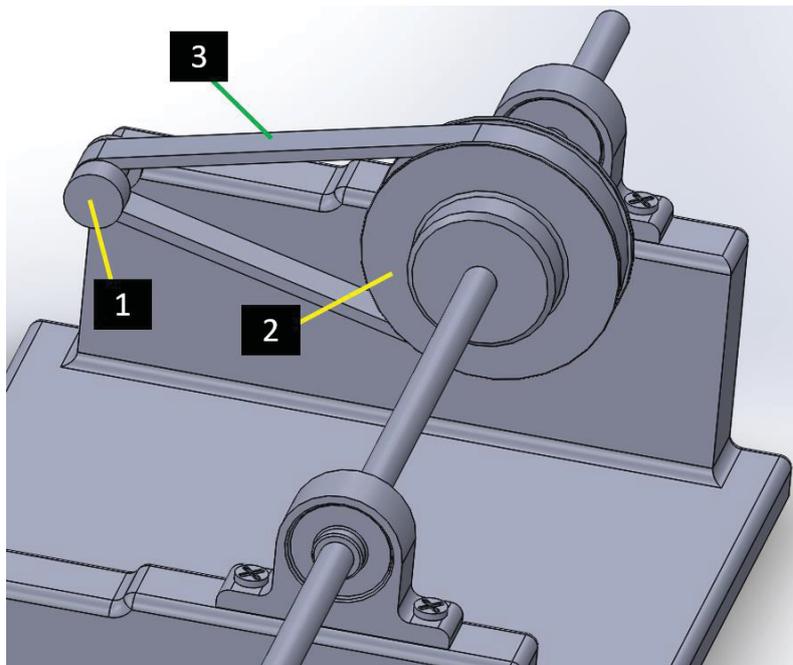
Tabela 1 - Especificações do sistema de transmissão de correia

ESPECIFICAÇÕES	POLIA 1	POLIA 2	CORREIA
Modelo	HTD-3M	HTD-3M	HTD-3M
Dentes	12	60	100
Diâmetro	14 mm	61 mm	-
Largura do canal	11 mm	11 mm	-
Furo Central	5 mm; 6 mm; 6.35 mm	8 mm	-
Material	Alumínio	Alumínio	Borracha
Passo	3 mm	3 mm	3 mm
Fixação	2 x parafusos M4	2 x parafusos M5	-
Comprimento	-	-	300 mm
Largura	-	-	10 mm

Fonte: Os autores (2020)

A Figura 6 mostra o sistema de transmissão já fixado ao eixo de rotação, cuja polia 2 (maior diâmetro) é posicionada e fixada junto ao eixo movido e a polia 1 (diâmetro menor) ligada à mesma por uma correia de borracha, indicada pelo número 3.

Figura 6 - Sistema de transmissão acoplado ao eixo em movimento



Fonte: Os autores (2020)

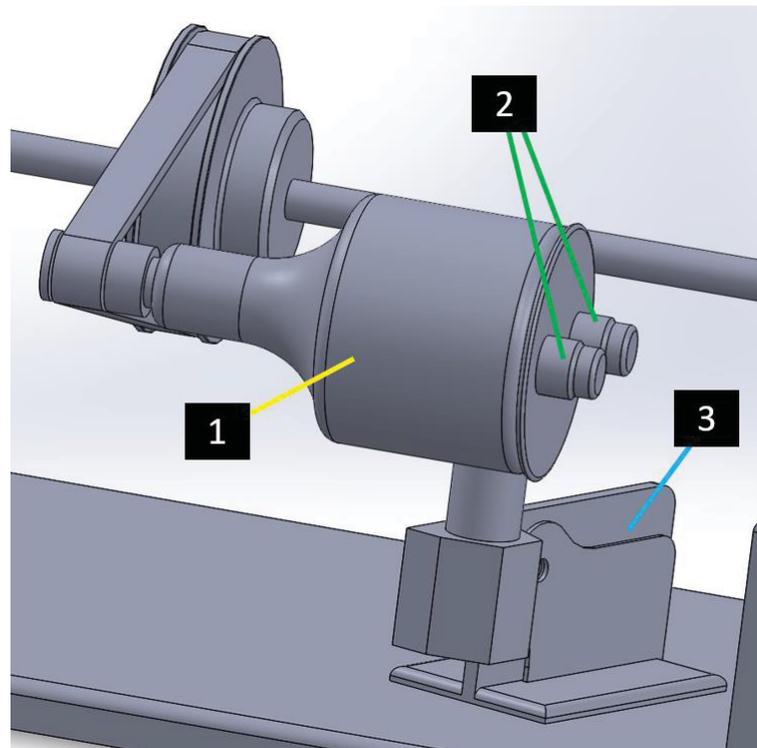
#### 2.3.4. Dínamo (gerador) e sua fixação na base estrutural

