

# ENGENHARIAS:

## BENEFÍCIOS PARA A INDÚSTRIA

## E PARA A SOCIEDADE

Amanda Fernandes Pereira da Silva  
(Organizadora)

# ENGENHARIAS:

## BENEFÍCIOS PARA A INDÚSTRIA

## E PARA A SOCIEDADE

Amanda Fernandes Pereira da Silva  
(Organizadora)

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Engenharias: benefícios para a indústria e para a sociedade

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Amanda Fernandes Pereira da Silva

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: benefícios para a indústria e para a sociedade / Organizadora Amanda Fernandes Pereira da Silva. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0343-2

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.432222806>

1. Engenharia. 2. Indústria. 3. Sociedade. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizadora). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

Um paradigma que expande seu domínio de conceitos teóricos para aplicações no mundo real, é o campo das Engenharias. É capaz de incorporar muitos conceitos tecnológicos em diferentes setores. Juntamente com a pesquisa e a busca por inovações frente ao serviço da indústria, possibilita a existência de uma transição de serviços que contemplem uma indústria mais sustentável, centrado na sociedade e resiliência.

Nesse contexto, o intuito da obra “Engenharias: Benefícios para a indústria e para a sociedade” foi de colaborar com pesquisas que abordem a inovação aprimorada para a indústria e o ser humano afim de impulsionar e corroborar ideias de pesquisa que se utilizem da sustentabilidade como estratégia principal. Em todos os trabalhos fornecidos compreende-se a busca por alternativas viáveis e sustentáveis com relação à medicamentos, energias alternativas e menos poluentes, otimização no uso de máquinas e consumos de energia, reutilização de resíduos e áreas correlacionadas.

A necessidade de mudanças tem sido reconhecida pela indústria há bastante tempo e é motivada devido aos potenciais impactos ambientais, altos investimentos nas tecnologias de fabricação de materiais e, conseqüentemente, agravamento de desigualdades de impacto social. Desta maneira, é importante a disseminação de pesquisas que englobem aspectos ecológicos e sociais, que tenham como foco a economia atrelada aos benefícios e oportunidades sociais que resultem em sustentabilidade.

Em face ao exposto, esta obra abrange estudos práticos da área de engenharia realizados por pesquisadores do país que enfatizam essencialmente indústria-engenharia de sucesso para construir um meio mais sustentável adequado ao contexto real.

Amanda Fernandes Pereira da Silva

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **APPLICATION OF THE SIX SIGMA METHODOLOGY FOR THE LONGEVITY OF BON TOOLS IN TAB BOND MACHINES**

José Heriberto Simental Vázquez

Sergio Escobedo Soto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4322228061>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **UMA PROPOSTA PARA SE AGREGAR VALOR ENERGÉTICO A RESÍDUOS SÓLIDOS DE QUALQUER TIPO DE MADEIRA**

Sérgio Renato da Silva Soares

Marcelo Mendes Vieira

Karolina Fernandes

Robson Leal da Silva

Luana Góes Soares da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4322228062>

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **BANCADA DE GERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO O PRINCÍPIO INVERSO DA ROSCA DE ARQUIMEDES**

Carolina Bruski Gonçalves

Paulo Marcos Flores

Rodrigo José Maslonek

Eliara Marin Piazza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4322228063>

