

## **TURBINA VORTEX NOS RIOS DE GUARAPUAVA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA E RENOVÁVEL: ESTUDO TEÓRICO APLICADO A DISCIPLINA DE MÁQUINA DE FLUXO**

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4333

Braz Barizza Junior - brazbarizza@alunos.utfpr.edu.br  
UTFPR GP

Gabriel Elias Abud Arioli - gaarioli@gmail.com  
UTFPR GP

Joao Victor De Oliveira Buongermينو - joaobuongermينو@gmail.com  
UTFPR GP

Karine Antunes Kozak - karineantuneskozak@hotmail.com  
UTFPR GP

Rodrigo Hohl Mendes - rodrigohohl@alunos.utfpr.edu.br  
UTFPR GP

Raquel da Cunha Ribeiro da Silva - raqueld@utfpr.edu.br  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**Resumo:** *Este resumo aborda a análise de viabilidade da instalação de turbinas de vórtex nos rios de Guarapuava, Paraná, com o objetivo de atender às demandas de energia local sem causar grande impacto ambiental. A utilização de turbinas de vórtex oferece a vantagem de gerar energia limpa e renovável em um espaço reduzido, em comparação às grandes usinas hidroelétricas. Além disso, não é necessário desviar completamente o curso dos rios, preservando as cachoeiras, que são atrações turísticas da região. No âmbito acadêmico, na disciplina de Máquinas de Fluxo do curso de Engenharia Mecânica, adotou-se uma abordagem inovadora, na qual os alunos realizaram um estudo teórico aplicado sobre o uso de turbinas de vórtex, aprofundando seus conhecimentos teóricos e analisando os aspectos técnicos, ambientais e do projeto das turbinas. Essa abordagem promoveu uma experiência prática de aprendizagem, estimulando o pensamento crítico e a busca por soluções sustentáveis na área da engenharia mecânica.*

"ABENGE 50 ANOS: DESAFIOS DE ENSINO, PESQUISA E  
EXTENSÃO NA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA"

18 a 20 de setembro  
Rio de Janeiro-RJ



2023

51º Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia  
VI Simpósio Internacional de Educação em Engenharia

**Palavras-chave:** Geração de energia, Turbinas Vortex, Viabilidade,  
Sustentabilidade, metodologias ativas

Realização:



Organização:



# TURBINA VORTEX NOS RIOS DE GUARAPUAVA PARA GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA E RENOVÁVEL: ESTUDO TEÓRICO APLICADO A DISCIPLINA DE MÁQUINA DE FLUXO.

## 1 INTRODUÇÃO

Uma das formas de geração de energia hidrelétrica é através de turbinas de vórtices, onde a energia é gerada através de vórtices formados pela água. O vórtice de água produz um fluxo espiral que auxilia na rotação da turbina [2].

As Turbinas Vortex possuem como sua principal vantagem a geração de energia limpa, onde as mesmas podem utilizar um espaço menor em relação às grandes instalações de barragens em usinas hidroelétricas, diminuindo assim o seu custo final e também possíveis impactos ambientais [3].

Apesar da participação crescente de outras fontes na geração de energia elétrica, a hidroeletricidade continua sendo muito importante na expansão do setor elétrico brasileiro. Somando-se a potência nominal dos empreendimentos em construção e daqueles apenas outorgados (construção não iniciada até setembro de 2003), verifica-se que a energia hidráulica poderá adicionar ao sistema elétrico nacional cerca de 13.213 MW, nos próximos anos [5]. Com isso, vemos um grande potencial no setor deste estudo.

Esse estudo tem como objetivo realizar uma análise de viabilidade da instalação de turbinas de vórtice nos rios da cidade de Guarapuava - Paraná. O foco principal é atender as demandas de energia para moradores próximos sem que haja grande impacto ambiental, preservando assim os peixes e outros animais. Além disso, como não é necessário desviar totalmente o curso do rio, não afetaria as cachoeiras que são pontos turísticos da cidade. Na disciplina de Máquinas de Fluxo do curso de Engenharia Mecânica da UTFPR-GP, adotou-se uma abordagem inovadora de aprendizagem, na qual os alunos realizaram um estudo teórico aplicado sobre a utilização da turbina vórtice nos rios de Guarapuava para geração de energia limpa e renovável. Essa abordagem permitiu aos alunos aprofundar seus conhecimentos teóricos sobre máquinas de fluxo, aplicando-os em um contexto real e relevante. Ao investigar a viabilidade e os aspectos técnicos envolvidos nessa tecnologia, os alunos foram desafiados a analisar as características do fluxo de água, o projeto da turbina e os impactos ambientais, enriquecendo sua compreensão da disciplina. Além de proporcionar uma experiência prática de aprendizagem, essa abordagem também estimulou o pensamento crítico e a busca por soluções sustentáveis na área da engenharia mecânica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Energia Hidráulica