Para a conversão da energia transmitida à polia menor, optou-se pela utilização de um dínamo, comumente usados para a sinalização de bicicletas em períodos noturnos. Este dínamo gera 6 W de potência e, também pode ser denominado de gerador do protótipo, uma vez que converte a energia cinética em elétrica por meio dos princípios do eletromagnetismo apresentados anteriormente.

A Figura 7 mostra o dínamo já fixado na base estrutural do protótipo. O número 1 indica a estrutura do dínamo, a qual está fixada à polia menor do sistema de transmissão e contém uma bobina e mais de um eletroímã em seu interior, elementos estes que compõem o gerador elementar desenvolvido por Faraday. Por sua vez, o número 2 sinaliza os dois polos de saída do dínamo, os quais totalizam uma potência de 6 W. Por fim, o número 3 indica a fixação do dínamo na base estrutural, a qual é

feita por meio de uma peça de aço em formato de “T” invertido (Altura: 36 mm; Comprimento: 53,33 mm; Largura: 37,32 mm), sendo esta parafusada e posteriormente fixada à base do dínamo.

Figura 7 - Dínamo fixado na base estrutural do protótipo

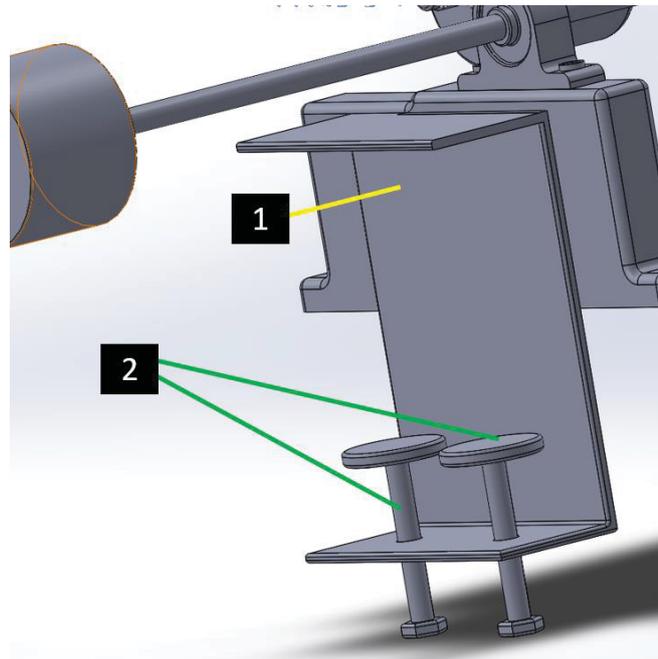


Fonte: Os autores (2020)

#### 2.3.5. Sistema de fixação do protótipo no equipamento

Por fim, para que o protótipo seja fixado nos equipamentos ergométricos, foi projetado um sistema semelhante às ferramentas conhecidas como grampos. Tal projeto está representado na Figura 8, onde o número 1 mostra uma chapa de aço em formato de “C” espelhado (Altura: 13 cm; Comprimento: 10,5 cm; Largura: 4,5 cm), pela qual o protótipo foi posicionado no equipamento ergométrico. Após este posicionamento, ele deve ser preso por meio das peças sinalizadas pelo número 2, as quais são rosqueadas e pressionam a superfície do equipamento.

Figura 8 - Sistema de fixação do protótipo no equipamento ergométrico.

