

MAPEAMENTO ESPACIALMENTE EXPLÍCITO DA DISPONIBILIDADE DE RECURSOS RENOVÁVEIS E INFRAESTRUTURA PARA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Renato Carlos Rodrigues Neto (IC)¹, Samara Calçado Azevedo (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá- UNIFEI

Palavras-chave: Infraestrutura. Hidrogênio. Mapeamento. Energia

Introdução

O hidrogênio (H) é o elemento mais comum no universo e o quarto elemento mais abundante no planeta Terra. Para a obtenção do combustível hidrogênio (H₂), faz-se necessário o uso de tecnologias apropriadas e rotas de produção, demandando expressiva quantidade de energia no processo (BEZERRA, 2021). Uma das formas de produção do Hidrogênio é pela eletrólise da água, por eletrolisadores, com recurso à molécula da água (H₂O) e de energia elétrica. Assim, são separados o oxigênio (O) e o hidrogênio (H₂) através de uma corrente elétrica (MONTEIRO. L. M. B, 2021)..

Para diferenciar as tecnologias de produção e fontes de energia empregada, utiliza-se de um espectro de cores na sua classificação como, por exemplo, o hidrogênio cinza - produzido a partir de combustíveis fósseis; o azul - também de fósseis, mas com captura de carbono; e o verde - gerado usando fonte de energia renovável (como, por exemplo, energia solar, eólica ou biomassa). O hidrogênio verde (H₂V) destaca-se entre os demais como uma alternativa sustentável e com potencial para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, podendo contribuir para as metas ambientais e climáticas estabelecidas.

A utilização do H₂V como vetor energético envolve sua aplicação em diversas áreas, podendo ser utilizado para transporte, eletricidade, indústria, etc. A potencialidade do H₂V é enorme e já vem sendo demonstrada em vários estudos (REIS et al., 2016).

No entanto, ainda são muitos os desafios para a sua produção no que diz respeito às tecnologias envolvidas, armazenagem, transporte, infraestrutura e recursos disponíveis, e até mesmo desafios regulatórios (REIS et al., 2016). O presente trabalho tem como objetivo mapear os principais aspectos envolvidos para a produção de H₂V no estado de Minas Gerais, haja vista a riqueza de recursos naturais observados no estado, os quais podem ser de grande potencial para a produção sustentável desse tipo de recurso energético e aproveitamento de suas características hídricas abundantes. Dessa forma, este estudo tem o objetivo de levantar dados de diversas fontes que envolvam infraestrutura, distribuição energética, considerando

também as restrições ambientais presentes em Minas Gerais para identificar futuramente, os locais potenciais para a produção de hidrogênio verde no estado..

Metodologia

Para a realização do projeto, foi feito um levantamento de dados geográficos georreferenciados sobre aspectos pertinentes como transporte, linhas de transmissão, e produção de energia renovável eólica, solar e hidrelétrica já existente em Minas Gerais, utilizando os dados (vetoriais e matriciais) mais recentes. O software livre QGIS 3.34.4, de código aberto, foi usado para armazenar, manipular e analisar os dados, assim como para elaboração dos mapas temáticos de infraestrutura, energia e áreas de restrição.

Os dados geográficos foram obtidos principalmente de órgãos públicos e fontes abertas, como IDE-Sisema, ANEEL, DNIT, e outros. Os dados passaram por inspeção de atributos, compatibilização de sistema de referência, checagem de geometrias e de inconsistências quando era observada essa necessidade. Por fim, os mapas temáticos foram elaborados, os quais representam os principais aspectos levantados no decorrer do projeto. Como trata-se de uma área expressiva que é o estado de Minas Gerais e com grande volume de dados, neste trabalho optou-se por apresentar principalmente as áreas identificadas como restrições ambientais, e alguns indicadores importantes como distribuição espacial dos tipos de transporte disponíveis no estado, extensão de linhas de transmissão, densidade da rede, produção já existente de energia renovável, os quais são base para o mapeamento espacialmente explícitos dos recursos e infraestruturas que indicarão as áreas com maior potencial para a produção de hidrogênio verde em Minas Gerais.