O artigo "Energia Hidráulica" tem como objetivo apresentar o potencial e a importância da energia hidráulica na matriz energética mundial, bem como discutir os principais aspectos técnicos, econômicos e ambientais relacionados à geração de energia hidrelétrica [5].

Inicialmente, o texto apresenta uma breve revisão histórica sobre a utilização da energia hidráulica para a geração de energia elétrica, destacando sua evolução ao longo do tempo e seu papel fundamental na matriz energética mundial. Em seguida, são abordados os principais aspectos técnicos envolvidos na geração de energia hidrelétrica, tais como o funcionamento das usinas hidrelétricas, os tipos de turbinas e geradores utilizados, e os principais componentes das usinas hidrelétricas [5].

O artigo também aborda os aspectos econômicos relacionados à geração de energia hidráulica, tais como o custo de construção e manutenção das usinas hidrelétricas, os preços de mercado da energia hidrelétrica, e a importância da energia hidráulica na geração de empregos e no desenvolvimento regional [5].

Por fim, o texto discute os aspectos ambientais relacionados à geração de energia hidráulica, destacando os impactos ambientais positivos e negativos da construção de usinas hidrelétricas, bem como as principais estratégias adotadas para minimizar esses impactos, como a construção de reservatórios de regularização e a adoção de medidas de conservação e mitigação ambiental [5].

Ao apresentar uma ampla revisão teórica sobre a geração de energia hidráulica, o artigo contribui para uma melhor compreensão da importância e das potencialidades desse tipo de energia na matriz energética, bem como para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes para a geração de energia elétrica de forma sustentável [5].

### 2.1.1 Potencial hidráulico nacional

Para obter dados referentes ao potencial energético brasileiro devemos somar as parcelas estimadas com a parcela inventariada.

O artigo "Energia Hidráulica" trouxe uma tabela referente a essa soma [5]:

TABELA 4.1 Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica – situação em março de 2003							
Bacia	Código	Estimado		Inventariado		Total (MW)	
		(MW)	% em relação ao total	(MW)	% em relação ao total	(MW)	% em relação ao total
Bacia do Rio Amazonas	1	64.164,49	78,8	40.883,07	23,0	105.047,56	40,6
Bacia do Rio Tocantins	2	2.018,80	2,5	24.620,65	13,9	26.639,45	10,3
Bacia do Atlântico Norte/Nordeste	3	1.070,50	1,3	2.127,85	1,2	3.198,35	1,2
Bacia do Rio São Francisco	4	1.917,28	2,4	24.299,84	13,7	26.217,12	10,1
Bacia do Atlântico Leste	5	1.779,20	2,2	12.759,81	7,2	14.539,01	5,6
Bacia do Rio Paraná	6	7.119,29	8,7	53.783,42	30,3	60.902,71	23,5
Bacia do Rio Uruguai	7	1.151,70	1,4	11.664,16	6,6	12.815,86	5,0
Bacia do Atlântico Sudeste	8	2.169,16	2,7	7.296,77	4,1	9.465,93	3,7
<b>Total</b>	-	<b>81.390,42</b>	<b>100</b>	<b>177.435,57</b>	<b>100</b>	<b>258.825,99</b>	<b>100</b>

Fonte: CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS – ELETROBRAS. Sistema de informação do potencial hidrelétrico brasileiro – SIPOT. Rio de Janeiro, abr. 2003.

Com base na análise desta tabela, pode-se ver que, em 2003, tinha-se na Bacia do Rio Paraná - que contempla a região alvo do estudo- o maior potencial inventariado do Brasil.

### 2.2 Turbina de vortex

A turbina vortex é um tipo de turbina hidráulica que utiliza o efeito de vórtice gerado pelo escoamento de água para gerar energia elétrica. Diferente das turbinas convencionais, que dependem de um fluxo constante e uniforme de água para funcionar, a turbina vortex

pode operar em locais onde o fluxo de água é variável ou instável, tornando-a uma opção atraente para a geração de energia em áreas remotas ou rurais [1].