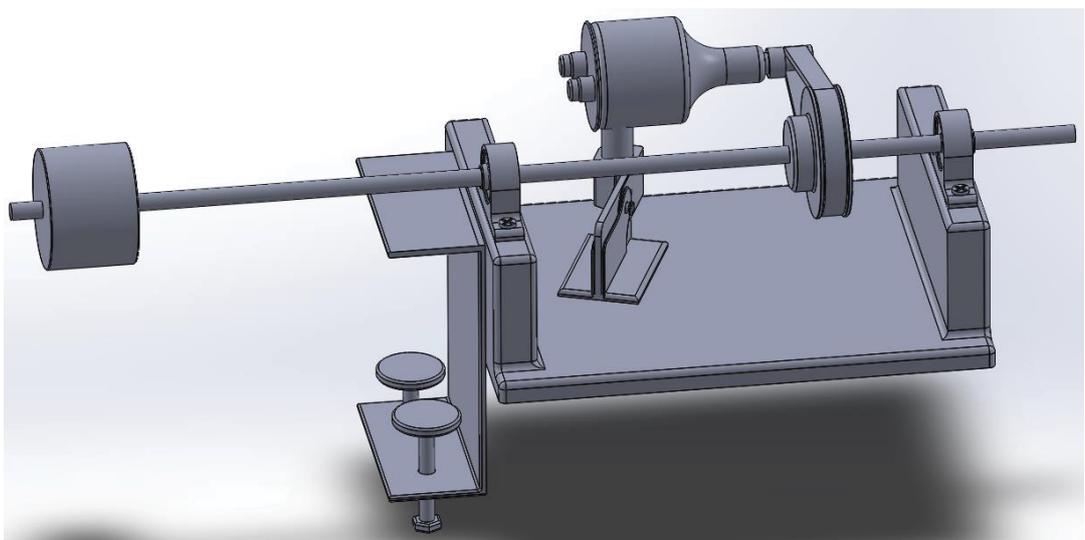


Fonte: Os autores (2020)

### 2.3.6. Protótipo completo

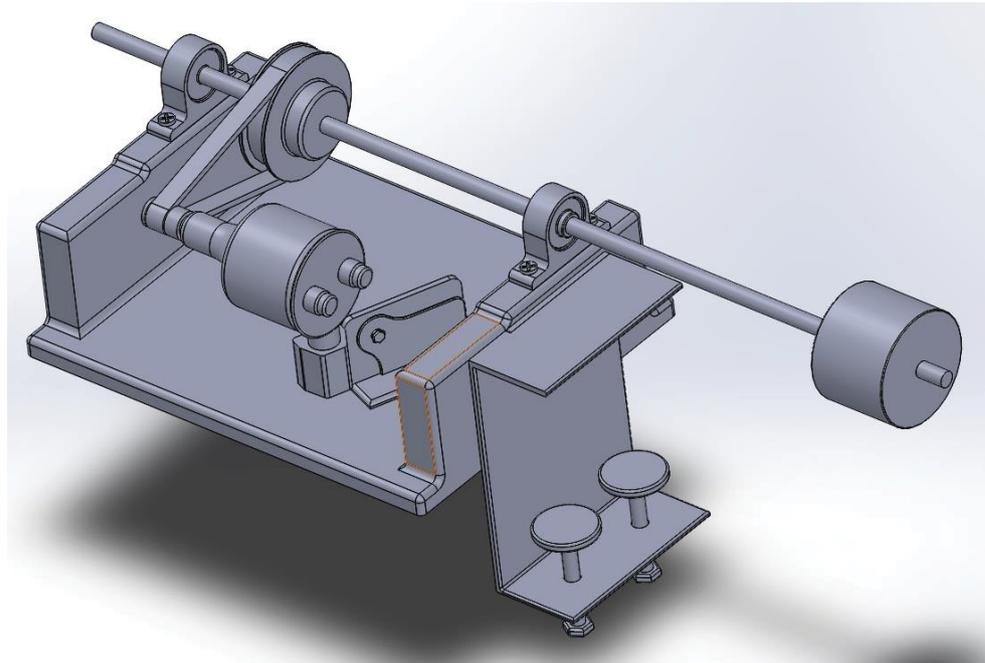
As Figuras 9 e 10 apresentam algumas projeções do projeto final do protótipo.

Figura 9 - Primeira projeção do projeto do protótipo completo.



Fonte: Os autores (2020)

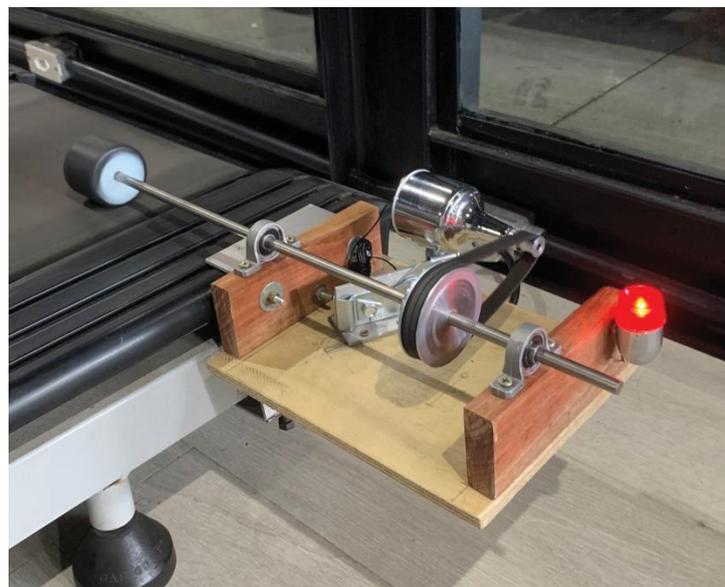
Figura 10 - Segunda projeção do projeto do protótipo completo.