### **CAPÍTULO 4..... 40**

#### **A MINERAÇÃO E O USO DOS MINERAIS EM ELEMENTOS DO COTIDIANO: MEDICAMENTOS**

Rafaela Baldi Fernandes

Alan Henrique Carneiro Brito

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4322228064>

### **CAPÍTULO 5..... 47**

#### **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA CAL COMO ADIÇÃO EM ARGAMASSAS CONVENCIONAIS**

Amanda Fernandes Pereira da Silva

Alefen Silva de Sousa

Halisson Diogo de Moura Leal

João Bráz Araújo Neto

Marcos Alécio Campos da Silva

Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4322228065>

### **SOBRE A ORGANIZADORA..... 60**

**ÍNDICE REMISSIVO.....61**

## BANCADA DE GERAÇÃO DE ENERGIA UTILIZANDO O PRINCÍPIO INVERSO DA ROSCA DE ARQUIMEDES

*Data de aceite: 01/06/2022*

**Carolina Bruski Gonçalves**

<http://lattes.cnpq.br/2245995794231479>

**Paulo Marcos Flores**

<http://lattes.cnpq.br/6652519716191722>

**Rodrigo José Maslonek**

<http://lattes.cnpq.br/1376404904043519>

**Eliara Marin Piazza**

<http://lattes.cnpq.br/6413677446320447>

**RESUMO:** A energia elétrica foi o impulsionador do desenvolvimento da industrialização e é fundamental para a atual expansão de setores. Essa energia pode ser oriunda de diferentes fontes, variando a sua capacidade de renovação ou não, pode-se citar como fontes de energia não renováveis aquelas originárias do petróleo, carvão natural e gás natural. Enquanto, dentre as fontes de energia renováveis, tem-se a hídrica, eólica, solar, entre outras. Este assunto é de relevância que seja abordado na formação inicial dos engenheiros, na busca de alternativas. Nesse sentido, este artigo apresenta um estudo de caso desenvolvido no ano de 2021, onde foi estudado sobre a execução de uma geração de energia, considerando características reais do Rio Santa Bárbara, localizado na cidade de Santo Ângelo, no estado do Rio Grande do Sul. O objetivo de encontrar uma geração viável para tais condições e, desenvolve um protótipo de baixo custo que sirva como bancada de estudos foi atingido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Renovável. Geração de Energia. Engenharia Mecânica. Engenharia Elétrica. Ensino Superior.

**ABSTRACT:** Electric energy was the driving force behind the development of industrialization and is fundamental for the current expansion of sectors. This energy can come from different sources, varying its renewal capacity or not, one can cite as non-renewable energy sources those originating from oil, natural coal and natural gas. While, among the renewable energy sources, there are hydro, wind, solar, among others. This matter is relevant to be addressed in the initial training of engineers, in the search for alternatives. In this sense, this article presents a case study developed in the year 2021, where it was studied about the execution of a power generation, considering real characteristics of the Santa Bárbara River, located in the city of Santo Ângelo, in the state of Rio Grande do Sul. The objective of finding a viable generation for such conditions and developing a low-cost prototype that serves as a study bench was achieved.

**KEYWORDS:** Renewable energy. Power generation. Mechanical Engineering. Electrical engineering. University education.

### INTRODUÇÃO

Em prol da sustentabilidade ambiental há uma preocupação em alavancar a utilização de energias renováveis, o que torna a geração de energia um objeto de estudo importante e que tem conquistado espaço nos cursos

de engenharia. Estes estudos podem ser desde o cunho científico, buscando novas possibilidades e melhorias, assim como da apresentação lúdica do docente às turmas para fins de aprendizagem. Ambos casos requerem materiais e equipamentos de estudo, de forma a atingir a compreensão e a abstração dos estudantes.

É de conhecimento que equipamentos para estudos podem apresentar um valor de investimento significativo, o que por vezes significa a não aquisição por parte da instituição de ensino. Contudo, dispor de ferramentas e equipamentos educacionais para proporcionar a melhor formação profissional dos acadêmicos é parte fundamental de uma instituição de ensino superior.

O problema que motivou esta pesquisa consiste em apresentar uma ideia viável para a reativação de uma unidade geradora em escala compatível com a estrutura da antiga central geradora de energia, a qual encontra-se nas dependências da Faculdade Santo Ângelo, com o recurso hídrico do rio Santa Bárbara. Com isso, o objetivo é apresentar um protótipo de uma CGH que possa ser utilizado para fins educacionais nas aulas dos cursos de engenharia da Faculdade Santo Ângelo (FASA), bem como servir de base para estudos futuros para implantação em escala real.

Para o dimensionamento da CGH, optou-se por trabalhar com o recurso hídrico, por ser renovável e possibilitar o desenvolvimento de um protótipo de fácil compreensão. Para tal, é utilizado o princípio da rosca de Arquimedes, aplicável na transferência de líquidos de um local mais baixo a um mais alto.

O documento apresenta na sequência uma discussão sobre os trabalhos científicos utilizados como embasamento desta pesquisa. Apresentação da metodologia utilizada. Relatos do desdobramento e evidências da pesquisa. Análise dos resultados obtidos, e por fim, as considerações finais.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Com o crescimento exponencial industrial e residencial no Brasil na última década, tem aumentado a sensibilização em prol das causas ambientais, assim como a busca por alternativas com baixo impacto ambiental. O desafio é encontrar o equilíbrio entre o baixo impacto ambiental e o desenvolvimento econômico, sem que isso atravesse o avanço dos diversos setores. Um importante e essencial pilar para o crescimento industrial e econômico é a energia elétrica, cuja geração causa polêmica quando discutido o viés da questão ambiental.

O sistema de energia elétrica tem um processo característico geral, iniciando pela geração, seguindo da transmissão, distribuição e consumo. Considerando a evolução do pensamento em prol da preservação ambiental, o aspecto da geração dessa energia. A maior forma de geração de energia hoje é a centralizada (GC), ou seja, grandes centrais responsáveis pela produção de uma alta demanda de energia. No Brasil, são mais

presentes usinas hidrelétricas ou termoeletricas, por serem robustas, demandam uma extensa e custosa linha de transmissão, o que agregado a outros fatores, encarece o valor para o consumidor final.

