

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AHP PARA TOMADA DE DECISÃO NO APROVEITAMENTO ENERGÉTICO EM POUSO ALEGRE

DUARTE DOS SANTOS¹, Priscila Mayara; **LEITE²**, Matheus Daniel de Almeida.

1 – Docente na Universidade do Vale do Sapucaí.

2 – Graduando em Engenharia de Produção na Universidade do Vale do Sapucaí.

pri.mduarte@hotmail.com; matheusleite.eng@outlook.com

RESUMO

No Brasil, a matriz elétrica é majoritariamente coberta por usinas hidroelétricas, que podem ser afetadas pela variação climática cada vez mais inconstante, contribuindo para o aumento das tarifas de eletricidade. A utilização da geração distribuída (GD) através de fontes renováveis de energia (FRE) nas residências torna-se uma alternativa interessante para o cidadão. O objetivo desse trabalho é analisar qual a melhor FRE para GD para uma residência situada na zona urbana do município de Pouso Alegre/MG a partir de análise multicritério, considerando para a tomada de decisão aspectos quantitativos e qualitativos. Para isso, utilizou-se Analytic Hierarchy Process (AHP) para a tomada de decisão tendo como ferramenta de apoio o software Excel. Portanto, o problema foi formulado com duas alternativas - energia solar fotovoltaica e energia eólica - e os critérios considerados foram: econômico com subcritérios custo de aquisição de equipamentos e necessidade de manutenção; técnico com subcritérios de produção de energia, vida útil e espaço físico; e, ambiental com subcritério de potencial energético. O julgamento foi realizado por docentes da universidade. Após a análise foi concluído que a energia solar fotovoltaica era melhor solução para a residência utilizada como objeto de estudo. **Palavras-chave:** Geração distribuída. AHP. Energia eólica. Energia solar fotovoltaica.

1. INTRODUÇÃO

O uso da energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento econômico de um país ou região e está associado de modo direto à qualidade de vida da população. O setor energético está em período de transformação, buscando se libertar da sua intensa dependência por combustíveis fósseis, através do uso de alternativas de geração de energia por fontes renováveis, sendo as principais: energia hidrelétrica, eólica e solar (Mendes; Erthal Júnior; Hosken, 2013).

No Brasil, predomina o uso dessas fontes de energia, com destaque para a de origem hidroelétrica. No entanto, sua capacidade produtiva está sujeita a variações conforme as mudanças climáticas. Em épocas de estiagem, por exemplo, as usinas hidroelétricas produzem menos energia e, como forma de compensação, é produzida energia por meio de combustíveis fósseis, acarretando um aumento no preço final para a população, podendo ocorrer, em casos extremos, o racionamento de energia. Uma alternativa para a garantia do abastecimento de

energia elétrica através de fontes renováveis é a utilização de sistemas de geração distribuída. Entre elas se destacam a energia solar e a energia eólica.

A energia solar é aquela oriunda da radiação solar, captada por painéis solares, compostos por células fotovoltaicas, e convertida em energia elétrica ou mecânica (Hodge, 2011). A transformação direta da energia solar em energia elétrica ocorre, principalmente, pelos efeitos termoelétricos provocados pela radiação solar em determinados materiais, especialmente os semicondutores. Já a energia eólica é a energia produzida através do deslocamento do vento (Hodge, 2011), que gira um grupo de hélices conectadas a um gerador que produz eletricidade. A quantidade de energia produzida varia conforme a abundância de vento na região onde está localizada e o tamanho de suas hélices (Lopes, 2011). De acordo com Barroso et al. (2022), o Brasil tem um dos maiores potenciais eólicos do planeta e, embora hoje o vento seja responsável por 8,94% de um total de cerca de 187GW (ANEEL, 2022), há planos ambiciosos para a exploração dessa fonte de energia (Lopes, 2011), entre eles a exploração de sistemas offshore.