Fonte: Os autores (2020)

Junto ao projeto feito em desenho, desenvolveu-se o protótipo real e físico. O qual está mostrado funcionando na Figura 11. Neste caso, ele foi testado em uma esteira ergométrica de uma academia de pequeno porte em Curitiba, Paraná, Brasil. Como complemento, foi ligada uma lâmpada à uma das saídas do dínamo para sinalizar a energia elétrica final produzida.

Figura 11 - Protótipo físico testado em uma esteira ergométrica.



Fonte: Os autores (2020)

## 2.4. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Visando uma análise econômica do dispositivo desenvolvido foi calculado e analisado o *payback* simples, uma vez que é considerado simples, de fácil aplicação e mostra, com boa confiabilidade, o tempo em que o investimento terá liquidez (AMORIM, 2020).

O termo *payback* significa “retorno” em português e é um indicador econômico utilizado para determinar o período no qual investimento será pago, passando a dar lucro para a empresa, podendo ser simples ou descontado. O simples não considera o valor do dinheiro no tempo, ao passo que o descontado é mais complexo, uma vez que usa os valores descontados para o presente por meio da taxa de juros. Normalmente, é calculado a partir da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), a qual pode ser a taxa de juros básica do mercado ou outro indicador que represente a rentabilidade mínima esperada, podendo assim, aumentar o tempo de retorno quando comparado ao simples (CAPITAL RESEARCH, 2020).

Ademais, este período de retorno pode ser a curto, médio ou longo prazo. Sendo assim, conforme o resultado, pode-se adiar, cancelar ou continuar com o andamento do atual projeto ou ainda alterá-lo, a fim de enquadrá-lo conforme as necessidades e condições da instituição financeira (AMORIM, 2020).

Não só, mas também esse indicador deve ser vinculado a outros, tais como: ROI (Retorno sobre o investimento); VPL (Valor presente líquido) e TIR (Taxa interna de retorno), com o intuito de complementar a análise financeira. Outro ponto importante é o real fluxo de caixa da empresa, já que este é a base para o cálculo do retorno do investimento. No entanto, este apresenta certas desvantagens, como valorizar de forma diferente os fluxos de caixa recebidos em períodos diferentes, não sendo recomendado para projetos de longa duração, uma vez que não são considerados os fluxos de caixa produzidos depois do ano de recuperação (AMORIM, 2020).

Para se determinar o *payback*, primeiramente, deve se levantar todos os custos relacionados ao investimento, sejam eles equipamentos, ferramentas, mão de obra, despesas administrativas e operacionais, imóvel e entre outros. A Equação 7 apresenta o cálculo do *payback* simples (CAPITAL RESEARCH, 2020).

$$PB = \frac{II}{RF}$$

Equação 7

Onde: *PB* é o *payback*, *II* é o investimento inicial e *RF* é o resultado médio do fluxo de caixa

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pela análise do protótipo desenvolvido mostram que este gera uma energia total de 25,54 kW.h por ano, o que é suficiente para alimentar por aproximadamente uma hora, todos os dias, uma lâmpada LED de 240 centímetros e 72 W de potência. Além disso, essa energia pode ser destinada à inúmeros fins, inclusive possibilitando promoções baseadas na quantidade de energia produzida pelo cliente do estabelecimento.