Nesse sentido, está em expansão a implementação da geração distribuída (GD), regulamentada e autorizada desde 2012 pela Resolução Normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012). A GD é caracterizada por sistemas que ficam próximos à unidade consumidora, ou ainda, no mesmo local. Após essa resolução da ANEEL houve um exponencial crescimento de instalações de GD, assim como de pesquisas na área, com foco em determinadas fontes de energia.

Associar essa geração a uma fonte renovável de energia é uma potencial saída para a redução dos impactos ambientais da geração de energia. Fontes de energia renováveis são aquelas consideradas inesgotáveis e limpas, ou seja, emitem menos gases de efeito estufa quando comparadas às fontes fósseis (OLIVEIRA, *et. al*, 2021). Assim como expande a instalação de GD, tem havido um acréscimo nas pesquisas sobre essas fontes de geração, tais como as fontes de energia de solar, eólica ou hidráulica (CASTRO, *et. al*, 2020; IMAI, *et. al*, 2020; SAMPAIO & BATISTA, 2021; KRELL & SOUZA, 2020).

A energia solar fotovoltaica, utilizando a incidência solar, é a principal fonte de GD hoje, o que se justifica pelos incentivos governamentais à aquisição do sistema (NARUTO, 2017). A energia eólica é gerada pela força do vento, o que pode resultar em uma geração sazonal, assim como não é viável a todos os lugares (OLIVEIRA, *et.al*, 2021). A energia hidráulica, também conhecida como energia hídrica, se dá por meio da força potencial da água.

Por meio destas e outras fontes de energia, pode-se implementar uma geração distribuída de energia, a qual possui categorias, podendo ser micro, mini ou pequena, e são regulamentadas pelos devidos órgãos. A microgeração de energia é definida por um central geradora de energia elétrica, que utiliza energia renovável, como por exemplo, energia fotovoltaica, com potência menor ou igual a 75 kw, seguindo a regulamentação 482 da ANEEL, criada em 2012 que permitiu a criação de sistemas de Geração Distribuída local, ou seja, em residências, condomínios, comércios ou indústrias. Como havia várias intervenções no sistema que atrapalhavam o crescimento dessa forma de gerar energia, em 2015 foi implementada a normativa RN 687 que aprimorou o sistema. Com novas regras definidas, ficou determinado que toda instalação geradora de energia até 75kw é denominada microgeração, caso ultrapassasse seria classificado como minigeração (ANEEL, 482/2012).

A minigeração possibilita que produza sua própria energia através de forma renováveis, painéis solares, turbinas eólicas, geradores de biomassa entre outros. A partir disso o sistema de energia não deve ultrapassar os limites impostos pela norma 482 da ANEEL, de que para fontes hídricas a potência de geração deve ser maior de 75 kw e menor ou igual 3.000 kw e para fontes renováveis 75 kw à 5.000 kw.

A pequena central hidrelétrica (PCH) é considerada uma miniusina onde sua capacidade é superior a 1 MW e inferior a 30 MW conforme a normativa N° 875 de 2020, onde também foi atualizada a capacidade máxima de reservatório passando de 3km<sup>2</sup> para 13 km<sup>2</sup>. As PCHs são instaladas em rios de pequeno e médio porte hídrico, onde encontram-se relevantes desníveis no percurso, assim gerando potência hidráulica suficiente para o funcionamento da miniusina. Como as PCHs têm o funcionamento sobre o flúmen, não há possibilidade de controle do reservatório, assim, em épocas de estiagem há uma queda nos níveis de geração de energia elétrica e em épocas onde o volume transborda o esperado, as instalações podem ficar submersas. Tendo em vista isto, o custo da produção de energia elétrica através de uma pequena central hidrelétrica é, proporcionalmente, maior do que uma usina hidrelétrica de grande porte (ANEEL, 875/2020).

Além destes conceitos, uma categoria bastante recente ainda não regulamentada, devido à baixa quantidade de energia gerada, vem como proposta para melhorias a muitos lugares de difícil acesso. Segundo Lyons e Lubitz (2013), os geradores de parafuso de Arquimedes (GPA) estão começando a ser amplamente adotado em locais hídricos de baixa queda na Europa, devido à alta eficiência (superior a 80% em algumas instalações), competitivos custos e baixo impacto ambiental. Comparado a outras tecnologias, este sistema de geração de energia apresenta maior potencial em locais de baixa queda (menos de cerca de 5 m).