Sendo que a energia solar e energia eólica apresentam inúmeras vantagens, torna-se importante desenvolver critérios/métodos que auxiliem na tomada de decisão de investimentos para aproveitamento do recurso natural, sol ou vento. Considerando isso, podem ser utilizadas diversos modelos matemáticos como ferramentas para a tomada dessa decisão, como os inseridos nos Métodos de Auxílio Multicritério à Decisão. No presente artigo será aplicado o método AHP (Analytic Hierarchy Process) para decidir a melhor opção para investimento de um sistema distribuído em uma cidade situada no Sul de Minas Gerais, Pouso Alegre.

O Método de Análise Hierárquica (AHP) é uma ferramenta que leva em conta aspectos quantitativos e qualitativos na análise de resolução de problemas. De acordo com Baricevic (2009), o AHP é um modelo matemático para tomada de decisão com multicritérios. Esse modelo possibilita a tomada de decisões envolvendo diversos tipos de julgamento, incluindo determinação de prioridades e planejamento, elegendo-se a melhor entre as várias alternativas.

2. POUSO ALEGRE, GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E MÉTODO AHP

Pouso Alegre é um município brasileiro localizado no sul do estado de Minas Gerais, região sudeste do país. Sua população estimada era de 154.293 habitantes, em julho de 2021. Localiza-se a uma latitude 22°13'48" sul e a uma longitude 45°56'11" oeste, a uma altitude de 832 metros. Destaca-se atualmente como um importante polo industrial, e dentre mais de 300

indústrias, as mais relevantes empresas são dos setores alimentícios, de medicamentos e de máquinas pesadas.

Além das indústrias, a cidade conta ainda com grande quantidade de trabalhadores no campo, responsáveis por torná-la a segunda maior produtora de morangos em Minas Gerais, com números superiores a 17 mil toneladas por ano. Conforme informações publicadas no site oficial da Prefeitura Municipal de Pouso Alegre, em 2020 o município possuía também milhares de estabelecimentos e prestadores de serviços, que contribuíram para que a cidade possuísse a maior economia da região Sul do Estado, com um PIB de R\$ 6,55 bilhões e um PIB per capita de R\$ 50.211,91.

Em relação a fontes renováveis de energia (FRE), de acordo com o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) a média anual de valores de densidade de potência eólica em Pouso Alegre é de 56 W/m², com velocidade média do vento de 3,78 m/s, à 50 m de altura. Enquanto a média anual de irradiação solar diária é de 4,79 kWh/m². Essas FRE podem ser utilizadas para geração distribuída (GD) de energia, impulsionando ainda mais o desenvolvimento do município, já que essa é uma solução tecnológica em ascensão.

A GD possui diversas definições. Para Ackermann, Andersson e Söder (2001), a GD é definida como um método de geração de energia elétrica, onde o sistema de produção dessa energia está conectado diretamente com a rede de distribuição. Já Carley (2009), em sua definição, adiciona que esse tipo de sistema pode ser caracterizado quanto a sua aplicação, localização e tamanho. A aplicação está relacionada a como esses sistemas podem ser utilizados, por exemplo: como energia de reserva, plantas emergenciais, sistemas de microgeração, unidades combinadas de energia e calor, e aplicações remotas. Quanto a localização, está associada à conexão à rede elétrica no lado do cliente e próximos à carga, sendo essa a situação que ocorre com maior frequência. Já o tamanho, pode ser definido pela potência dos sistemas, pois eles, majoritariamente, variam entre 1 kW e 5 MW.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) dispõe que “o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade”. Portanto, a geração distribuída pode ser realizada tanto por meio de fontes de energia renovável quanto por cogeração qualificada, incluindo até mesmo fontes de energia não renovável, como o gás natural (ANEEL, 2017a). No entanto, neste trabalho, optou-se por abordar as energias eólica e solar fotovoltaica como alternativas para suprir as necessidades energéticas de uma residência.