Resultados e discussão

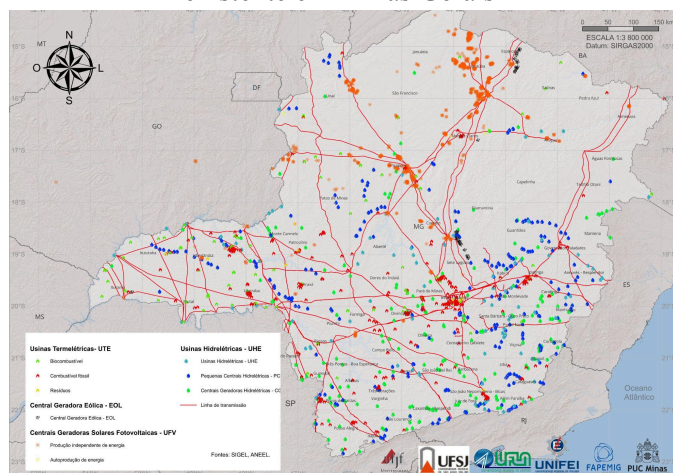
Distribuição Energética Disponível

Minas Gerais possui uma matriz elétrica predominantemente renovável e diversificada, composta pelas fontes eólica, solar, hídrica e térmica. A crescente implantação de novos empreendimentos, principalmente solares fotovoltaicos, evidencia tal vocação.

A maior parte da energia produzida provém da energia hidrelétrica que pode ser dividida em Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) e Usinas Hidrelétricas (UHE). Juntas, o estado produz 15,15 GW. Sua produção se concentra principalmente na região do Triângulo Mineiro.

A energia elétrica por meio da fonte solar é obtida através da geração centralizada (usinas fotovoltaicas – UFV) e da geração própria de consumidores (geração distribuída – GD). Além disso, temos fontes térmicas e eólicas que são muito utilizadas no estado. As usinas termelétricas podem ser divididas pelo combustível que utilizam, sendo eles biocombustíveis (bagaço de cana de açúcar, lenha, carvão vegetal), combustível fóssil (óleo diesel) e resíduos (animal e sólido). Sua produção se concentra principalmente na região central do estado. Em relação às usinas eólicas, sua produção se concentra principalmente na região norte do estado.

Figura 1 - Distribuição espacial da matriz energética existente em Minas Gerais



Fonte: Autoria própria

Infraestrutura

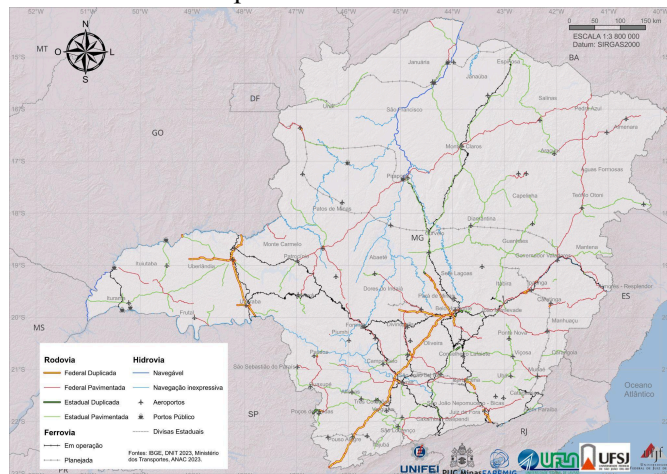
A infraestrutura do estado pode ser dividida em transporte terrestre, aquaviário e aéreo. A rede de transporte terrestre pode ser subdividida em rodovias e ferrovias. No total são 9519,93 Km de rodovias implantadas, considerando rodovias pavimentadas e duplicadas, sendo federais e estaduais. Já em relação ao transporte ferroviário, o estado conta com um sistema bem desenvolvido que traz benefícios econômicos e seguros para o transporte de mercadorias já que conta com uma linha férrea que corta o estado de norte a sul.

O transporte aquaviário temos os portos e hidrovias. No caso dos portos, foi observado que o estado não possui nenhum porto em funcionamento, apenas em planejamento. No caso das hidrovias, sua extensão total é de 5274,78 Km, localizadas em diversos rios de Minas Gerais, como por exemplo Rio Doce, Rio Grande, Rio

Paracatu, Rio Paranaíba e Rio São Francisco. A maior hidrovia está localizada no Rio São Francisco com uma extensão de 1035,63 Km.

