

Uso de Recursos Energéticos Distribuídos em Comunidades Descentralizadas: metodologia para tomada de decisão

1º Thiago Prestes Rodrigues
*Grupo Avançado de Engenharia
de Energia Universidade
Federal do Pampa*
Bagé, Brasil
thiagorodrigues.aluno@unipam
pa.edu.br

2º Enoque Dutra Garcia
*Grupo Avançado de Engenharia
de Energia Universidade
Federal do Pampa*
Bagé, Brasil
enoquegarcia@unipampa.edu.br

3º Pablo Fernando Soardi Costa
*Grupo Avançado de Engenharia
de Energia Universidade
Federal do Pampa*
Bagé, Brasil
pablocosta@unipampa.edu.br

4º Dominnic Gomes da Silva
*Grupo Avançado de Engenharia
de Energia Universidade
Federal do Pampa*
Bagé, Brasil
dominnicsilva.aluno@unipampa
.edu.br

5º Vinicius Amaro Ferreira da
Silva
*Grupo Avançado de Engenharia
de Energia Universidade
Federal do Pampa*
Bagé, Brasil
viniciussilva.aluno@unipampa.e
du.br

6º Jocemar Biasi Parizzi
*Grupo Avançado de Engenharia
de Energia Universidade
Federal do Pampa*
Bagé, Brasil
jocemarpizz@unipampa.edu

Resumo - Este trabalho estuda a **classificação de sistemas de energia para comunidades afastadas dos centros urbanos. Utilizando a análise SWOT, busca-se identificar as dificuldades e oportunidades de suprir a demanda energética de mesorregião. O estudo inclui etapas de análise bibliométrica relativas às dificuldades geográficas, institucionais e de acesso a serviços essenciais, bem como os desafios da integração de novas tecnologias no sistema de distribuição local.**

Palavras-chave - **Desenvolvimento local; Geração de energia; Análise SWOT.**

I. Introdução

O Brasil possui abundantes recursos naturais, incluindo os hídricos, muitas famílias ainda enfrentam dificuldades de acesso a recursos básicos, como energia elétrica [1]. Em algumas regiões remotas do Brasil, onde a infraestrutura de transmissão de energia é difícil devido a fatores geográficos, a geração de energia local se torna uma necessidade, como expresso no Plano Nacional de Energia que reconhece a necessidade de soluções descentralizadas, como usinas híbridas e sistemas isolados de energia renovável [2]. Essa realidade destaca a importância de identificar os obstáculos à implementação de sistemas de geração e armazenamento nessas comunidades afastadas dos centros urbanos. Também são elaborados programas de eletrificação que promovam a inclusão social e a cidadania.

Em comunidades economicamente

carentes, isso pode acarretar desafios adicionais em termos de confiabilidade e continuidade dos serviços. No entanto, experiências internacionais e iniciativas nacionais têm demonstrado a viabilidade da utilização de sistemas de geração alternativa e descentralizada para fornecer energia a comunidades tradicionais afastadas dos centros urbanos [3]. É descrito como Comunidades Tradicionais os grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição [4].

Neste contexto, o proposto trabalho visa possibilitar não só a identificação de entraves de implementação de sistemas de geração em comunidades afastadas dos centros urbanos, mas também poder contribuir para o desenvolvimento de novos programas de eletrificação rural no que diz respeito à inclusão social e à cidadania. Isso indica a necessidade de traçar estratégias com antecedência para superar obstáculos e corrigir tendências diante de possíveis resistências do grupo de ajuda ou condições adversas que possam ser achadas.

II. Objetivo do Estudo

O objetivo deste trabalho é encontrar alternativas de sistemas de geração de energia para atender à demanda energética de pequenas comunidades tradicionais. Para tanto, são

desenvolvidos procedimentos metodológicos com etapas de proposta de validação. O estudo de caso explora duas comunidades caiçaras localizadas no município de Peruíbe, litoral sul do Estado de São Paulo, Brasil. Alguns aspectos são essenciais para garantir uma abordagem holística e abrangente do desenvolvimento sustentável no território de Peruíbe, logo se considerar a importância não somente da dimensão econômica, mas também das dimensões social e cultural, territorial e ambiental e política [5]. Para alcançar esse objetivo, será utilizada a análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats), um método técnico que permite identificar e avaliar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças relacionadas ao tema em questão [6]. Essa análise possibilitará a identificação dos pontos fortes e fracos dos sistemas de geração, armazenamento e consumo de energia a serem aplicadas, assim como das oportunidades e ameaças presentes no ambiente em que essas comunidades estão inseridas, destacando a importância da SWOT para o desenvolvimento sustentável do setor de energias renováveis [7]. Com base nessas informações, serão propostas soluções mais eficazes e sustentáveis para suprir a demanda energética das comunidades, garantindo ao mesmo tempo a segurança energética e a preservação do meio ambiente.