Sua estrutura é composta por um rotor com lâminas curvas que gera um vórtice no fluxo de água e o direciona para um gerador de energia elétrica. O vórtice é formado pela curvatura das lâminas do rotor, que criam uma zona de baixa pressão na parte inferior do rotor, fazendo com que a água circule em torno do eixo da turbina. O movimento circular da água gera forças tangenciais que aceleram o rotor e, conseqüentemente, o gerador de energia [1].

Pode ser usada em várias aplicações, desde pequenas instalações hidrelétricas até sistemas de irrigação em áreas rurais. Devido à sua capacidade de operar em locais com fluxo de água variável, a turbina vortex pode ser usada para aproveitar o potencial hidrelétrico de rios e córregos que não seriam viáveis para a instalação de turbinas convencionais. Além disso, a turbina é de baixo custo e fácil de instalar, o que a torna uma opção atraente para comunidades e empresas que procuram fontes de energia limpa e renovável [1].

É uma tecnologia promissora para a geração de energia elétrica a partir da força da água. Com sua capacidade de operar em locais com fluxo de água variável e sua versatilidade de aplicação, a turbina vortex pode se tornar uma solução econômica e sustentável para a produção de energia em áreas remotas ou rurais. No entanto, mais pesquisas são necessárias para melhorar o desempenho da turbina e aumentar sua eficiência energética [1].

A Turbulent, empresa de tecnologia verde com sede na Bélgica, desenvolveu a Turbina Vortex, uma inovadora usina hidrelétrica de pequeno porte que gera 100% de eletricidade limpa 24 horas por dia, com baixo impacto para o meio ambiente. A turbina é capaz de ser instalada em rios, canais e riachos e é considerada uma fonte de energia limpa e renovável. Ao contrário das turbinas Pelton, Kaplan ou Francis das usinas convencionais, que causam muitos danos aos peixes, a Turbina Vortex é amigável aos peixes, pois possui lâminas curvas e baixas rotações por minuto [6].

A tecnologia é ideal para áreas rurais e regiões que carecem de rede elétrica, pois pode gerar energia com emissão quase nula de CO<sub>2</sub>. A Turbulent garante que a instalação das microhidrelétricas é rápida e de fácil manutenção pelas próprias empresas e comunidades locais. Uma única turbina pode gerar até 200 quilowatts, o que pode fornecer energia para cerca de 1.750 residências em comunidades rurais ou afastadas da rede elétrica [6].

A Turbina Vortex é uma solução viável para a escassez de eletricidade em muitos países, especialmente em comunidades rurais. A instalação das turbinas é rápida, barata e tem menor impacto ambiental do que a construção de uma barragem. A Turbulent está envolvida em parcerias de distribuição e desenvolvimento em regiões do Sudeste Asiático, onde a energia hidrelétrica pode se tornar a fonte ideal de energia limpa em comunidades de todo o mundo [6].

A tecnologia hidrelétrica é uma fonte de energia limpa e renovável, mas causou muitos danos aos peixes. A Turbina Vortex é uma alternativa que substitui as turbinas convencionais por componentes mais simples, tornando a instalação hidrelétrica amigável aos peixes. A crescente demanda por fontes de energia verdes, renováveis e

descentralizadas faz da Turbina Vortex uma opção de fonte de energia renovável para escolas, hospitais e infraestruturas públicas, ainda que estejam em áreas remotas [6].