Por fim, em relação ao transporte aéreo, é observado que o estado possui diversos aeródromos espalhados pelo território, o que favorece o transporte de pessoas e mercadorias.

Figura 2 - Distribuição espacial de infraestrutura de transporte em Minas Gerais



Fonte: Autoria própria

Além destes mapas de infraestrutura, foram gerados mapas de localização de dutovias.

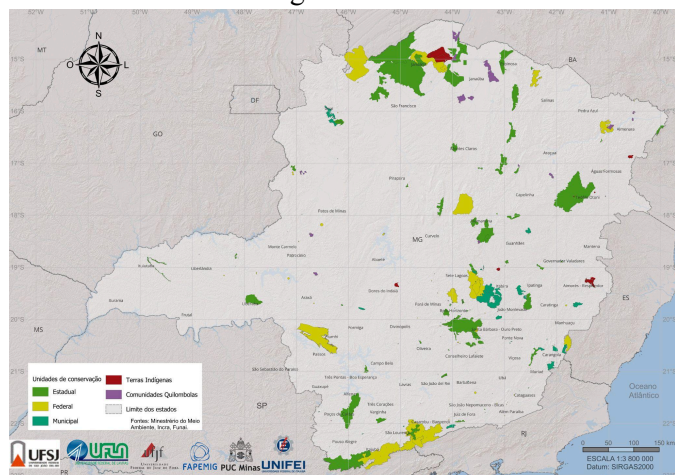
Restrições Ambientais

Para o estudo de áreas aptas à produção de H₂V é necessário entender quais são as áreas de restrição no estado, ou seja, áreas com impeditivos ambientais/legais e técnicos para implantação de novos empreendimentos. O mapeamento incluiu como restrição as unidades de conservação, áreas quilombolas e áreas indígenas. A distribuição espacial dessas áreas pode ser vista na Figura 3.

A implantação de áreas de conservação é um meio de proteger a fauna, a flora e os processos que regem o ecossistema. Minas Gerais possui um total de 39697,11 Km² de áreas para conservação. Em relação às áreas indígenas e quilombolas, o estado conta com 1313,4 Km² destinado para áreas indígenas e 1256,3 Km² para áreas quilombolas. Estas áreas precisam ser conservadas pois, a Convenção Americana sobre Direitos Humanos (CADH), aprovada pelo Decreto n. 678/1992 e a Declaração da ONU sobre os Direitos dos Povos Indígenas consideram a consulta prévia, livre e informada um direito humano fundamental (INDÍGENA, 2019). Além dessas áreas de restrição, também foram gerados mapas de áreas urbanizadas, massas d'água e mineração para identificar locais

indisponíveis ao estudo, pois nessas áreas não é possível a produção de H₂V.

Figura 3 - Distribuição espacial de áreas de restrição ambiental/legal em Minas Gerais

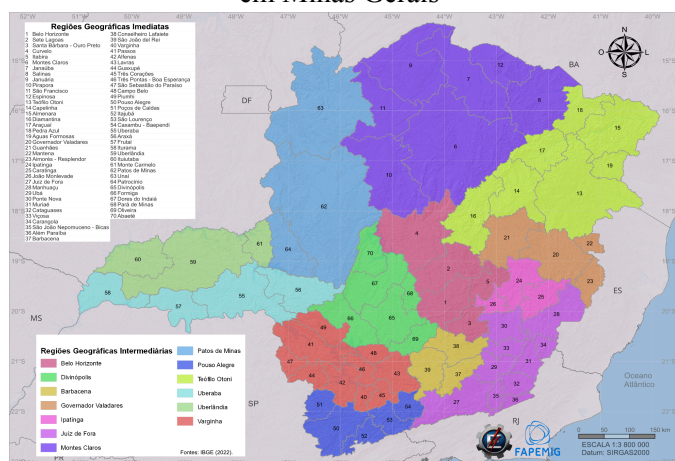


Fonte: Autoria própria

Produção de mapas quantitativos a respeito dos recursos levantados

Os dados levantados também contribuíram para a geração de produtos cartográficos que demonstram quantitativamente a distribuição dos recursos estudados. Vale ressaltar que a análise a princípio, foi realizada para as 13 regiões intermediárias de MG, conforme destacado na Figura 4.

