



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA

CIDADES MODELO MINEIRAS RUMO À LIDERANÇA EM TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Maria Eugênia Jones¹; Leandro Ferreira²

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, njonesmariae@gmail.com

²Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, leandrogomesf@gmail.com

GT 16: Relações Internacionais e meio ambiente.

Declaração: Durante a elaboração deste trabalho, o(a)(s) autor(a)(es) utilizou(aram) a ferramenta/serviço [ChatGPT] com o objetivo de [adaptar um artigo maior, em elaboração pela dupla de autores, para o formato solicitado pelo edital deste evento]. Após o uso desta ferramenta/serviço, o(a)(s) autor(a)(es) revisou(aram) e editou(aram) o conteúdo conforme necessário e assume(m) total responsabilidade pelo conteúdo da publicação.

RESUMO

Minas Gerais desponta como protagonista da transição energética no Brasil, destacando-se na geração de energia solar e no desenvolvimento de políticas públicas inovadoras. Este artigo analisa as estratégias adotadas por cidades-modelo mineiras — como Uberlândia, Contagem e Belo Horizonte — à luz das abordagens da Teoria Multinível, Governança de Transição e Policy Mix, comparando-as a experiências internacionais. A pesquisa combina análise qualitativa e quantitativa, com foco em capacidade instalada, governança e redes de inovação. Os resultados evidenciam avanços importantes, mas também desafios estruturais, regulatórios e de coordenação intergovernamental. A experiência mineira oferece lições valiosas para o fortalecimento da sustentabilidade energética e o posicionamento estratégico do estado no cenário nacional e internacional.

Palavras-chave: transição energética; cidades-modelo, Minas Gerais.

Destaques (highlights)

- Minas Gerais lidera a transição energética no Brasil com foco em energia solar, representando mais de 36% da capacidade instalada nacional.



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

- Cidades-modelo mineiras, como Uberlândia, Contagem e Belo Horizonte, operam como nichos de inovação e articulam políticas locais de transição energética.
- A integração entre Teoria Multinível, Governança de Transição e Policy Mix permite compreender os avanços e entraves da transição energética no estado.

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:



- Apesar dos avanços, desafios estruturais e regulatórios ainda limitam o potencial transformador da matriz energética mineira, exigindo maior coordenação institucional.

INTRODUÇÃO

A transição energética consolidou-se como um dos pilares do desenvolvimento sustentável no século XXI, sendo fundamental para mitigar os impactos das mudanças climáticas e garantir segurança energética de longo prazo. Mais do que a substituição de fontes fósseis por renováveis, trata-se de um processo estrutural que envolve mudanças nos modos de produção, consumo e governança da energia (GEELS, 2002). No Brasil, esse movimento tem se intensificado com o avanço de tecnologias limpas, a pressão internacional por descarbonização e o fortalecimento de políticas públicas voltadas à diversificação da matriz energética (EPE, 2024).

Minas Gerais destaca-se nesse cenário como liderança nacional na geração solar fotovoltaica. O estado reúne condições climáticas favoráveis, arcabouço regulatório propício e iniciativas institucionais como o Projeto Sol de Minas. Em 2024, Minas Gerais concentrava cerca de 20% da capacidade solar instalada no país, com destaque para o Complexo Solar de Janaúba, considerado um dos maiores da América Latina, com 1,2 GWp de capacidade (ABSOLAR, 2024). Esses avanços vêm ampliando a participação das fontes limpas na matriz elétrica estadual, impulsionando empregos verdes e o desenvolvimento regional.

Apesar dos progressos, desafios persistem. A modernização da infraestrutura de transmissão, a regulação da microgeração e a forte dependência da mineração — setor ainda intensivo em fontes fósseis — dificultam a consolidação de um sistema verdadeiramente



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

sustentável (EPE, 2024). Assim, compreender os avanços e entraves da transição energética em Minas Gerais é fundamental para o aprimoramento das políticas públicas.

Este artigo analisa experiências locais que atuam como cidades-modelo da transição energética mineira, comparando-as a casos latino-americanos de destaque, como Medellín, Montevideu, Rosário e Santiago. O objetivo é identificar boas práticas, lacunas e lições que fortaleçam o papel de Minas Gerais como referência em inovação energética e sustentabilidade.