### 2.2.1 Comparação de desempenho de diferentes tipos de lâminas de turbina

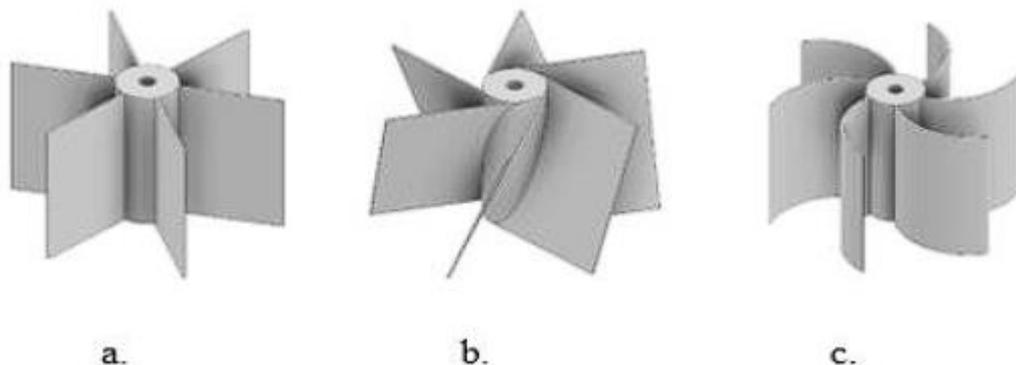
A simulação numérica de escoamento em dutos é uma técnica importante para o estudo do comportamento do fluido em diferentes condições. A presença de obstáculos no duto pode afetar significativamente o escoamento, gerando turbulências e zonas de baixa pressão que podem comprometer o desempenho do sistema. O presente estudo tem como objetivo investigar o escoamento em um duto com um obstáculo em sua seção transversal, utilizando a simulação numérica [3].

A simulação numérica é realizada através da resolução das equações de Navier-Stokes, que descrevem o comportamento do fluido em termos de suas propriedades físicas, como densidade, viscosidade e velocidade. As equações são resolvidas numericamente através de um modelo de discretização, que divide o domínio de simulação em células ou elementos finitos e utiliza métodos iterativos para calcular as propriedades do fluido em cada ponto do domínio [3].

Os resultados da simulação mostram que a presença do obstáculo no duto gera uma zona de turbulência na parte posterior do objeto, com um aumento na velocidade do escoamento e uma diminuição na pressão. A zona de turbulência pode causar uma queda na eficiência do sistema, além de aumentar o risco de desgaste ou falha do duto [3].

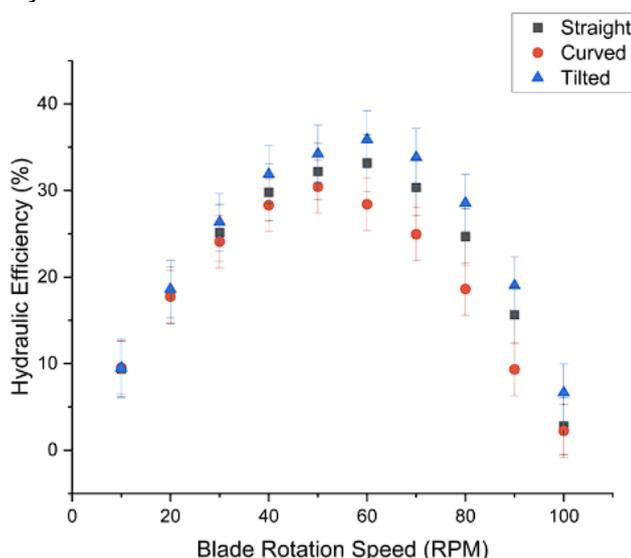
A simulação numérica de escoamento em dutos com obstáculos é uma ferramenta valiosa para o estudo do comportamento do fluido em diferentes condições. Os resultados obtidos podem ser utilizados para o projeto de sistemas mais eficientes e seguros, além de permitir a identificação de possíveis problemas no sistema. No entanto, é importante ressaltar que a simulação numérica é uma técnica complexa e que requer conhecimentos avançados em matemática, física e computação, além de uma validação experimental para garantir a confiabilidade dos resultados [3].

Quanto ao perfil da pá, no artigo "Performance Analysis of Vortex Turbine using CFD Approach" por B. F. Mohammed et al. publicado na revista CFD Letters, foi analisado o rendimento de três diferentes tipos de perfis: reto, inclinado e curvado. Para realizar esta análise utilizou-se o software CFD Ansys Fluent que simula o escoamento da água nas pás do rotor. Foi concluído então que para este tipo específico de turbina, o perfil de pá que possui a maior capacidade de transformar a energia cinética do escoamento da água em movimento mecânico é a de perfil inclinado [3].



Os três perfis de pás analisados. (a) perfil reto; (b) perfil inclinado; (c) perfil curvado

O gráfico 1 retirado do artigo de B.F Mohammed evidencia o rendimento dos três perfis de pás analisados na simulação .



Até a rotação de 60 rpm das pás a eficiência dos três perfis aumenta, com o perfil inclinado apresentando a maior eficiência das três. O pico de eficiência dos três perfis está nesta rotação de 60 rpm. Com o aumento da rotação a eficiência das três decai mas em todos os momentos quem possui a maior eficiência é a pá de perfil inclinado [3].