Figura 4 - Mapa de regiões intermediárias e imediatas em Minas Gerais

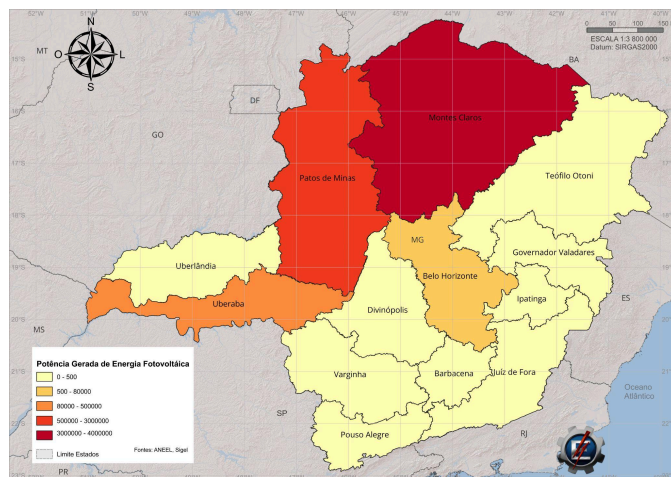


Fonte: Autoria própria

Em relação aos dados levantados sobre a produção energética renovável já instalada no estado, foi possível construir o mapa da distribuição de energia fotovoltaica por região intermediária, conforme pode ser visto na Figura 5. A partir disso é possível observar quais os

locais do estado possuem áreas estratégicas, de acordo com os recursos estudados, demonstrando características e aptidão para uma futura possível produção de hidrogênio verde.

Figura 5 - Mapa de produção de energia fotovoltaica em Minas Gerais

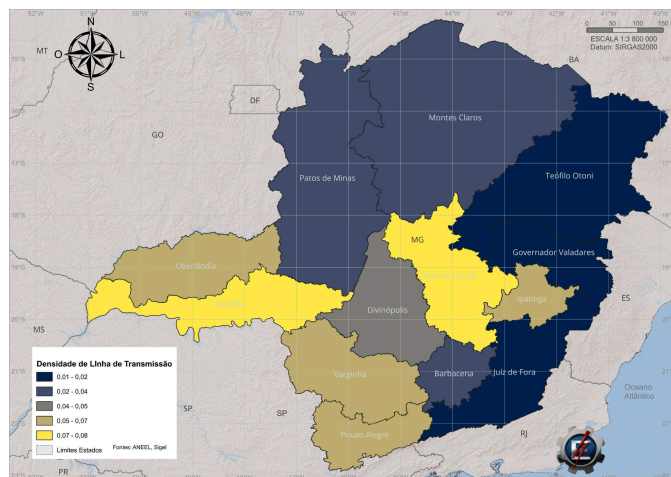


Fonte: Autoria própria

Como pode ser observado no mapa, o local com maior produção de energia fotovoltaica é a região intermediária de Montes Claros, no norte do estado, que possui uma operação de 3,18 GW de potência, isso corresponde a mais de 80% da produção do estado.

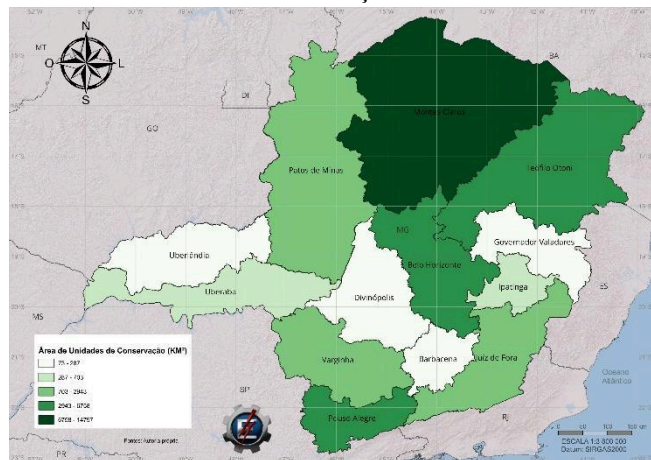
Em relação as infraestruturas mapeadas, foi possível construir um mapa da densidade de linhas de transmissão por região intermediária (Figura 6). A região de Belo Horizonte se destaca, pois possui a maior densidade, totalizando 2571,26 Km⁻¹. Isso pode ser corroborado pela Figura 1 onde mostra a distribuição espacial de linhas de transmissão com concentração maior na capital do estado.