No contexto das atividades humanas, a tomada de decisões desempenha um papel fundamental. Tanto nas gestões de empresas públicas ou privadas, quanto nas situações

cotidianas dos cidadãos comuns, tomar decisões torna-se essencial (Freitas; Marins; Souza, 2006). Um exemplo disso pode ser observado na seleção da melhor Fonte de Energia Renovável (FRE) para a geração distribuída em uma residência. Nesse momento, os proprietários geralmente não possuem informações suficientes para tomar uma decisão embasada, tendendo a considerar principalmente os aspectos econômicos. Por outro lado, as empresas especializadas tendem a trabalhar com uma única tecnologia de geração de energia, muitas vezes deixando de analisar outras possibilidades de geração elétrica para os clientes.

Diante das diversas alternativas disponíveis para a geração de eletricidade, surge a questão de como tomar a melhor decisão e sob qual perspectiva a tomada de decisão deve ser analisada. Segundo Ishizaka e Labib (2011), o método Analytic Hierarchy Process (AHP), pertencente aos métodos de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD), auxilia os tomadores de decisão a resolverem problemas complexos com múltiplos critérios conflitantes e subjetivos.

Especificamente na área de seleção de fontes de energia, que é o foco deste trabalho, o AHP é muito empregado como uma ferramenta eficaz (Mendes; Pereira, 2016). Este método foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70 nos Estados Unidos. A teoria desse método foi inicialmente apresentada por Saaty no *Journal of Mathematical Psychology* em 1977 (Ishizaka; Labib, 2011).

A metodologia proposta neste estudo teve como objetivo facilitar a seleção do sistema renovável mais adequado para a geração de eletricidade através da geração distribuída, usando uma abordagem de múltiplos critérios. Para alcançar esse objetivo, este trabalho se baseou nas pesquisas de Mendes, Erthal Júnior e Hosken (2013) e Mendes (2013).

No estudo de Mendes, Erthal Júnior e Hosken (2013), uma análise multicritério foi empregada como um instrumento para a tomada de decisão na escolha do sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais costeiras localizadas na região Norte do Estado do Rio de Janeiro. Os autores desenvolveram uma estrutura hierárquica que incluía como opções o fornecimento convencional da concessionária de energia elétrica local, o sistema eólico, o sistema fotovoltaico e o sistema híbrido (fotovoltaico e eólico). No decorrer deste estudo, eles utilizaram uma série de critérios para avaliar as melhores fontes de fornecimento de energia, como custo dos equipamentos, impacto ambiental, instalação e manutenção, continuidade do fornecimento, vida útil, disponibilidade de área útil, custo mensal de eletricidade, e eficiência do sistema. Mendes (2013) abordou o mesmo problema e a mesma metodologia do estudo anterior, mas realizou uma melhoria no método AHP através da integração com o método Borda.

De acordo com ambos os estudos mencionados, o presente trabalho foi dividido nas seguintes etapas:

- Formulação do problema;
- Identificação dos critérios;
- Análise de especialistas;
- Modelagem do problema utilizando o método AHP;
- Apresentação do resultado.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

O objeto de estudo desta pesquisa foi uma casa unifamiliar localizada no perímetro urbano do município de Pouso Alegre, no estado de Minas Gerais, na região Sul. O consumo mensal médio de eletricidade nessa residência é de 200 kWh.