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:



METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem qualitativa e comparativa, com base em análise documental, levantamento de dados secundários e estudo de casos múltiplos. A pesquisa tem como foco cinco cidades-mineiras selecionadas por sua relevância nos processos de transição energética no estado: **Belo Horizonte, Contagem, Juiz de Fora, Uberlândia e Sete Lagoas**. A seleção dos municípios seguiu critérios de diversidade regional, presença de programas públicos relacionados à energia limpa, destaque em indicadores de geração distribuída e existência de políticas locais de sustentabilidade energética.

Os dados foram obtidos a partir de fontes oficiais (como ANEEL, EPE, FEAM, MME e IBGE), relatórios institucionais, legislações municipais e estaduais, além de publicações acadêmicas e de organismos internacionais (como IRENA e CEPAL). Para cada cidade, foram analisados indicadores como capacidade instalada de fontes renováveis (especialmente solar), número de conexões de geração distribuída, existência de programas e incentivos fiscais, políticas de mobilidade elétrica, estrutura institucional de planejamento energético e inserção em redes ou consórcios de inovação sustentável.

Além da análise local, a pesquisa incorporou uma comparação com experiências de transição energética em quatro cidades latino-americanas: **Medellín (Colômbia), Montevideu (Uruguai), Rosário (Argentina) e Santiago (Chile)**. A seleção dessas cidades baseou-se em estudos prévios da CEPAL e da IRENA que apontam sua relevância no contexto regional. A comparação entre as cidades foi estruturada por meio de uma matriz analítica com eixos



temáticos: (1) políticas públicas e governança energética; (2) investimento em infraestrutura renovável; (3) mecanismos de financiamento e inovação; (4) engajamento social e justiça energética.

A metodologia inclui, ainda, a aplicação da Teoria Multinível (MLP), que estrutura a análise em três níveis: nicho (iniciativas locais e projetos piloto), regime sociotécnico (normas, instituições e infraestrutura vigente) e paisagem (contextos macroeconômico, político e ambiental). Complementarmente, adota-se a abordagem da Governança de Transição, enfocando os arranjos institucionais, o papel de atores públicos e privados e os instrumentos de policy mix. Essa estrutura teórica possibilita compreender as dinâmicas de transformação energética tanto em escala local quanto em perspectiva comparada regional.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A teoria da transição sociotécnica é fundamental para compreender mudanças estruturais em sistemas complexos, como o energético. Baseia-se na Perspectiva Multinível (MLP), desenvolvida por Geels (2002) e Geels e Schot (2007), que estrutura a transição em três níveis: nicho, regime e paisagem. O nicho é um espaço protegido onde inovações radicais podem surgir e ser testadas, geralmente apoiadas por políticas públicas (Geels; Schot, 2007). O regime consiste no sistema dominante, composto por práticas, normas e tecnologias que sustentam a estabilidade e resistem a mudanças disruptivas (Geels, 2004). A paisagem envolve forças externas, como mudanças climáticas e crises econômicas, que pressionam o regime e criam oportunidades para inovações emergentes (Geels, 2002).

Essa perspectiva evidencia que a transformação sistêmica depende da interação coevolutiva entre atores, instituições, normas e tecnologias (Rip; Kemp, 1998). No contexto da transição energética, essa abordagem é essencial para analisar a expansão das fontes renováveis que desafiam sistemas centralizados tradicionais.

Complementarmente, a governança da transição enfatiza as dimensões políticas e institucionais. Loorbach (2010) destaca que a governança eficaz deve incluir visão de longo prazo, participação deliberativa, experimentação e coordenação multinível. Transições demandam planejamento estratégico e aprendizado coletivo, com múltiplos atores atuando em arenas de transição para construir consensos (Loorbach et al., 2020). O empoderamento



transformativo — o papel ativo das comunidades locais em desafiar estruturas existentes — é crucial para o avanço (Avelino, 2021). Além disso, desalinhamentos institucionais entre normas vigentes e inovações dificultam mudanças e exigem negociação (Avelino; Grin, 2021).

Ademais, a aprendizagem social, que envolve a troca de experiências para lidar com incertezas, é outro aspecto chave para a governança da transição (Pesch, 2015). A combinação entre a MLP e a governança oferece uma visão integrada das dinâmicas técnicas, sociais e políticas envolvidas, especialmente relevante em contextos institucionais frágeis (Köhler et al., 2019).