O parafuso de Arquimedes é considerado uma das primeiras máquinas hidráulicas, dotado de uma matriz helicoidal de lâminas simples que são enroladas em torno de um cilindro central, como um parafuso para madeira (SIMMONS, 2017). Este parafuso é apoiado em uma calha fixa circundante. Há um pequeno espaço entre a calha e o parafuso que permite que o parafuso gire livremente enquanto permite que apenas uma pequena quantidade de água escoe pelas bordas da lâmina. Acredita-se que o parafuso de Arquimedes foi inventado por Arquimedes de Siracusa (por volta de 287-212 aC), o físico, matemático e inventor grego (KOETSIER, 2004). No entanto, há evidências que sugerem a invenção e o uso da tecnologia de repescagem podem remontar a mais de três séculos antes de Arquimedes sob o reinado do rei Senaqueribe (704-681 aC) no século 7 aC no Império Assírio (DALLEY, 2003).

No projeto estuda-se adaptação desse parafuso para geração de energia elétrica através da energia gerado pelo volume da água que passa pela rosca criando uma diferença de pressão hidrostática através da gravidade, assim gerando o movimento na lâmina helicoidal (MULLER e SENIOR, 2009). O protótipo terá como base o efeito de vazamento entre as lacunas, o parafuso e a calha, sendo que a eficiência de um parafuso é teoricamente independente da velocidade de rotação.

## METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia utilizada tem caráter exploratório, visando a familiarização com o problema através de uma revisão em pressupostos teóricos e pesquisa de campo. Para a realização da pesquisa bibliográfica considerou-se como referência principalmente documentos que expressam a legislação vigente a nível federal e estadual. Além de literaturas clássicas específicas e publicações em periódicos que sejam correlatas.

A segunda etapa foi o desenvolvimento do projeto, inicialmente em 2D, seguindo para a representação 3D do projeto. Etapa que serve como subsídio para a verificação da possibilidade de implementação, assim como montagem do mecanismo atuante e posteriormente a simulação.

Na etapa seguinte executou-se a construção do protótipo. Nessa etapa, utilizou-se diretamente das anteriores, pois deve-se seguir dimensões e ângulos já especificados, dessa forma o mecanismo terá a precisão mínima necessária. Acerca do valor investido para a execução do protótipo estão relacionados no Quadro 1.

LISTA DE MATERIAIS		
NOME	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO
Cap Soldável PVC 60 mm	02	R\$ 14,00
Cap Soldável PVC 20 mm	02	R\$ 1,80
Luva Soldável PVC 20 mm	03	R\$ 1,20
Luva Soldável PVC 60 mm	01	R\$ 15,00
Válvula soldável PVC 25 mm	01	R\$ 26,39
Adaptador com Flange para Caixa D'Água Soldável PVC 25 mm	02	R\$ 18,80
Bucha de Redução PVC Soldável de 600x25 mm	01	R\$ 9,50
Perfil Tubo De Aço Metalon 20x20x6000mm	01	R\$ 39,93
Pote Plástico Retangular 5,5 litros	02	R\$ 11,95
<b>Voltímetro Digital com Amperímetro</b>	01	R\$ 39,81
Barra Rosqueada Zinco 1 Metro UNC 1/4	01	R\$ 7,33
<b>Porca Sextavada ¼"</b>	14	R\$ 0,30
<b>Tubo PVC 25 mm</b>	1 metro	R\$ 0,00
<b>Mangueira Plástica Corrugada 20 mm</b>	1 metro	R\$ 0,00
<b>Motor Impressora HP 12 v</b>	01	R\$ 0,00
<b>Adesivo Instantâneo 100g</b>	01	R\$ 16, 93
	TOTAL	R\$ 174,06

Quadro 1: Valores dos materiais utilizados.

Fonte: Autores, 2021.

E, por fim, realizou-se a análise dos resultados, onde foram comparados com os

estipulados, e em caso de divergência, o projeto necessitará de ajustes.

## DESDOBRAMENTOS E EVIDÊNCIAS DA PESQUISA

O problema de pesquisa e a ideia para a construção do protótipo iniciou-se a partir de uma visita a MCH existente na FASA. No local, observou-se que consta intacta apenas parte da edificação do muro de contenção. Após a visita, verificou-se que o modelo de MCH utilizando rosca helicoidal é uma alternativa viável para implantação futura. Assim, traçou-se um desenho em 3D, no *software SketchUp*, com um modelo aproximado ao que pode ser instalado futuramente, conforme Figura 1, visando o aproveitamento do muro existente.



Figura 1: Modelo de MCH FASA.

Fonte: Autores, 2021.



Figura 2: Modelo Protótipo MCH.

Fonte: Autores, 2021.