Figura 6 - Mapa de densidade de Linhas de Transmissão em Minas Gerais



Fonte: Autoria própria

Figura 7 - Distribuição espacial de área de concentração de unidades de conservação em Minas Gerais



Fonte: Autoria própria

Outro fator relevante são as áreas onde não é viável instalar estruturas para a produção de hidrogênio verde, como as áreas de conservação. O mapa indica que a região de Montes Claros abriga a maior concentração de unidades de conservação do estado, totalizando 14.796,54 km², onde provavelmente deverá ser descartada de áreas potenciais para a produção de H₂V.

Conclusões

Com base nas informações apresentadas, podemos concluir que as representações cartográficas permitem uma análise abrangente para a produção de H₂V no estado. Alguns desafios foram observados, quanto à disponibilidade e qualidade dos dados geográficos obtidos, o que necessita de checagem e análises rigorosas para não resultarem em informações equivocadas.

No que diz respeito à infraestrutura, o estado conta com uma concentração maior na área central, além de extensa rede de rodovias, e de uma ferrovia que o atravessa. As áreas que possuem restrições também foram mapeadas sendo observada uma maior concentração de UC na região de Montes Claros. Em relação ao mapeamento de fontes energéticas existentes, as áreas de Uberaba e Uberlândia se destacam, pois reúnem os maiores recursos naturais, como energia hídrica e solar, além de serem um dos poucos locais no estado com geração de energia eólica. Essas regiões também contam com uma infraestrutura favorável, incluindo rodovias, dutovias e aeroportos, que podem facilitar a produção e distribuição do hidrogênio verde. Para trabalhos futuros, será feito uma hierarquização de critérios e o estudo de áreas prioritárias com maior potencial para a produção de hidrogênio verde.

Agradecimentos

Agradeço o apoio recebido pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). Pela Universidade Federal de Itajubá, agradeço a oportunidade de aprendizado e enriquecimento na área acadêmica e profissional. À minha orientadora, Samara Calçado Azevedo, sou grato pela confiança e por todo auxílio.

Referências

ALVARENGA. P. O hidrogênio verde e a transição para uma economia de baixo carbono. **Eixos**. Disponível em: <https://eixos.com.br/hidrogenio/o-hidrogenio-verde-e-a-transicao-para-uma-economia-de-baixo-carbono/>. Acesso em: 30 de set de 2024

BEZERRA. F.D. Hidrogênio Verde: Nasce um Gigante do Setor Energético. **Caderno Setorial ETENE**. Banco do Nordeste, 2021. Acesso em: 30 de set de 2024.

INDÍGENAS, quilombolas e outros povos tradicionais. **Centro de Pesquisa e Extensão em Direitos Socioambientais (CEPEDIS)**. Volume II. 2019. PUC-PR. p.15. Acesso em: 30 de set de 2024

INFRAESTRUTURA de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **IDE - Sisema**. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: 25 de ago. de 2024.

MINISTÉRIO do Meio Ambiente e Mudança do Clima. **Portal de Dados Abertos**. Disponível em: <https://dados.mma.gov.br/organization/ministerio-do-meio-ambiente>. Acesso em: 25 de ago de 2024.

MONTEIRO. L. M. B. Tecnologias de Produção de Hidrogênio Verde - Estudo Energético e Viabilidade Econômica. **Instituto Superior de Engenharia do Porto**. 2021. Disponível em: https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/18322/1/DM_LeonardoMonteiro_2021_MEESEE.pdf. p. 15. Acesso em: 22 de out. de 2024.

SISTEMA de informações georreferenciadas do setor elétrico. **SIGEL - ANEEL**. Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/Down/#:~:text=Explore%20the%20interactive%20map%20of%20Brazil's%20electric%20power%20generation%20sector>. Acesso em: 25 de ago. de 2024

REIS, R. J.; TIBA, C. Atlas Solarimétrico de Minas Gerais, v. 2, Belo Horizonte, 2016.