No âmbito das políticas públicas, o conceito de policy mix é central para avaliar a combinação e coerência dos instrumentos voltados à transição energética (Rogge; Reichardt, 2016). Um mix eficaz articula regulação, incentivos econômicos e governança colaborativa, sendo necessária a coordenação entre níveis governamentais para evitar lacunas e duplicidades (Kern; Howlett, 2009).

Minas Gerais na Transição Energética e o Papel das Cidades-Modelo

Minas Gerais é um dos estados mais importantes para o setor energético brasileiro, historicamente dependente da energia hidrelétrica, que representa cerca de 20% da geração hidrelétrica nacional (EPE, 2024). Em 2023, aproximadamente 50% da energia gerada no estado ainda vinha de hidrelétricas, o que evidencia a vulnerabilidade a períodos de seca, como a crise hídrica entre 2014 e 2017. Para enfrentar tais desafios, o estado tem buscado diversificar sua matriz energética, com ênfase na energia solar. Em 2024, Minas Gerais atingiu 10 GW de capacidade instalada em energia solar fotovoltaica, consolidando-se como líder nacional no setor (PV Magazine Brasil, 2024).

Esse crescimento solar se deve à alta incidência solar e à expansão da geração distribuída, que já ultrapassou 700 mil sistemas no estado, sobretudo em residências e propriedades rurais. Minas Gerais responde por cerca de 36,4% da capacidade solar instalada no Brasil (ABSOLAR, 2024). Além disso, a energia eólica começa a ganhar espaço, com 1,2 GW instalados principalmente no Triângulo Mineiro, o que equivale a 4% da capacidade eólica brasileira (EPE, 2024).

Porém, a transição energética do estado enfrenta desafios estruturais, principalmente relacionados à infraestrutura de transmissão e distribuição. Minas Gerais conta com cerca de



16.000 km de linhas de transmissão, cuja modernização é fundamental para integrar fontes renováveis intermitentes. Está prevista expansão de 15% na rede até 2029, visando suportar o crescimento das energias solar e eólica (EPE, 2024). O investimento em sistemas de armazenamento também é essencial para garantir a estabilidade do sistema, considerando a variabilidade da geração.

Em 2024, foram investidos R\$ 1,5 bilhão na modernização das redes de transmissão, além de incentivos fiscais, como isenção de ICMS para equipamentos solares (Santos; Medeiros, 2024). Esses investimentos, aliados ao apoio privado, impulsionam o setor solar, gerando empregos e dinamizando a economia local.

Apesar dos avanços, Minas Gerais ainda depende de infraestrutura adequada para garantir estabilidade e segurança energética. O estado já supera a média nacional, com cerca de 35% da matriz proveniente de fontes renováveis (EPE, 2024), posicionando-se como um dos maiores polos de energia limpa do Brasil e contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para o fortalecimento de uma economia sustentável.

Cidades-Modelo Mineiras e Transição Energética

A transição para modelos energéticos sustentáveis é uma prioridade global, demandando mudanças profundas nos sistemas socio-técnicos. Minas Gerais destaca-se pela atuação de cidades-modelo que adotam estratégias inovadoras, analisadas aqui sob a ótica da perspectiva multinível (MLP), da governança da transição e do policy mix.

Segundo Geels (2002), a MLP organiza as transições em nichos, regimes e paisagens. Uberlândia, por exemplo, funciona como nicho inovador ao implementar sistemas fotovoltaicos em escolas e prédios públicos, com mais de 33 mil unidades consumidoras com geração distribuída (ANEEL, 2024). Contagem rompe com o regime tradicional ao desenvolver o Programa de Transição Energética nas Cidades (PROTEC), que inclui mobilidade elétrica e modernização da iluminação (PREFEITURA DE CONTAGEM, 2023), alinhado a pressões institucionais e culturais de mudança (RIP; KEMP, 1998).

A governança da transição, de acordo com Loorbach (2010), demanda visão de longo prazo e articulação institucional. Belo Horizonte, com mais de 26 mil conexões de microgeração solar (ANEEL, 2024), destaca-se por processos colaborativos entre universidades, ONGs e setor privado. Juiz de Fora e Sete Lagoas fortalecem arenas de transição



com convênios para inovação e formação de capital humano, promovendo aprendizagem social, elemento chave para transições sustentáveis (Pesch, 2015), e exercendo empoderamento transformativo (Avelino, 2021).