## 2.2.2 Comparação de desempenho das geometrias da bacia

O artigo "The effect of basin geometry on gravitational vortex hydropower" por Budiaso, et al. descreve um estudo sobre a influência da geometria da bacia na hidroenergia gerada por vórtices gravitacionais. De acordo com os autores, "a hidroenergia de vórtices gravitacionais é uma forma emergente de energia renovável que pode ser explorada em rios, estuários e barragens".

Os autores utilizaram simulações numéricas para analisar o desempenho da hidroenergia em diferentes geometrias de bacias e em diferentes níveis de vazão. Eles mediram a eficiência da energia gerada pelo vórtice gravitacional e também analisaram as forças hidrodinâmicas na bacia. Segundo os autores, "o modelo computacional foi

desenvolvido utilizando a técnica de Dinâmica dos Fluidos Computacional (CFD) e o software ANSYS Fluent".

Os resultados mostraram que a geometria da bacia tem um grande impacto na eficiência da hidroenergia gerada pelo vórtice gravitacional. De acordo com os autores, "a forma cônica da bacia foi a geometria mais eficiente em termos de geração de energia". Além disso, a vazão também teve um impacto significativo na eficiência da energia gerada. Segundo os autores, "quanto maior a vazão, maior a eficiência da geração de energia".

Em resumo, o estudo demonstrou que a geometria da bacia é um fator crítico para a eficiência da hidroenergia gerada por vórtices gravitacionais, com uma forma cônica apresentando um desempenho superior em relação a outras geometrias de bacia. Conforme os autores afirmam, "esses resultados podem ser usados para aprimorar a concepção de instalações de hidroenergia de vórtices gravitacionais, tornando-as mais eficientes e ambientalmente amigáveis"

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Escolha do rio:

O Rio São Jerônimo é um importante curso de água localizado na região central do estado do Paraná, na cidade de Guarapuava. O rio possui uma extensão de cerca de 80 km, sendo um dos principais afluentes do Rio Jordão, que por sua vez é um dos principais formadores do Rio Iguaçu.

O rio é conhecido por sua riqueza ecológica, com uma grande variedade de espécies de animais e plantas que habitam as suas margens. É também um importante recurso hídrico para a região, fornecendo água para consumo humano, irrigação agrícola e para a geração de energia elétrica através de usinas hidrelétricas instaladas ao longo de seu curso.

Além de sua importância ambiental e econômica, o Rio São Jerônimo também tem um valor cultural significativo para a região, sendo um local de recreação e lazer para muitas pessoas que vivem nas proximidades. O rio é muito utilizado para a prática de atividades como pesca, natação, rafting, entre outras, atraindo visitantes de diversas partes do estado.

No entanto, o Rio São Jerônimo enfrenta desafios em relação à preservação de suas águas e ecossistemas, como a poluição e o desmatamento das suas margens. Ações de conservação e preservação do rio são importantes para garantir a sua sustentabilidade e manter os benefícios ambientais e econômicos que ele proporciona para a região.

**Imagem 1: Aka lodge, pousada localizada no Rio São Jerônimo.**



**Fonte: Nicelocal**

### **3.2 Escolha da pá:**

A inclinação das pás em uma turbina vortex é um fator crítico que influencia significativamente a eficiência da turbina. Quando um fluido (como ar ou água) passa pelo rotor da turbina, ele gera uma força de elevação nas pás que faz com que o rotor comece a girar.

O ângulo de inclinação das pás determina o ângulo de ataque do fluido que flui sobre elas. O ângulo de ataque é o ângulo entre a direção do fluxo do fluido e a direção da lâmina da pá. Se as pás estiverem retas em relação ao fluxo de fluido, o ângulo de ataque será pequeno e a força de elevação gerada será insuficiente para fazer com que o rotor gire de forma eficiente.

No entanto, se as pás estiverem inclinadas em relação ao fluxo de fluido, o ângulo de ataque será maior e a força de elevação gerada será maior, o que resultará em uma maior eficiência da turbina.

Por exemplo, se o ângulo de inclinação das pás for muito baixo, o fluido simplesmente escorrega sobre as pás sem gerar muita força de elevação. Por outro lado, se o ângulo de inclinação das pás for muito alto, o fluido pode separar-se das pás, resultando em turbulência e perda de eficiência.