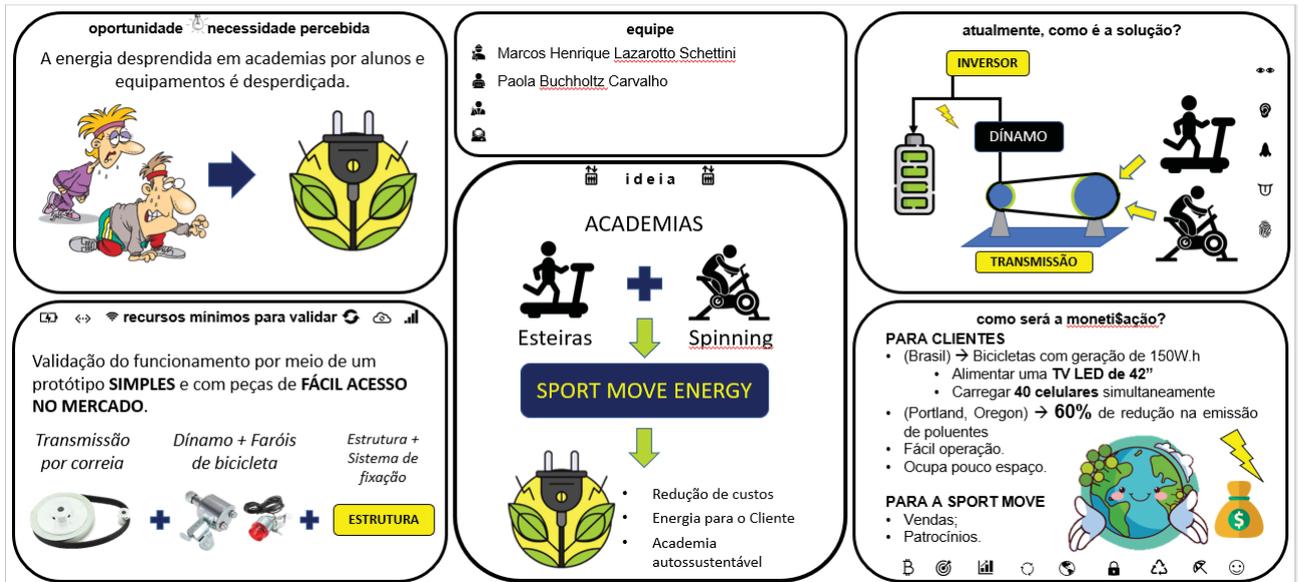
Uma vez que o protótipo físico foi desenvolvido com peças já disponíveis no mercado, é possível alterá-las para que este tenha uma maior eficiência. Dentre estas alterações estão: modificações na estrutura do dínamo (melhorar o enrolamento da bobina, aumentar o número de polos, melhorar a qualidade dos eletroímãs e fio de enrolamento); modificações no sistema de coleta da energia (a fim de diminuir o atrito e aferir um desempenho maior ao mesmo) e modificações nas propriedades da estrutura do produto. Desenvolvendo uma maior eficiência do produto, abrem-se possibilidades para novas oportunidades de aproveitamento da energia elétrica produzida.

A Sport Move Energy projeta duas fontes principais de receita para este produto, sendo elas a venda direta do mesmo para academias e estúdios fitness de pequeno, médio e grande porte, e por meio de patrocínios e parcerias com empresas do ramo fitness, saúde e energias renováveis. Considerando um investimento inicial de R\$180.000,00 e todos os custos anuais envolvidos, como de produção, despesas administrativas e impostos, o *payback* do negócio é de aproximadamente 4 anos e 9 meses. Apesar de parecer um *payback* relativamente longo, este pode ser reduzido consideravelmente se adicionados valores oriundos de patrocinadores e parceiros.

## 4. CANVAS DO PROJETO

Com base no que foi descrito anteriormente, a Figura 12 apresenta o canvas do processo, no qual é disposto de forma sucinta os pontos principais que regem o desenvolvimento do produto.

Figura 12 - Protótipo físico testado em uma esteira ergométrica.



Fonte: Os autores (2020)

## 5. CONCLUSÃO

Tendo em vista o protótipo desenvolvido é possível afirmar que apresenta grande viabilidade e aplicabilidade. Uma vez que, propõe soluções relevantes para problemas da sociedade. Isto é, tem o propósito de aproveitar a energia que é desperdiçada, e conseqüentemente, auxilia na redução do consumo dos recursos naturais para a transformação de energia elétrica.

Outro ponto importante, é que se torna mais um incentivo para as pessoas buscarem praticar exercícios físicos. Isso traz benefícios para sua própria saúde e bem-estar, zelando também pelo ambiente em que vivem.

Por esta razão pode-se considerar que este protótipo foi desenvolvido de forma sustentável, pois além de buscar dispositivos que sejam de fácil acesso e corretos ecologicamente, este foi desenvolvido visando a preservação de recursos naturais, desenvolvendo soluções que amenizem o consumo desenfreado dos mesmos.