III. Metodologia

O processo metodológico desenvolvido para analisar abordagens acadêmicas sobre sistemas de geração distribuída e microrredes consiste em três etapas distintas, cada uma desempenhando um papel fundamental na construção de uma análise sólida e embasada.

Primeira etapa: Na primeira etapa, realizou-se uma coleta preliminar de fatores SWOT por meio de uma pesquisa minuciosa na literatura técnica especializada. Essa investigação resultou na criação de uma lista inicial desses fatores, que serviu como ponto de partida para a análise. Os fatores SWOT são cruciais para compreender as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças relacionadas aos sistemas de geração distribuída e microrredes, fornecendo uma base sólida para a análise subsequente.

Segunda etapa: Na segunda etapa do processo, foram conduzidas discussões com o objetivo de aprimorar e refinar os fatores SWOT identificados. Diferentes perspectivas foram consideradas, e o

entendimento desses fatores foi ampliado para garantir uma análise abrangente e precisa. Esta fase é crucial para garantir que a análise seja completa e leve em consideração uma variedade de visões sobre o assunto.

Terceira etapa: A terceira etapa, ainda em desenvolvimento, envolve a utilização de pesquisa qualitativa, utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP) detalhado no tópico a seguir. Ele será empregado para avaliar a importância relativa dos fatores SWOT previamente identificados. Essa etapa é fundamental para quantificar a influência de cada fator na tomada de decisões relacionadas aos sistemas de geração distribuída e microrredes.

Para complementar ainda mais a análise, foi desenvolvido um quadro de perguntas-chave relacionadas aos fatores SWOT e à implantação desses sistemas nas comunidades caiçaras. Essas perguntas desempenham um papel fundamental na coleta de dados relevantes e na realização de uma análise mais aprofundada dos aspectos técnicos, socioeconômicos e ambientais envolvidos.

Em conjunto, esse processo metodológico busca proporcionar uma análise sistemática e embasada dos sistemas de geração distribuída e microrredes. Ele visa não apenas identificar os desafios e oportunidades, mas também criar uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias e soluções eficazes para a implementação e o desenvolvimento sustentável desses sistemas. Essa abordagem acadêmica é essencial para informar decisões informadas e promover avanços significativos nesse campo.

Quadro de Perguntas

Forças	Fraquezas	Oportunidades	Ameaças
Qual é o potencial de geração de energia na região?	Quais são os principais desafios técnicos enfrentados na implantação de microrredes?	Quais incentivos governamentais estão disponíveis para a implantação de sistemas de geração distribuída e microrredes?	Quais são as resistências e objeções de diferentes partes interessadas à adoção de sistemas de geração distribuída?
Quais tecnologias	Quais são as principais	Como a conscientizaç	Como as flutuações

de armazenam ento de energia são viáveis para complementa r a geração distribuída?	barreiras regulatórias que impedem a expansão da geração distribuída?	ão sobre sustentabili dade de está afetando as escolhas de consumo de energia das comunidades caixas?	nos preços das tecnologias de energia renovável podem afetar a viabilidade econômica dos projetos?
Como a eficiência energética atual da comunidade pode ser melhorada com a implementaç ão de microrredes?	Quais são os custos iniciais de implantação de sistemas de geração distribuída em comparação com a expansão da rede centralizada?	Quais são os potenciais parceiros para o desenvolvim ento de projetos de geração distribuída?	Quais são os riscos associados à dependência de fontes de energia renovável, considerando a variabilidade climática?

Metodologia AHP: O AHP (Processo Hierárquico Analítico) destaca-se como uma das mais abrangentes ferramentas de tomada de decisão multicritério. A abordagem do AHP é caracterizada por sua flexibilidade, simplicidade e pragmatismo, tornando-a altamente desejável em situações em que múltiplos critérios de decisão dificultam a escolha entre as possíveis diferentes alternativas [8].