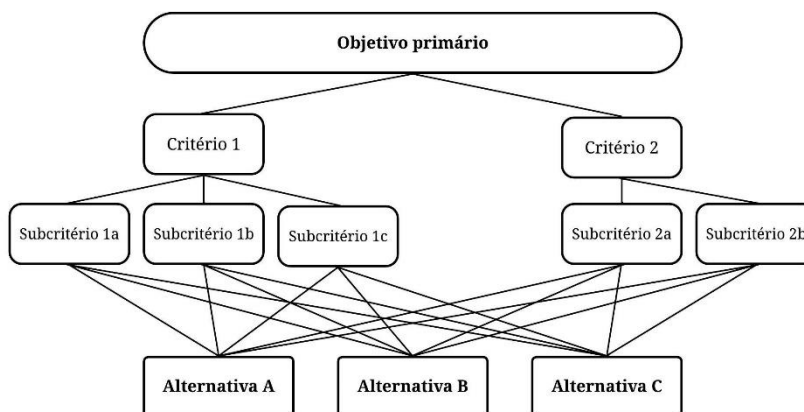
3.2 MÉTODO

Segundo Costa (2006), a primeira etapa para utilizar o método AHP na resolução de qualquer problema é formular claramente os seguintes aspectos:

- O foco principal do problema em questão;
- As alternativas viáveis a serem analisadas;
- Os critérios a serem adotados na avaliação;
- Os especialistas responsáveis por analisar o problema;
- O decisor, que será o responsável por tomar a decisão final.

Na segunda etapa, é realizada a divisão do problema em níveis hierárquicos, por meio da criação de uma estrutura em forma de árvore hierárquica (conforme ilustrado na Figura 1). A construção dessa árvore proporciona diversas vantagens, como uma melhor visualização do problema de forma geral e a possibilidade de desmembrar o problema em subgrupos, facilitando a análise e o entendimento da sua complexidade (Brunelli, 2014).

Figura 1- Modelo de árvore hierárquica.



Fonte: Adaptada de Brunelli (2014).

A terceira etapa consiste na comparação par a par de cada alternativa e critério em questão, o que facilita a obtenção de opiniões mais precisas por parte dos especialistas. Nessa etapa, os especialistas analisam duas alternativas de cada vez, em vez de analisar todas simultaneamente (Ishizaka; Labib, 2011).

Essas comparações em pares geram uma matriz de decisão, utilizando uma escala predefinida que se baseia no princípio da homogeneidade. As preferências (ou pesos) declarados são representados em uma escala limitada que varia de um a nove, levando em consideração a ideia de que os indivíduos têm uma capacidade máxima de julgar corretamente entre 7 ± 2 pontos, conforme mostram observações psicológicas (Tabela 1) (Figueira; Greco; Ehrgott, 2005).

Tabela 1- Escala fundamental de Saaty

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Forte importância	A experiência e o juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Extrema importância	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2, 4, 6 e 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptada de Saaty (1990).

As preferências entre cada alternativa ou critério comparado são estabelecidas em relação ao elemento de um nível imediatamente superior, resultando na formação de uma matriz de decisão quadrada, conforme ilustrado na Figura 2 (Gomes; Araya; Carignano, 2004).

Figura 2 - Matriz de decisão genérica

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Fonte: Elaboração própria

Dessa forma, cada julgamento na matriz representa o quão mais importante um elemento da coluna à esquerda é em relação ao elemento da linha correspondente. Outro princípio do método AHP é baseado na condição de reciprocidade, que implica que a tomada de decisão deve ser capaz de fazer comparações e expressar a intensidade de preferência. Portanto, se "a" é α vezes mais preferível que "b", então "b" é $1/\alpha$ vezes mais preferível que "a" (Gomes; Araya; Carignano, 2004). A partir da matriz de decisão, obtêm-se as matrizes de autovetores (W_i) utilizando a Equação 1. As matrizes W_i representam a ordenação das prioridades ou hierarquias de acordo com as características estudadas (COSTA, 2006).