Com base no modelo, optou-se em desenvolver um protótipo, com dimensões reduzidas e com materiais de baixo custo, que apresente as mesmas características da MCH. Assim, desenvolveu-se o desenho da ideia inicial, também no *software SketchUp*, conforme Figura 2, para posterior construção do protótipo.

Para fabricação da rosca helicoidal, inicialmente, optou-se pela utilização de um tubo de policloreto de vinila, mais conhecido como pvc, de 100 mm de diâmetro. Porém, durante a aquisição dos componentes, percebeu-se que a bomba selecionada para o projeto tem a capacidade de bombeamento de apenas 8 litros de água por minuto, algo que é insuficiente para realimentação e funcionamento constante do sistema com essas dimensões. Como solução, optou-se pela redução do diâmetro do tubo de escoamento para 60 mm.

Outras condições definidas nesta fase, foram o passo da rosca helicoidal, o material de fabricação e o número de entradas da rosca. Inicialmente, optou-se em utilizar um passo de 120 mm entre filetes, em uma rosca com duas entradas. Como o objetivo consistia na utilização de materiais leves e de fácil fabricação, optou-se por chapas de alumínio de 0,7 mm de espessura para fabricação das aletas, fixadas em tubo de pvc de 20 mm por meio

de rebites, também de alumínio. Após, foi realizada a vedação de possíveis orifícios que possibilitasse a passagem indesejada de água utilizando um adesivo composto por silicone.

Para o desenvolvimento das hélices, tomou-se como base o que cita Sacramento (2003), em seu trabalho referente aos cálculos para dimensionamento de rosca helicoidal. Assim, o cálculo foi desenvolvido com base em um passo de 120 mm, diâmetro interno de 20 mm e diâmetro externo 53,5 mm, obtendo-se assim que cada aleta deveria ter um diâmetro externo de 97,40 mm e diâmetro interno de 63,9 mm, conforme Figura 6.

Em testes preliminares de funcionamento, verificou-se que a rosca desenvolvida não apresentava o desempenho requerido. Então, optou-se por modificar o passo da rosca para 50 mm e alterar o material de fabricação das hélices, utilizando-se uma borracha de silicone, com espessura de 3 mm, conforme Figura 3.



Figura 3: Rosca Helicoidal.

Fonte: Autores, 2021.

Ao testar o novo modelo desenvolvido, verificou-se que também não apresentava o resultado desejado em relação à rotação da rosca helicoidal. Assim, optou-se por utilizar um rolamento de menor diâmetro, sendo que o utilizado era com diâmetro externo com 32 mm e diâmetro interno com 20 mm. O novo rolamento, cujo diâmetro externo é de 19 mm e diâmetro interno de 6 mm, necessitou a utilização de um eixo central com menor diâmetro, mas possibilitou que o mecanismo funcionasse satisfatoriamente.

A partir da definição do mecanismo de rotação, desenvolveu-se o projeto e fabricação das peças restantes para o funcionamento do sistema. A Figura 4 apresenta a ilustração do

projeto completo em 3D.

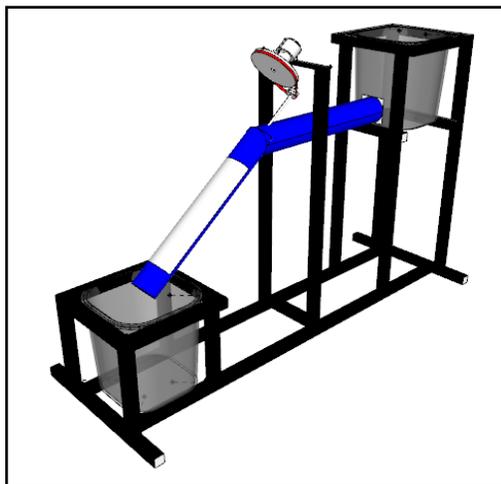


Figura 4: Projeto 3D do protótipo.

Fonte: Autores, 2021.

As dimensões a serem utilizadas para construção do protótipo estão expressas na Figura 5, e as especificações em detalhes no Quadro 2.

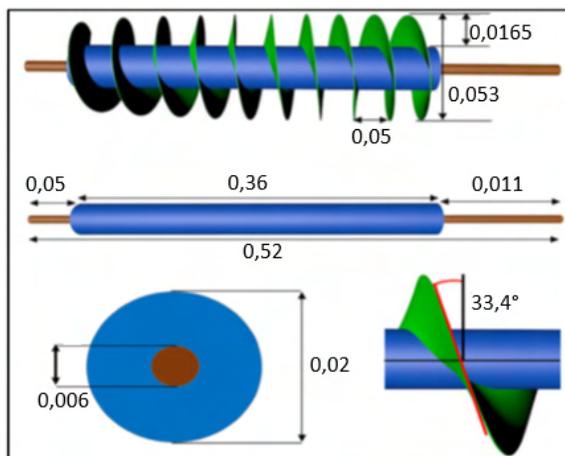


Figura 5: Dimensões utilizadas.