Ainda assim, a efetividade da transição também depende do policy mix, que segundo Rogge e Reichardt (2016), requer consistência, coerência e diversidade de instrumentos. Minas Gerais avançou com programas estaduais como Minas Solar e RenovaMG, que combinam subsídios, crédito e regulação favorável (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2023). Contudo, desafios persistem na coordenação intergovernamental, fundamental para evitar lacunas ou sobreposições, especialmente em cidades médias (Kern; Howlett, 2009).

Dessa forma, as cidades-modelo mineiras demonstram como inovação, planejamento estratégico e articulação institucional podem promover a transição energética, oferecendo lições para outras regiões rumo a sistemas mais limpos, justos e resilientes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transição energética em Minas Gerais, ilustrada pelas cidades de Belo Horizonte, Contagem, Juiz de Fora, Sete Lagoas e Uberlândia, revela uma abordagem multifacetada e progressiva. Em consonância com a Perspectiva Multinível (MLP) de Geels (2002), essas cidades atuam como nichos de inovação, impulsionando a diversificação da matriz energética local, com destaque para a energia solar. Programas como o PLAC em Belo Horizonte e o PTEC em Contagem demonstram o alinhamento com a governança da transição, buscando visão de longo prazo e articulação institucional, conforme Loorbach (2010).

A análise do "policy mix" evidencia a coerência entre instrumentos de política, embora desafios de coordenação intergovernamental persistam, como apontado por Kern e Howlett (2009). A experiência mineira espelha esforços observados em cidades latino-americanas, como Medellín e Rosário, que também implementam planos de ação climática e programas de geração renovável descentralizada. Montevideo e Santiago compartilham a busca por matrizes energéticas mais limpas, com foco em inclusão energética e eficiência. A formação de consórcios intermunicipais em Minas Gerais, para aquisição de tecnologias limpas e troca de experiências, ecoa a cooperação interinstitucional e a participação social presente nas cidades latino-americanas.



Portanto, a trajetória de Minas Gerais e das cidades latino-americanas demonstra que a transição energética é um processo dinâmico, que exige a integração de inovações tecnológicas, governança participativa e políticas públicas coesas, visando um futuro mais resiliente e sustentável.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. *Dados e estatísticas do setor solar brasileiro*. 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: 20 maio 2025.
- ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. *Dados 2024*. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: 20 maio 2025.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Dados de geração distribuída 2024*. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2025.
- AVELINO, F. Empowerment and transformative social innovation: a relational view. *European Journal of Social Theory*, v. 24, n. 1, p. 116–136, 2021. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/home/est>. Acesso em: 20 maio 2025.
- AVELINO, F.; GRIN, J. The institutional work of institutional entrepreneurs: divergent institutional logics and the challenges of institutional change. *Journal of Management Studies*, v. 58, n. 4, p. 957–982, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/14676486>. Acesso em: 20 maio 2025.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Balanco Energético Nacional 2024*. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2025.
- GEELS, F. W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, v. 31, n. 8-9, p. 1257–1274, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/research-policy>. Acesso em: 20 maio 2025.
- GEELS, F. W. From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, v. 33, n. 6-7, p. 897–920, 2004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/research-policy>. Acesso em: 20 maio 2025.



GEELS, F. W.; SCHOT, J. A. Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, v. 36, n. 3, p. 399–417, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/research-policy>. Acesso em: 20 maio 2025.

KÖHLER, J. et al. An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 31, p. 1–32, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/environmental-innovation-and-societal-transitions>. Acesso em: 20 maio 2025.

LOORBACH, D. A governance perspective on sustainability transitions. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 6, p. 658–666, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-cleaner-production>. Acesso em: 20 maio 2025.

PESCH, U. Social learning in transition processes: contributions from transition management to the governance of sustainability. *Journal of Cleaner Production*, v. 108, p. 69–80, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-cleaner-production>. Acesso em: 20 maio 2025.

ROGGE, K. S.; REICHARDT, K. Policy mixes for sustainability transitions: an extended concept and framework for analysis. *Research Policy*, v. 45, n. 8, p. 1620–1635, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/research-policy>. Acesso em: 20 maio 2025.