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (\text{Equação 1})$$

Após obter a matriz de W_i , é realizado o cálculo de normalização dos autovetores para permitir a comparação entre os critérios e alternativas. Isso é feito utilizando a Equação 2, conforme descrito por Costa (2006).

$$T = \left| \frac{W_1}{\sum W_i}; \frac{W_2}{\sum W_i}; \frac{W_3}{\sum W_i} \right| \quad (\text{Equação 2})$$

Para estabelecer a relação entre os critérios da matriz de consistência e os pesos dos critérios, é realizada a estimativa do autovetor utilizando a Equação 3, conforme proposto por Gomes, Araya e Carignano (2004).

$$\lambda_{\text{máx.}} = T \cdot W_i \quad (\text{Equação 3})$$

Após obter o valor de $\lambda_{\text{máx.}}$, calcula-se o índice de consistência (IC) utilizando a Equação 4. Esse índice é utilizado para avaliar o grau de inconsistência da matriz de julgamentos pareados, conforme descrito por Ishizaka e Labib (2011). O IC fornece uma medida quantitativa da consistência dos julgamentos e ajuda a verificar se os especialistas estão coerentes em suas comparações e preferências.

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx.}} - n}{(n - 1)} \quad (\text{Equação 4})$$

Para avaliar a consistência em relação à ordem da matriz de julgamentos, é realizado o cálculo da razão de consistência (RC) conforme descrito na Equação 5. A RC é determinada pela divisão do índice de consistência (IC) pelo índice de consistência aleatória (CA). Essa medida, proposta por Ishizaka e Labib (2011), permite verificar se a consistência dos julgamentos é suficiente em relação a um valor de referência aleatório, ajudando a avaliar a confiabilidade dos resultados obtidos.

$$RC = \frac{IC}{CA} \quad (\text{Equação 5})$$

A CA, ou índice de consistência aleatória, pode ser obtida a partir da Tabela 2, que apresenta os valores correspondentes de CA de acordo com o número de critérios analisados no problema.

Tabela 2 - Índice de CA

Número de critério analisados no problema										
Quantidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CA	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49

Fonte: Adapta de Figueira, Greco e Ehrgott (2005).

Conforme ressaltado por Saaty (1990), quando a relação $RC \leq 0,10$ é satisfeita, considera-se que a estimativa dos pesos W_i é aceitável e a matriz de decisão é considerada consistente. No entanto, se o valor de RC for maior que 0,10, isso indica que o decisor deve revisar o modelo e os pesos atribuídos, a fim de melhorar a consistência dos julgamentos. Nesse caso, é importante buscar ajustes que reduzam a inconsistência e tornem os resultados mais confiáveis.

3.2.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMAS

A formulação do problema foi estruturada da seguinte maneira:

- Foco principal: Determinar a fonte renovável mais adequada para a geração de eletricidade em uma residência unifamiliar localizada na zona urbana do município de Pouso Alegre/MG.
- Alternativas viáveis: As alternativas consideradas foram a energia solar fotovoltaica e a energia eólica, com base nas características locais.

- Critérios: Foram estabelecidos parâmetros que serviriam como base para a escolha da alternativa viável, considerando fatores relevantes.

3.2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Os critérios adotados neste trabalho foram estabelecidos com base no artigo publicado por Mendes, Pereira e Sthel (2019). Nele, os autores evidenciaram que os critérios mais aplicados para esse tipo de problema incluem aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais, sendo subdivididos em subcritérios.

O critério econômico, foi distribuído entre os seguintes subcritérios: o custo de aquisição dos equipamentos em moeda local (R\$) e a avaliação do nível de manutenção necessário para os sistemas eólicos e solares fotovoltaicos, classificados como de baixa, média ou alta exigência. Os custos dos equipamentos foram obtidos através de orçamentos com empresas especializadas em instalações de sistemas de energia renovável. Quanto ao nível de manutenção, foram considerados os níveis estabelecidos no artigo citado anteriormente.

O critério técnico, considerou subcritérios relacionados a produção de energia, em kWh/mês; vida útil, em anos; e espaço físico necessário para instalação dos sistemas, em m². Todas essas informações foram obtidas através das empresas especializadas consultadas.