Fonte: Autores, 2021.

Parâmetros	Valor
Diâmetro da turbina	0,053 m
Raio da turbina	0,0265 m
Espessura da lâmina do parafuso	0.003 m
Passo da lâmina do parafuso	0,05 m
Altura da lâmina do parafuso	0,0165 m
Quantidade de lâminas do parafuso	02
Quantidade de voltas do parafuso	07
Ângulo da lâmina do parafuso	43,4°
Diâmetro do eixo principal	0,006 m
Diâmetro do eixo externo	0,02 m
Comprimento do eixo principal	0,52 m
Comprimento do eixo externo	0,036 m

Quadro 2: Especificações de Turbina.

Fonte: Autores, 2021.

Assim, após o detalhamento do projeto, realizou-se a fabricação do protótipo, conforme Figura 6, para posteriores testes e análise de resultados.



Figura 6: Protótipo.

Fonte: Autores, 2021.

## RESULTADOS E DISCUÇÕES

No primeiro instante, buscou-se entender o funcionamento do sistema de bombeamento através do princípio inverso utilizado por Arquimedes. Assim, segundo Spaans Babcock (2021), o desempenho real de uma bomba helicoidal depende de vários parâmetros, todos relacionados entre si. A seleção da combinação certa desses

parâmetros é, portanto, uma tarefa essencial, mas especializada, pois será decisiva para o desempenho e a vida útil da bomba.

Através da análise referencial foi possível entender o conceito de centrais hidrelétricas, perceber que trabalhos anteriores desenvolveram seus protótipos para posterior obtenção de alguns parâmetros fundamentais para o funcionamento, e ainda ter base teórica para a fabricação dos componentes. O planejamento para o desenvolvimento do modelo teve em consideração os parâmetros apresentados no Quadro 3.

SISTEMA DE PLANEJAMENTO DA MCH	
Valor do parâmetro	
Volume do reservatório	5,5 litros
Altura da cabeça	0,219m
Comprimento da turbina	0,34 m
Diâmetro da turbina	0,053m
Tubo de diâmetro	0,055m
Comprimento do tubo	0,036m

Quadro 3: Especificações da Turbina.

Fonte: Autores, 2021.

A análise de dados nesta pesquisa foi através de dados quantitativos. Cada dado quantitativo desta pesquisa foi obtido através de teste, onde realizou-se cinco vezes as medições de cada parâmetro para obter um resultado preciso com a variação do ângulo de inclinação da cabeça da turbina helicoidal. De cinco testes, os resultados obtidos correspondem a uma média dos testes.

A definição do grau de inclinação da calha de escoamento, foi determinada com o conhecimento da faixa vertical (y) e da faixa horizontal (x) e determinada com uma equação calculada a partir de .

Da obtenção dos ângulos, obtiveram-se os valores do Quadro 4, com o ângulo  $\alpha$  que representa uma variação com alturas de mudança correspondentes com a queda de água na hélice a partir da posição do ângulo da cabeça da turbina de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ .

Graus	Medida eixo y (m)	Medida eixo x (m)
0	0,000	0,340
10	0,059	0,335
15	0,088	0,328
20	0,116	0,319
25	0,144	0,308
30	0,170	0,294
35	0,195	0,279
40	0,219	0,260
45	0,240	0,240
50	0,260	0,219
55	0,279	0,195
60	0,294	0,170
70	0,319	0,116
80	0,335	0,059
90	0,340	0,000

Quadro 4: Ângulos obtidos.

Fonte: Autores, 2021.

O cálculo da energia hidráulica gerada é obtido a partir do fluxo de água de algumas alturas. A partir disso, a energia hidráulica pode ser calculada através da energia hídrica resultante do fluxo de água pela turbina, pela seguinte equação:

$$P = \rho.Q.h.g$$

Onde,  $P$  é a potência hidráulica (Watt),  $\rho$  é a densidade do fluido (kg/m),  $Q$  é a vazão (m/s),  $g$  é a gravidade (m/s) e  $H$  é a altura da queda d'água (m).

Inicialmente, determinou-se o volume de água estável para que o resultado da medição não seja alterado. A capacidade de água utilizada é de 5,5 litros e o tempo necessário para o enchimento é de 15,4 segundos.

$$Q = \frac{5,5}{15,4} = 0,357l/s$$

Para obtermos a potência hidráulica ou a potência que resultou da água de algumas alturas calculadas a partir do ângulo 10°, porque de um ângulo 0° não tem alturas, foi realizado o cálculo a partir da equação:

$$P = \rho.Q.h.g = 1000 * 0.000357 * 0.059 * 9.81 = 0,202 \text{ Watt}$$

No Quadro 5, estão apresentados os ângulos com respectivas alturas e a potência resultante.