Neste trabalho será realizado em formato de questionário onde este tem como objetivo reunir a expertise de especialistas no campo de estudo de Geração Distribuída (GD) e planejamento da distribuição de energia. Essas opiniões serão essenciais para integrar o processo de análise multicriterial, que utilizará o Método de Análise Hierárquica (AHP), em uma metodologia destinada a mapear e priorizar fontes renováveis de GD. Essa abordagem será fundamental para apoiar estudos de planejamento energético. Durante a análise comparativa entre diferentes alternativas, os especialistas serão solicitados a preencher o questionário, atribuindo pesos conforme a Escala de Saaty para Julgamentos (Tabela I). Isso permitirá que se indique a importância de um elemento em relação ao outro, contribuindo para um processo de tomada de decisão mais informado e preciso.

Tabela I

Intensidade de importância	Definição
1	Igual importância
3	Moderada importância
5	Forte importância
7	Importância muito forte
9	Extrema importância
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Exemplo:

Em sua opinião, qual tecnologia de geração apresenta menor impacto ambiental?

Solar x Eólica

Formas de resposta:

- I. Se o Especialista, considerando a escala da Tabela I, julgar que a fonte SOLAR tem **moderada importância** sobre a EÓLICA:

Solar x Eólica

- II. Se o Especialista julgar que a fonte EÓLICA tem **forte importância** sobre a SOLAR:

Solar x Eólica

- III. Se o Especialista julgar que ambas as fontes têm **igual importância**:

Solar x Eólica

- IV. Em caso de dúvidas no julgamento, recomenda-se o não preenchimento:

Solar x Eólica

IV. Resultados

Ao analisar as comunidades e suas características, uma nova abordagem para classificar os Sistemas de Geração Distribuída surge, considerando fatores SWOT. Destacamos a capacidade desse modelo de apoiar a integração econômica de eletricidade hídrica e fotovoltaica,

bem como contribuir para a descarbonização do aquecimento e resfriamento. No entanto, pontos fracos incluem complexidade, investimentos em pontos de acoplamento e restrições regulamentares.

Neste contexto, observamos oportunidades, como o aumento dos incentivos para serviços de flexibilidade e eficiência, abrindo caminho para futuros financiamentos sustentáveis. As regulamentações também estão se adaptando, o que é promissor. No entanto, ameaças surgem, como perturbações nos modelos de negócios existentes e incertezas sobre o desenvolvimento futuro, incluindo regulamentações e concorrência de outros serviços de flexibilidade.

I. Forças

- a) Potencial de utilização de fontes de energia renovável, como solar, eólica e hidrelétrica, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis.
- b) Maior eficiência energética e redução de perdas de transmissão em comparação com sistemas centralizados.
- c) Possibilidade de integração com tecnologias de armazenamento de energia, como baterias, aumentando a confiabilidade e flexibilidade do sistema.
- d) Capacidade de fornecer energia em áreas remotas ou isoladas, onde a expansão das redes de distribuição tradicionais seria mais desafiadora.
- e) Oportunidade de promover a participação ativa dos consumidores no gerenciamento e consumo de energia, incentivando a conscientização e a adoção de práticas sustentáveis.

II. Fraquezas

- a) Complexidade técnica e operacional dos sistemas de geração distribuída e microrredes, requerendo conhecimento especializado para implementação e manutenção adequadas.
- b) Investimentos iniciais significativos em infraestrutura e equipamentos, dificultando a adoção em larga escala.
- c) Restrições regulatórias e burocráticas que podem limitar o desenvolvimento e a integração dos sistemas de geração distribuída.
- d) Dependência da disponibilidade e

variabilidade das fontes de energia renovável, como a variação na geração solar devido às condições climáticas.

- e) Desafios de coordenação e controle da geração e consumo de energia em microrredes com múltiplos participantes e fontes de energia.

