Análise multicritério e tomada de decisão espacial com base no processamento de informações qualitativas na prospecção de sítios geradores das energias renováveis

Lívia Maria Leite da Silva, Petr Yacovlevitch Ekel, Douglas Alexandre Gomes Vieira, Gustavo Luís Soares

A energia renovável pode ser caracterizada como aquela advinda de fontes que se renovam naturalmente em ciclos de vida menores que 100 anos e cuja disponibilidade não é afetada pelo consumo. Sua utilização para fins energéticos tem sido preconizada com um importante mecanismo de promoção do desenvolvimento sustentável, tendo em vista sua capacidade de atender a demandas cada vez maiores e com menores impactos ambientais, quando comparadas às fontes de origem fóssil.

Embora o aproveitamento das energias renováveis apresente vantagens relacionadas tanto a aspectos ambientais como econômicos e sociais, estas fontes esbarram em algumas dificuldades devido, principalmente, à natureza intermitente de sua disponibilidade. Os recursos naturais são dependentes de eventos não controlados pelo homem, mas diretamente influenciados por fatores climáticos. Surge então a necessidade de armazenamento da energia gerada para garantia do suprimento à sociedade. Outra alternativa, ou mesmo uma medida complementar, seria a diversificação de fontes de energia, ou hibridização da geração. Um sistema energético que utiliza dois ou mais tipos diferentes de fontes renováveis é chamado Sistema de Energia Renovável Híbrido (SERH).

Além da natureza estocástica da geração de energia renovável, essa energia é caracterizada pela sua dispersão irregular ao longo do globo terrestre. Os recursos das energias renováveis muitas vezes são concentrados em locais que impossibilitam ou dificultam seu aproveitamento, devido ao risco que

isso poderia representar para patrimônios culturais ou áreas prioritárias para conservação ambiental.

No que diz respeito a investimento em geração, as condições descritas exigem dos empreendedores um cuidadoso processo de tomada de decisão. Nesse contexto, insere-se com êxito a adoção da Análise Multicritério Espacial (AMC-E), uma ferramenta que possibilita uma análise consistente de problemas espaciais, capaz de contemplar critérios relevantes, bem como juízos de natureza subjetiva envolvidos no problema tratado.

A análise multicritério espacial (AMC-E)

A AMC-E é um procedimento que transforma e combina dados geográficos (mapas de entrada) e preferências de especialistas em mapas de decisão (mapas de saída) por meio de regras de decisão. No problema de instalação de usinas geradoras de energia, os mapas de decisão são mapas de uma região sob estudo, que por meio de uma escala de cores, diferencia as regiões, destacando as áreas mais aptas para a recepção de usinas de geração e diferenciando-as das menos aptas, por meio de uma escala contínua.

Um aspecto crítico da AMC-E é que ela envolve a avaliação de alternativas de decisão definidas geograficamente, baseadas em valores de critérios e preferências de decisores. Isto implica que os resultados das análises dependem não somente de modelos espaciais, mas também de valores de julgamentos envolvidos nos processos de decisão, que possuem, fundamentalmente, caráter qualitativo. Portanto, é extremamente importante a utilização de modelos que permitem considerar corretamente este tipo de informação.

Neste sentido, o estudo de Silva et al. (2020) buscou discutir o desenvolvimento de ferramentas metodológicas para a consideração da informação qualitativa na resolução de problemas espaciais com múltiplos critérios; em particular, analisando o problema da determinação de alternativas locacionais para SERHs, representados pelas fontes eólica e solar fotovoltaica, no Estado de Minas Gerais.

Criando mapas de decisão

O processo decisório proposto se inicia com a determinação dos critérios de caráter espacial relevantes para a decisão como, por exemplo, a radiação solar disponível, a velocidade de ventos, a declividade do relevo, as Unidades de Conservação Ambiental etc. Neste ponto, uma questão importante relacionada a problemas que envolvem múltiplos critérios foi considerada: a quantificação da importância relativa de cada um desses critérios, de acordo com a visão de um grupo de especialistas. Tal quantificação encontra dificuldades posto que os critérios podem possuir graus de importância diferentes entre os componentes do grupo. Neste sentido, o trabalho adapta modelos que permitem aos especialistas expressarem suas preferências com relação aos critérios por meio de diferentes formatos de representação de preferências, que são posteriormente transformados e processados para gerar um vetor de pesos que reflete a importância relativa

Os recursos das energias renováveis muitas vezes são concentrados em locais que impossibilitam ou dificultam seu aproveitamento, devido ao risco que isso poderia representar para patrimônios culturais ou áreas prioritárias para conservação ambiental

dos critérios, de acordo com o grupo. Esses pesos são, então, utilizados em conjunto com uma regra de decisão para gerar os mapas de decisão.

A regra de decisão utilizada neste trabalho permite gerar saídas (mapas de decisão) de acordo com diferentes atitudes de decisão, que podem refletir, por exemplo, o atendimento a "Maioria" dos critérios, a "Todos" os critérios, a "Pelo menos 30%" dos critérios, etc (Figura 1). A regra de decisão é baseada na utilização dos chamados "Quantificadores Linguísticos" que implementam operações de agregação de critérios que expressam termos linguísticos (isto é, "Maioria", "Todos", etc).

Os mapas de decisão obtidos destacam as áreas mais aptas para a instalação de SERHs em Minas Gerais, segundo os critérios considerados na análise realizada. Tais áreas situam-se nas regiões Norte, Noroeste e Oeste do Estado. Ao considerar apenas os mapas de decisão, é possível que possam ser apontadas mais de uma alternativa de solução. Ademais, podem ocorrer situações onde as alternativas obtidas são difíceis de serem diferenciadas e/ou priorizadas.