Ângulo	Altura	Força Hidráulica (Potência)
0	0,000	0
10	0,059	0,202715146
15	0,088	0,302142765
20	0,116	0,399270895
25	0,144	0,493360333
30	0,170	0,583695
35	0,195	0,669587396
40	0,219	0,750383828
45	0,240	0,825469385
50	0,260	0,894272622
55	0,279	0,956269905
60	0,294	1,010989396
70	0,319	1,096987769
80	0,335	1,149654723
90	0,340	1,16739

Quadro 5: Ângulos com altura e potência resultante.

Fonte: Autores, 2021.

Em análise do Quadro 4, verifica-se que conforme aumenta o ângulo de inclinação, aumenta também a potência teórica do sistema. Porém, para definição do ângulo de inclinação utilizado na construção do protótipo, levou-se em consideração a análise nos resultados do Quadro 6.

Ângulo	Rotação Livre (RPM)	Rotação Acoplada (RPM)
0	0	0
10	104	8
15	120	24
20	148	50
25	160	52
30	165	54
35	167	56
40	172	64
45	168	56
50	155	54
55	153	53
60	146	50
70	143	43

80	102	0
90	95	0

Quadro 6: Ângulos com Rotação Livre e Acoplada.

Fonte: Autores, 2021.

No Quadro 6, evidencia-se que se o ângulo de inclinação da turbina for menor do que 40°, então em algumas situações a velocidade de rotação da turbina diminui, e vice-versa, o ângulo de inclinação da turbina maior do que 40°, o fluxo d'água diminui, reduzindo assim o empuxo para girar a turbina. Assim, conforme verificado, a maior eficiência pode ser obtida com um ângulo de 40°.

Sabendo que o torque é uma magnitude que declara quanta força está trabalhando no objeto, causando sua rotação, pode-se calcular o torque do sistema através da equação abaixo:

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}} = \frac{0,75}{2\pi \frac{64}{60}} = 0,11Nm$$

Onde  $T$  é o torque (Nm),  $P$  é a potência (kW) e  $N$  é a velocidade (rpm). Com os dados definidos, o protótipo obteve o funcionamento desejado, proporcionando a geração de uma tensão de 0,5 volts, conforme Figura 7, por meio da rotação de um motor de corrente contínua reciclado de uma impressora da marca HP. Destaca-se que o valor da tensão gerada é irrelevante, pois o resultado esperado para pesquisa consiste no perfeito funcionamento do protótipo.



Figura 7: Display com a tensão.

Fonte: Autores, 2021.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por tratar-se de um sistema mecânico com certo grau de dificuldade, o trabalho exigiu da equipe a busca por conhecimento e estudos em diversas áreas das engenharias. Aproximado com aquilo que os futuros egressos de engenharia irão defrontar-se em vivências no mercado de trabalho, sendo de grande valia para a formação da identidade profissional da engenharia.

Em relação aos resultados obtidos, salienta-se que inicialmente não foi atingido o objetivo desejado devido a escolhas de alguns materiais e dimensões dos componentes. Todavia, esses resultados são esperados em qualquer tipo de protótipo o qual deseje-se construir, e esses contratempos servem para fortalecer ainda mais o conhecimento e induzir a busca pelo objetivo desejado.

Após a busca por encontrar o que estava causando o não funcionamento, alterou-se o diâmetro e formato da rosca, atingindo então o funcionamento esperado do protótipo. Dessa forma, acredita-se que os objetivos propostos foram atingidos, uma vez que serviu como aprendizagem dos acadêmicos e, o protótipo em bom funcionamento poderá ser utilizado com fins didáticos em outros momentos.

## REFERÊNCIAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, 2012. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em 03 de abril de 2021.

CASTRO, Marcelo Stehling de; BELCHIOR, Fernando Nunes; OLIVEIRA, Gustavo Dias de; SANTOS, Josephy Dias; PIRES, Sanderley Ramos. Análise do Impacto da Geração Fotovoltaica na Universidade Federal de Goiás. In: *Brazilian Applied Science Review*. v. 4, n. 5, p. 3023-3042, Set./Out., 2020.

DALLEY, S.; OLESON, J.P. Sennacherib, Archimedes, and the Water Screw: The Context of Invention in the Ancient The Context of Invention in the Ancient World. *Technol. Cult.* 2003, 44, 1–26.