Além disso, a inclinação das pás também pode ajudar a direcionar o fluxo de fluido para o rotor, aumentando ainda mais a eficiência da turbina. Ao inclinar as pás, o fluido é empurrado em direção ao centro do rotor, onde a velocidade do fluido é maior e a força de elevação é maximizada.

Em resumo, a inclinação das pás em uma turbina vortex é fundamental para maximizar a eficiência da turbina. A inclinação adequada das pás permite que o ângulo de ataque do fluido seja otimizado, gerando uma força de elevação suficiente para fazer o rotor girar de forma eficiente. Além disso, a inclinação das pás também pode ajudar a direcionar o fluxo de fluido para o rotor, aumentando ainda mais a eficiência da turbina.

Com base nos estudos, conclui-se que as pás inclinadas são a melhor opção para uma turbina vortex. Isso ocorre porque a inclinação das pás permite que o ângulo de ataque do fluido seja otimizado, gerando uma força de elevação suficiente para fazer o rotor girar de forma eficiente.

### 3.3 Escolha da geometria da bacia

Outro fator crítico que influencia significativamente além do perfil das pás do rotor é o perfil geométrico da bacia em que o rotor se encontra. Dependendo do formato, o escoamento de água pode ou não ser beneficiado pelo mesmo. Estudos estão sendo feitos com a ajuda de métodos analíticos e softwares CFD para encontrar a melhor geometria deste componente.

De acordo com o artigo publicado por Budiaso, et al. o perfil geométrico da bacia que mais contribui para a formação do vortex da turbina é o cônico, conforme ilustra a figura a seguir. Para chegar a esta conclusão foi utilizado o software Ansys CFD que simulou um escoamento de água com diferentes vazões em diferentes perfis geométricos, e também métodos analíticos.

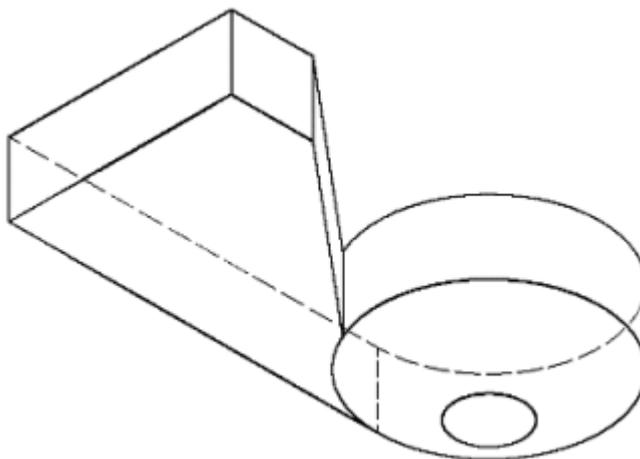


figura: Turbina vortex com bacia de perfil cônico (fonte: Budiaso, et al.)

## 4 CONCLUSÃO

Ao decorrer do artigo foram analisadas componentes que possuem maior relevância na eficiência da turbina. Através de bibliografias, estudos e simulações anteriormente realizados, para maior eficiência da turbina recomenda-se que a geometria da bacia possua formato cônico e as pás sejam inclinadas.

Outro ponto a ser frizado é o possível vínculo com os ODS (Objetivos de desenvolvimento sustentável, da ONU), dentre eles, podemos citar principalmente Energia limpa e acessível (7), Indústria, Inovação e infraestrutura (9), e Cidades e comunidades sustentáveis (11).

Para trabalhos futuros sugere-se realizar simulações e modelagem do projeto 3D de uma turbina de vórtex utilizando dados obtidos in loco, com o intuito de obter resultados mais específicos e com maior confiabilidade antes de sua instalação.

Em suma, a adoção de abordagens inovadoras de aprendizagem, como a sala de aula invertida, permite que os alunos do curso de Engenharia Mecânica desenvolvam

habilidades críticas e práticas para enfrentar desafios relevantes da área, como a geração de energia limpa e renovável. O estudo teórico aplicado da turbina vortex nos rios de Guarapuava mostrou aos alunos a importância de considerar os impactos ambientais e técnicos em projetos de máquinas de fluxo. Além disso, permitiu que os alunos aplicassem seus conhecimentos teóricos em um contexto prático e real. Essa abordagem inovadora na educação superior pode contribuir para formar engenheiros mecânicos mais preparados e conscientes, capazes de buscar soluções sustentáveis e responsáveis para os desafios do mundo atual.