Dadas as características deste tipo de geração, os resultados obtidos pela pesquisa desenvolvida podem fornecer indicadores importantes para governos e investidores

Avaliando as alternativas

Como forma de apoiar uma melhor avaliação dos resultados, seja uma comparação, escolha, priorização e/ou ordenação dessas alternativas, o modelo desenvolvido baseia-se nos Modelos <X, R> que são modelos para tomada de decisão em ambiente nebuloso (ambiente fuzzy) e que permitem que as alternativas sejam avaliadas por um especialista (ou um grupo), novamente, por meio de diferentes formatos de preferências. Essa nova avaliação é realizada levando em consideração critérios adicionais de caráter quantitativo e/ou qualitativo (espaciais ou não espaciais). O uso de critérios qualitativos geralmente baseia-se no conhecimento, experiência e intuição dos especialistas envolvidos. Neste ponto, também podem basear-se na utilização de mapas qualitativos que expressam a distribuição espacial de características como "risco ambiental", "integridade da fauna" etc. Para o Estado de Minas Gerais, o potencial de biomassa foi considerado um critério adicional, de natureza espacial e quantitativa.

Atualmente, o Governo Federal prevê um aumento significativo na participação de fontes renováveis na Matriz Energética Nacional. Dadas as características deste tipo de geração, os resultados obtidos pela pesquisa desenvolvida podem fornecer indicadores importantes para governos e investidores. Ressalta-se que a análise e os procedimentos utilizados possuem caráter flexível e o modelo proposto pode ser utilizados para analisar outras fontes de energia, assim como outros problemas locacionais.

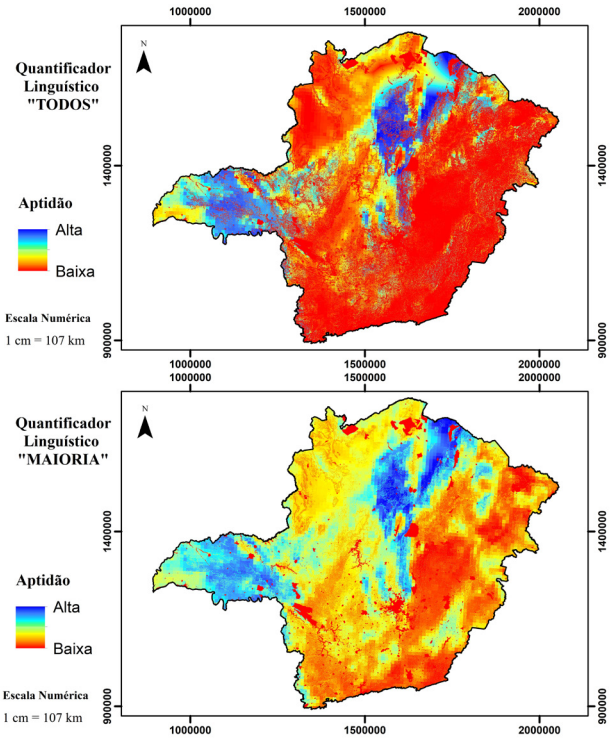
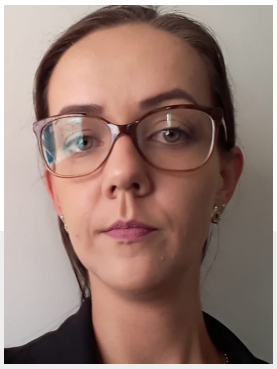


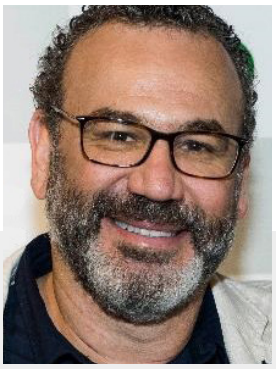
Figura 1. Mapas de decisão



Lívia Maria Leite da Silva

Petr Y. Ekel

Douglas Alexandre Vieira



Gustavo Luís Soares

Os Pesquisadores

Lívia Maria Leita da Silva
Possui graduação em Engenharia de Energia e mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Atualmente, cursa doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Petr Yakovlevitch Ekel
Possui graduação em Engenharia Elétrica e graus M.Sc. e Ph.D. pela Universidade Técnica Nacional da Ucrânia "Instituto Politécnico de Kiev" e D.Sc. (habil) pelo instituto de Eletrodinâmica da Academia de Ciências da Ucrânia. Tem títulos de Cientista Sênior, Professor Titular e Acadêmico (Academia de Ciências de Engenharia da Ucrânia). Atualmente, é professor titular da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, orientador de teses de doutorado da Universidade Federal de Minas Gerais e diretor executivo da ASOTECH.

Douglas Alexandre Gomes Vieira
Possui pós-doutorado, doutorado e graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais. Trabalhou como pesquisador Associado no Imperial College London (UK) e fez doutorado sanduíche na Universidade de Oxford (UK). Atualmente é Diretor Executivo da ENACOM Handcrafted Technologies e participa do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais.

Gustavo Luís Soares
Possui graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais e pela Université de Bretagne Occidentale, França. É Professor Adjunto IV na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. É diretor da VS2 Consultoria, Pesquisa e Engenharia e VS2 Educação.

Contato

liviamarialsilva@hotmail.com

Referência

L. M. L. Silva, P. Y. Ekel, D. Vieira and G. L. Soares, "Multiattribute Spatial Decision-Making for Qualitative Information Processing as Applied to the Renewable Energy Generating Sites Prospection," IEEE Access, vol. 8, pp. 137745-137757, Jul. 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3012098.

PUC Minas