III. Oportunidades

- a) Incentivos governamentais e políticas favoráveis para a expansão de sistemas de geração distribuída e microrredes, estimulando investimentos e reduzindo barreiras.
- b) Avanços tecnológicos contínuos na área de energia renovável, armazenamento de energia e automação, que facilitam a integração e o gerenciamento eficiente dos sistemas.
- c) Crescente conscientização ambiental e demanda por soluções energéticas sustentáveis, criando oportunidades de mercado para sistemas de geração distribuída.
- d) Possibilidade de criação de parcerias e colaborações entre diferentes partes interessadas, como empresas, instituições acadêmicas e governamentais, para impulsionar a pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e soluções inovadoras.
- e) Potencial de criação de empregos locais e desenvolvimento econômico nas áreas relacionadas à instalação, manutenção e operação de sistemas de geração distribuída e microrredes.

IV. Ameaças

- a) Resistência ou falta de conscientização por parte das concessionárias de energia e outros atores do setor elétrico tradicional em relação à adoção de sistemas de geração distribuída.
- b) Flutuações nos preços das tecnologias de energia renovável e armazenamento de energia, o que pode afetar a viabilidade econômica dos projetos.
- c) Possíveis perturbações nos modelos de negócios existentes devido à crescente adoção de sistemas de geração distribuída e microrredes.
- d) Desafios de integração com a rede elétrica

existente, como a necessidade de atualização ou adaptação da infraestrutura de distribuição.

- e) Incertezas políticas e regulatórias em relação aos incentivos e subsídios para sistemas de geração distribuída e microrredes, o que pode impactar a rentabilidade e a atratividade desses projetos.

V. Conclusão

Em conclusão, a implementação de sistemas de geração distribuída e microrredes nas comunidades tradicionais caiçaras de Guaraú e Barra do Una, em Peruíbe, surge como uma solução viável para suprir a demanda energética e promover o desenvolvimento sustentável. A análise SWOT identificou as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças relacionadas a esses sistemas, fornecendo uma base sólida para o planejamento estratégico.

Destaca-se a importância de realizar ainda a terceira etapa da metodologia proposta, que envolve a utilização do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para avaliar a importância relativa dos fatores SWOT identificados. Essa abordagem analítica permitirá uma tomada de decisão embasada e fundamentada, direcionando os esforços para os aspectos mais relevantes e prioritários.

Ao considerar as características específicas das comunidades caiçaras, é fundamental desenvolver soluções que maximizem as oportunidades e minimizem as fraquezas e ameaças. A colaboração entre os setores público, privado e acadêmico desempenhará um papel crucial nesse processo, promovendo parcerias e impulsionando a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias e soluções inovadoras.

A implementação de sistemas de geração distribuída e microrredes não apenas suprirá a demanda energética das comunidades, mas também promoverá a inclusão social, fortalecerá a resiliência energética e contribuirá para a preservação do meio ambiente. Essas soluções oferecem um caminho para o desenvolvimento local, a geração de empregos e a melhoria da qualidade de vida.

Em resumo, o uso do método AHP na terceira etapa da metodologia proposta permitirá uma avaliação precisa e objetiva dos fatores SWOT, fornecendo direcionamento estratégico para

a implementação de sistemas de geração distribuída nas comunidades caiçaras de Guaraú e Barra do Una. Essa abordagem sistemática e embasada é essencial para o sucesso da transição energética sustentável nessas comunidades, promovendo o acesso à energia elétrica confiável, inclusão social e preservação ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Grupo de Estudos Avançados de Engenharia de Energia, à Universidade Federal do Pampa ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBID-AF) CNPQ / UNIPAMPA e a FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul) pelo valioso apoio com as bolsas para pesquisa, filiação e equipe executora que foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa nacional por amostra de domicílio. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- [2] Ministério de Minas e Energia (Brasil). (2007). Plano Nacional de Energia 2030. Brasília: Editora
- [3] IRENA (2022), Off-grid Renewable Energy Statistics 2022, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- [4] BRASIL, Decreto nº 6.040 de 7 de fevereiro de 2007
- [5] Instituto Polis, Resumo executivo de Peruíbe, 2020.
- [6] PUYT, R. W.; LIE, F. B.; WILDEROM, C. P. M. The origins of SWOT analysis. Long Range Planning, v. 56, n. 3, p.102304, fev. 2023.
- [7] MADURAI ELAVARASAN, R. et al. SWOT analysis: A framework for comprehensive evaluation of drivers and barriers for renewable energy development in significant countries. Energy Reports, v. 6, n. 1, p. 1838–1864, nov. 2020.
- [8] VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. European Journal of Operational Research, v. 169, n. 1, p. 1–29, fev. 2006.