IMAI, Hugo Eiji; BÓRIO, Lucas Farinha; JUNIOR, Adriano Aparecido da Silva; BERTO, Lilian Keylla; YAMAGUCHI, Natália Ueda; REZENDE, Luciana Cristina Soto Herek. Simulação computacional como ferramenta de otimização na geração de energia solar fotovoltaica. In: *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, vol.12, p. 1-19, Jul. 2020.

KOETSIR, T.; BLAUWENDRAAT, H. The Archimedean Screw-Pump: A Note on Its Invention and the Development of the Theory. In *International Symposium on History of Machines and Mechanisms*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2004; pp. 181–194.

KRELL, Andreas Joachim; SOUZA, Carolina Barros De Castro e. A Sustentabilidade Da Matriz Energética Brasileira: O Marco Regulatório Das Energias Renováveis E O Princípio Do Desenvolvimento Sustentável. In: *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*. Curitiba, vol. 11 n. 2, p.157-188, Maio/Agosto, 2020.

LYONS, M., e LUBITZ, W. D. (2013). *Archimedes Screws for Microhydro Power Generation*. ASME 2013 7th International Conference on Energy Sustainability. doi:10.1115/es2013-18067

MULLER, G., e SENIOR, J. (2009). Simplified theory of Archimedean screws. *Journal of Hydraulic Research*, 47(5), 666–669. doi:10.3826/jhr.2009.

NARUTO, Denise Tieko. Trabalho de Conclusão de Curso. Vantagens E Desvantagens Da Geração Distribuída E Estudo De Caso De Um Sistema Solar Fotovoltaico Conectado À Rede Elétrica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Janeiro, 2017.

OLIVEIRA, Alzira Marques de; MARIO, Maurício Conceição; PACHECO, Marcos Tadeu Tavares. Fontes renováveis de energia elétrica: evolução da oferta de energia fotovoltaica no Brasil até 2050. In: *Brazilian Applied Science Review*. Curitiba, v. 5, n. 1, p. 257-277, Jan., 2021.

SAMPAIO, Keila Regina Alves; BATISTA, Valmir. O atual cenário da produção de energia eólica no Brasil: Uma revisão de literatura. In: *Research, Society and Development*, v. 10, n.1, 2021.

SIMMONS, S.; LUBITZ, W. Archimedes screw generators for sustainable energy development. In *Proceedings of the 2017 IEEE Canada International Humanitarian Technology Conference (IHTC)*, Toronto, ON, Canadá, 21–22 July 2017; pp. 144–148.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água 27, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 37, 41, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 57, 58, 59

Ambiental 16, 25, 26, 28

### B

Baixo custo 25, 30

Biomassa 13, 14, 15, 16, 23, 24, 27

Bond tool 1, 2, 3, 4, 6, 9

Briquete 16, 20, 21, 22, 23

### C

Cálcio 41, 42, 43, 49, 50

Carbono 14, 15, 16, 17, 23

Cause-effect diagram 2

Compactos de madeira 13

### D

Densidade energética 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 23

Design of experiments 1, 6, 7, 10

Doença 41

### E

Energia 14, 15, 24, 25, 26, 27, 28, 35, 38, 39, 49

Energia renovável 25, 27

Engenharia 13, 17, 25, 26, 38, 59, 60

Engenharia Mecânica 13, 17, 25

Ensino superior 25, 26

### F

Fármaco 41

Ferro 41, 42, 46

### G

Geração de energia 14, 25, 26, 27, 28, 38

## **M**

Machines 1, 2, 3, 4, 5, 10, 38

Madeira 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 23, 24, 28

Magnésio 41, 44, 46, 50

Medicamentos 40, 41, 42, 46

Minerais 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 49

## **P**

Potássio 41, 44, 45, 46

Power 3, 5, 6, 7, 9, 10, 25, 38

Pressão de compactação 13

Propriedades energéticas 13, 15, 22, 23

Protótipo 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 36, 37, 38

Pull test 1, 3, 4, 8, 9

## **R**

Resíduo 13, 15, 20

Resíduos sólidos de qualquer madeira 13

Rosca de arquimedes 25

## **S**

Six sigma 1, 10, 11, 12

Sólidos carbonáceos 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

Strength 5, 24, 47

## **T**

Temperature 1, 6, 7, 8, 9, 10, 24

Tools 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10

Tratamento 41, 42, 43, 45, 46

## **U**

Ultrasound solder 1

## **Z**

Zinco 29, 41, 43, 46

# ENGENHARIAS:

## BENEFÍCIOS PARA A INDÚSTRIA

## E PARA A SOCIEDADE

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ENGENHARIAS:

## BENEFÍCIOS PARA A INDÚSTRIA

## E PARA A SOCIEDADE

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)