O critério ambiental, considerou o potencial energético local (W/m²). A medição do potencial energético local foi realizada utilizando informações disponibilizadas pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB).

3.2.3 ATRIBUIÇÃO DE PESOS AOS CRITÉRIOS

A atribuição de pesos aos critérios e subcritérios foi realizada com base no preenchimento da Matriz de Julgamento por três professores da universidade.

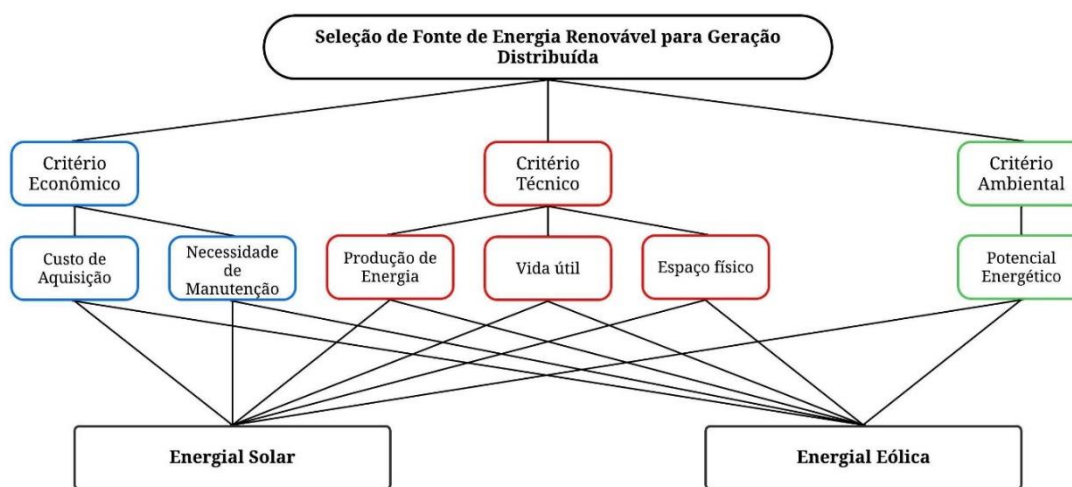
3.2.4 MODELAGEM DO PROBLEMA UTILIZANDO MÉTODO AHP

Essa etapa teve como objetivo a criação da árvore da estrutura hierárquica do problema, seguida pela seleção da melhor solução em relação ao sistema renovável (eólico e solar fotovoltaico) para a geração distribuída na residência. Para isso, foi utilizado o método AHP com auxílio do software Excel.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na revisão bibliográfica realizada, para a formulação do problema e para o consumo médio mensal de eletricidade, foram estabelecidos critérios nas áreas econômica (custo de aquisição dos equipamentos, em R\$, e necessidade de manutenção), ambiental (potencial energético em W/m²), e técnica (produção de energia, vida útil e necessidade de espaço físico). Com esses critérios definidos, a árvore hierárquica foi desenvolvida (conforme apresentado na Figura 3).

Figura 3 - Árvore hierárquica de seleção de FRE para GD.



Fonte: Elaboração própria.

Após a construção dos critérios e subcritérios, foram realizadas pesquisas de campo e análise das especificações técnicas de sistemas de energia solar fotovoltaica e eólica adequados às necessidades energéticas da residência, resultando na elaboração de uma tabela de pagamentos, como evidenciado na Tabela 3.

Tabela 3 - Tabela de pagamentos obtida para os critérios considerados

Critérios de escolha	Subcritérios de escolha	Alternativas	
		Solar	Eólica
C1 - Econômico	S1.1 - Custo de Aquisição (R\$)	5000	10000
	S1.2 - Necessidade de Manutenção	Baixo	Baixo
C2- Técnico	S2.1 - Produção de Energia (kWh/mês)	256	220
	S2.2 - Vida útil (anos)	25	20
	S2.3 - Espaço físico (m ²)	Baixo	Baixo
C3 - Ambiental	S3.1 - Potencial Energético (W/m ²)	4790	56

Fonte: Elaboração própria.