### Referências:

[1] CARDOZO.PAULO. PETCIVILUEM. Maringá: PET, 2021. Disponível em: <https://petciviluem.com/2021/04/26/turbina-vortex/>. Acesso em: 25 mar. 2023.

[2] KUEH, T C; BEH, S L; OOI, Y s; RILLING, D G. Experimental study to the influences of rotational speed and blade shape on water vortex turbine performance. Journal Of Physics: Conference Series, [S.L.], v. 822, p. 012066, 11 abr. 2017. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/822/1/012066>.

[3] PENTEADO, Davi Barreto; YAMADA, Diogo Hiroyuki; LUCIANO, Gustavo de Oliveira. Desenvolvimento de uma turbina de vórtices para geração de energia elétrica. 2022. 61 f. TCC (Graduação) - Curso de Mecânica, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, 2022.

[4] SEYYEDALINAGHI, S.; GHOLAMI, A.; GHAZAVI, M. Performance Comparison of Straight, Curved, and Tilted Blades of Pico Scaled Vortex Turbine. CFD Lett., v. 10, n. 1, p. 35-46, 2018. Disponível em: [https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD Letters/article/view/788/853](https://semarakilmu.com.my/journals/index.php/CFD%20Letters/article/view/788/853). Acesso em: 16 abr. 2023.

[6] Empresa belga cria hidroturbina que gera energia limpa - eCycle. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/empresa-belga-cria-hidroturbina-que-gera-energia-limpa/>. Acesso em: 7 maio. 2023.

[7] Warjito , Budiarso ; C R Christopher; D Adanta. The effect of basin geometry on gravitational vortex hydropower. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/788/1/012081/pdf>

ZARATE-ORREGO, SERGIO ANTONIO. Horizontal vortex single chamber hydroturbine. Junho de 2016. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia. Disponível em: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302016000200014 & script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-62302016000200014 & script=sci_arttext). Acesso em 16 de abril de 2023.

ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M.. Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações. 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015, xxiii, 990 . p.

SOUZA, Zulcy de. Projeto de máquinas de fluxo. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, c2011. v. ISBN 9788571932722 (t. 2).

SLOMPO, CAIO CESAR VIEIRA; KLOSTERMANN, REINALDO ZANELLO. ESTUDO DE PAR METROS OPERACIONAIS PARA OTIMIZAÇÃO DA OPERAÇÃO ENERGÉTICA DE PCHs. Orientador: Profa. M. Sc. Annemarlen G. Castagna. 2012. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Elétrica, Daelt, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9959>. acesso em: 24 mar. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PCHS E CGHS. ABRAPCH. Curitiba. Disponível em: <https://abrapch.org.br/faq/o-que-e-uma-pch/>. Acesso em: 24 mar. 2023.

[5] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Energia hidráulica. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/04-Energia\\_Hidraulica\(2\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/04-Energia_Hidraulica(2).pdf)>. Acesso em 13 de abril de 2023.

Aka Lodge. Disponível em: [https://nicelocal.br.com/guarapuava/hotels/aka\\_lodge/](https://nicelocal.br.com/guarapuava/hotels/aka_lodge/)>.

## VORTEX TURBINE IN GUARAPUAVA RIVERS FOR CLEAN AND RENEWABLE ENERGY GENERATION: THEORETICAL STUDY APPLIED TO FLUID MECHANICS DISCIPLINE.

Abstract: This abstract addresses the feasibility analysis of installing vortex turbines in the rivers of Guarapuava, Paraná, with the aim of meeting local energy demands without causing significant environmental impact. The use of vortex turbines offers the advantage of generating clean and renewable energy in a small footprint compared to large hydroelectric power plants. Additionally, it is not necessary to completely divert the course of the rivers, preserving the waterfalls, which are tourist attractions in the region. In the academic scope, within the Fluid Mechanics discipline of the Mechanical Engineering course, an innovative approach was adopted, in which students conducted an applied theoretical study on the use of vortex turbines, deepening their theoretical knowledge and analyzing the technical, environmental, and turbine design aspects. This approach promoted a practical learning experience, stimulating critical thinking and the search for sustainable solutions in the field of mechanical engineering.

Keywords: Energy generation, Vortex turbines, Feasibility, Sustainability, Active methodologies.