Este trabalho pode ser evoluído futuramente, podendo serem feitas melhorias que sejam capazes de proporcionar uma maior quantidade de energia elétrica, além de estudar a utilização de componentes alternativos e mais sustentáveis, dentre outros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, J. **Payback: como resolver uma ansiedade comum a todo empreendedor.** 2020. Disponível em: <<https://klickpages.com.br/blog/payback/>>. Acesso em 03. Nov. 2020.
- BARBOZA, Guilherme Martins. **Desenvolvimento de protótipo de uma bicicleta geradora de energia elétrica.** Orientador: Prof. Dr. Fabio L. Tomm. 2017. 138 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Energia) - Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2017.
- BEM PARANÁ. **Mesmo em meio à crise, mercado fitness segue em alta no Paraná.** 2019. Disponível em: <<https://www.bemparana.com.br/noticia/mesmo-em-meio-a-crise-mercado-fitness-segue-em-alta-no-parana#.XysOcihKjIV>>. Acesso em 05 ago 2020
- CAPITAL RESEARCH. **Payback simples: o que é e como calcular.** 2020. Disponível em: <<https://www.capitalresearch.com.br/blog/investimentos/payback-simples/>>. Acesso em: 03. Nov. 2020.
- CHAPMAN S.J., 2000, **Máquinas Elétricas**, 3 ed., McGraw-Hill, Inc., Colômbia.
- DEL TORO, V. **Fundamentos de máquinas elétricas.** Rio de Janeiro: LTC, 1999
- DI DOMENICO, Márcia. **Onda fitness movimentada US\$2 bi no Brasil e só cresce.** Revista Abril - VOCÊ S/A. Disponível em: <<https://vocesa.abril.com.br/mercado-vagas/onda-fitness-movimentada-us2-bi-no-brasil-e-so-cresce-veja-como-aproveitar/>>. 2019. Acesso em 05 ago 2020
- IBGE. **Panorama cidade Curitiba.** 2020. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama>>. Acesso em 05 ago 2020
- MOREIRA, José Roberto Simões. Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética: Energia e Panorama Energético. In: **ENERGIAS Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.** Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora, [2018]. cap. Formas de energia, p. 2-6. ISBN 975-85-216-3025-8.
- NOTÍCIAS AO MUNDO. **6 Problemas que a tecnologia causa no corpo e na mente.** Disponível em: <https://www.noticiasao minuto.com.br/lifestyle/741006/6-problemas-que-a-tecnologia-causa-no-corpo-e-na-mente>. Acesso em 26 out 2020
- OBERZINER, Ana Paula Bertoldi. **As Equações de Maxwell e Aplicações.** Orientador: Dr. Mauricio Valencia Ferreira da Luz. 2008. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- PEREIRA, José Claudio . **Apostila Técnica sobre Grupos Geradores.** 2000
- PINHO, Luis Carlos Almeida. **Materiais Ferromagnéticos e suas Aplicações.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2009.
- SAÚDE ABRIL. **Relatório do Ranking das Capitais Brasileiras Amigas da Atividade Física.** 2018. Disponível em: <<https://saude.abril.com.br/fitness/relatorio-do-ranking-das-capitais-brasileiras-amigas-da-atividade-fisica/>>. Acesso em 05 ago 2020

SEBRAE. **Relatório de inteligência Fitness**. Agosto.2017.

SENAC. **Pesquisa aponta aumento no número de academias no país**. 2017. Disponível em: < [http://www.sp.senac.br/jsp/default.jsp?tab=00002&newsID=a 21 201 .htm&sub T](http://www.sp.senac.br/jsp/default.jsp?tab=00002&newsID=a%2021%201.htm&subT)>. Acesso em: 04. Ago. 2020

SINGER, P. **Introdução à economia solidária**. 3ª ed. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2002.

SPIELMAN, Patrick. **Gluing and Clamping: A Woodworker's Handbook**. Sterling Publishing. ISBN 0-8069-6274-7, 1986.

TUSHAR, B; CHIRAG, K; SHREEDHAR, B. Hybride cycle for gym purpose. **IJRAR**, v. 6, n 1. 2019.

SAMPAIO, C. A. C.; ALVES, F. K.; FALK, V. C. V. Arranjo socioprodutivo de base comunitária: Interconectando o turismo comunitário com redes de Comércio justo. **Turismo Visão e Ação**, v. 10, n 2. p. 244-262, 2008.

XAVIER, João Francisco Veremzuk. **Transformadores: Definições dos Transformadores. 2009. 90 f. Apostila técnica (Curso Técnico em Eletromecânica)** - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Araranguá, 2009.