Após a montagem da tabela de pagamentos (Tabela 3), foi construída a matriz de julgamento par a par entre os subcritérios. Na Tabela 4 pode-se observar a matriz elaborada com base no julgamento de três professores da universidade.

Tabela 4 - Matriz de Julgamento.

Matriz de Julgamento						
	Custo	Manutenção	Produção	Vida útil	Espaço	Potencial energético
Custo	1	3	5	5	3	5
Manutenção	0,333	1	5	3	1	3
Produção	0,200	0,200	1	7	5	7
Vida útil	0,200	0,333	0,143	1	5	3
Espaço	0,333	1	0,200	0,200	1	3
Potencial energético	0,200	0,333	0,143	0,333	0,333	1
Valor	2	6	11,486	16,533	15,333	22,000

Fonte: Elaboração própria.

Após a elaboração da Matriz de Julgamento, foram calculados os pesos de cada um dos subcritérios, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Cálculo de peso dos subcritérios.

Matriz Dividida							
	Custo	Manutenção	Produção	Vida útil	Espaço	Potencial energético	Peso do Critério
Custo	0,441	0,511	0,435	0,302	0,196	0,227	0,352
Manutenção	0,147	0,170	0,435	0,181	0,065	0,136	0,189
Produção	0,088	0,034	0,087	0,423	0,326	0,318	0,213
Vida útil	0,088	0,057	0,012	0,060	0,326	0,136	0,113
Espaço	0,147	0,170	0,017	0,012	0,065	0,136	0,091
Potencial energético	0,088	0,057	0,012	0,020	0,022	0,045	0,041

Fonte: Elaboração própria.

Pela Tabela 5, nota-se que, os professores atribuíram maior peso ao subcritério referente ao custo de aquisição dos equipamentos, em relação aos demais subcritérios. Outros subcritérios que podem ser ressaltados são os referentes a capacidade de produção de energia e a necessidade de manutenção dos sistemas.

A Tabela 6 mostra a tabela de comparação dos subcritérios entre cada uma das alternativas de geração distribuídas consideradas no trabalho.

Tabela 6 - Tabela de Comparação dos subcritérios.

Tabela de Comparação						
Alternativas	Custo	Manutenção	Produção	Vida útil	Espaço	Potencial energético
Solar	9	9	9	9	9	9
Eólica	5	9	7	7	9	1

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 7 mostra o resultado obtido na aplicação do método AHP através do software Excel.

Tabela 7 - Tabela de Decisão.

Tabela de Decisão							
Alternativas	Custo	Manutenção	Produção	Vida útil	Espaço	Potencial energético	Total
Solar	3,170	1,704	1,916	1,021	0,823	0,367	9,000
Eólica	1,761	1,704	1,490	0,794	0,823	0,041	6,612

Fonte: Elaboração própria.

Após a conclusão de todas as etapas do método AHP, a energia solar fotovoltaica obteve uma pontuação superior à energia eólica, portanto mostrou-se a melhor decisão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a aplicação do método AHP através do software Excel, conclui-se que a Energia Solar Fotovoltaica é a melhor solução para geração de eletricidade por geração distribuída para a residência em questão.

O resultado deste estudo fortalece a tendência nacional de expansão do uso da Energia Solar Fotovoltaica na GD em residências, destacando-a como uma estratégia de investimento para a redução da fatura mensal de energia elétrica.

Adicionalmente, a energia solar fotovoltaica conectada à rede elétrica se configura como uma fonte renovável de significativo potencial energético em todo o território nacional, necessitando de pouco espaço físico, uma vez que há a praticidade de instalar esses sistemas nos telhados das casas, enquanto a geração de energia eólica enfrenta limitação em áreas urbanas, em função dos obstáculos econômicos e físicos.

REFERÊNCIAS

ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. Distributed generation: a definition. *Electric Power Systems Research*, 2001, v. 57, n. __, p. 195-204.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Brasil obtém expansão de 868,2 MW na capacidade instalada em outubro. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/brasil-obtem-expansao-de-868-2-mw-na-capacidade-instalada-em-outubro>>. Acesso em 01 mai. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Geração distribuída. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acesso em 18 jun. 2023.

BARICEVIC, T.; MIHALEK, E. T. A.; UGARKOVIC, K. AHP method in prioritizing Investments in transition of MV Network To 20 KV. In: *International Conference on Electricity Distribution*, 20 th. Prague, 2009.

BARROSO, L. L. et al. General aspects about the feasibility of installing Wind Energy in Brazil. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 9, e308911931781, 2022

BRUNELLI, M. *Introduction to the Analytic Hierarchy Process*. New York: Springer, 2014.
COSTA, H. G. *Auxílio Multicritério à Decisão: método AHP*. Rio de Janeiro: ABREPRO, 2006.

CARLEY, S. Distributed generation: an empirical analysis of primary motivators. *Energy Policy*. 2009, v. 37, n. __, p. 1648–1659.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). Fontes de dados eólicos e solares. Disponível em:<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=fontes_dados_vento_sol>. Acesso em 01 mai. 2023.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). Potencial Eólico - Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=atlas_eolico>. Acesso em 01 mai. 2023.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). Potencial Solar - SunData v 3.0. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em 01 mai. 2023.

FIGUEIRA, J., GRECO, S., EHRGOTT, M. (org.). *Multiple criteria decision analysis – state of the art surveys*. New York: Springer Science+Business Media, 2005.

FREITAS, A. L. P.; MARINS, C. S.; SOUZA, D. O. A metodologia de multicritério como ferramenta para a tomada de decisões gerenciais: um estudo de caso. *Revista GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas*. 2006, v. __, n. 2, p. 51-60.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de Decisões em Cenários Complexos. São Paulo: Thomson, 2004.

HODGE, B. Keith. Sistema e aplicações de energia alternativas. São Paulo: LTC, 2011. 324 p.

MENDES, L. F. R.; ERTHAL JÚNIOR, M.; HOSKEN, L. A. L. Seleção de sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais litorâneas localizadas no norte do estado do Rio de Janeiro. Revista eletrônica Produção & Engenharia, v. 4, n. 1, p. 338-345, 2013.

MENDES, L. F. R.; PEREIRA, H. M. P. Investigação de critérios adotados para seleção de geração distribuída a partir de fontes renováveis de energia com o método AHP. In: Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão, 3. 2016, Campos dos Goytacazes/ RJ.

PREFEITURA MUNICIPAL DE POUSO ALEGRE. Economia. Disponível em: <<https://pousoalegre.mg.gov.br/pagina-site-submenu/32>>. Acesso em: 01 mai. 2023.

SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, v. __, n. 48, p. 9-26, 1990.

SHIZAKA, A.; LABIB, A. Review of the main developments in the analytic hierarchy process. Expert Systems with Applications. 2011, v. 38, n. __, p. 14336–14345.

MENDES, L. F. R.; PEREIRA, H.M.P; STHEL, M.S. Análise multicritério para seleção de fontes renováveis de energia em um domicílio urbano no município de Campos dos Goytacazes/RJ. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.8, n.1, p. 278- 298, 2019

INTELBRAS. Simulador de Energia Solar. Disponível em: <<https://www.intelbras.com/pt-br/energia-solar/simulador>>. Acesso em 15 nov. 2023.

SEBRAE. Energia eólica residencial é alternativa para pequenos consumidores. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/energia-eolica-residencial-e-alternativa-para-pequenos-consumidores,b3b2216c23584810VgnVCM100000d701210aRCRD>>. Acesso em 15 nov. 2023.