



# **INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SETOR ELÉTRICO: O USO DE MICRORREDES NO ENFRENTAMENTO DA POBREZA ENERGÉTICA**

## **ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ELECTRICITY SECTOR: THE USE OF MICROGRIDS IN TACKLING ENERGY POVERTY**

### **INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL SECTOR ELÉCTRICO: EL USO DE MICRORREDES PARA ENFRENTAR LA POBREZA ENERGÉTICA**

**BRUNA DOS ANJOS KLINGOR<sup>1</sup>**

#### **RESUMO**

Este trabalho analisou a relação entre pobreza energética e a utilização de microrredes como medida potencialmente benéfica no combate à pobreza energética. Para tanto, a pesquisa se dividiu em duas partes: em um primeiro momento, explicou-se o conceito de pobreza energética e a relação entre acesso à energia e justiça social; após, foram traçadas noções sobre microrredes e suas vantagens para a transição energética. Ainda na segunda parte do trabalho, buscou-se demonstrar a adoção de tal tecnologia em áreas remotas e/ou de baixa renda através de dois exemplos, quais sejam, a comunidade Xique-Xique e o povo indígena Munduruku. O objetivo da pesquisa foi responder se o uso de microrredes é capaz de contribuir no combate à pobreza energética no Brasil. Em termos metodológicos, o trabalho adotou revisão bibliográfica e documental, utilizando-se do método hipotético-dedutivo para, ao final, confirmar a hipótese de que a resposta ao problema é positiva, ressalvada a necessidade de adoção de medidas regulatórias sólidas, tanto em matéria de inteligência artificial quanto de microrredes, haja vista a ausência de legislação específica sobre ambos os tópicos no ordenamento jurídico brasileiro.

**Palavras-chave:** Direitos Humanos. Microrrede. Pobreza Energética. Transição Energética.

<sup>1</sup>Mestranda em Direito pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas, atrelada à linha de pesquisa "Direitos Humanos e Políticas Públicas". Membro do grupo de pesquisa "Políticas públicas, sustentabilidade e proteção de vulneráveis" (CNPq/PUC-Campinas). Bacharela em Direito (2019), com ênfase em Direito do Estado. Através do programa de Monitoria da PUC-Campinas, ministrou aulas de Direito Constitucional (2016-2018), disciplina em que faz estágio de docência. Atualmente, pesquisa inteligência artificial e sua aplicação no setor elétrico. Mantém paralelos com o Centro Paulista de Estudos da Transição Energética (CPTEn), sendo beneficiária de bolsa FAPESP na modalidade TT-3, a título de apoio técnico-científico às atividades do Eixo II (Inovação Regulatória) do centro de pesquisa. CV: <http://lattes.cnpq.br/0193105945994854>.

#### **Como citar este artigo:**

KLINGOR, Bruna dos Anjos; Inteligência artificial no setor elétrico: o uso de microrredes no enfrentamento da pobreza energética. **Revista de Direito Socioambiental - REDIS**, Goiás – GO, Brasil, v. 02, n. 03, jul./dez. 2024, p. 36-50.

Data da submissão:  
24/07/2024

Data da aprovação:  
24/09/2024



---

## ABSTRACT

This work analyzed the relationship between energy poverty and the use of microgrids as a potentially beneficial measure in combating energy poverty. To this end, the research was divided into two parts: first, the concept of energy poverty and the relationship between access to energy and social justice were explained; then, notions about microgrids and their advantages for the energy transition were outlined. Still, in the second part of the work, the adoption of such technology in remote and/or low-income areas was demonstrated through two examples, namely the Xique-Xique community and the Munduruku indigenous people. The objective of the research was to determine whether the use of microgrids can contribute to combating energy poverty in Brazil. Methodologically, the work adopted a bibliographic and documentary review, using the hypothetical-deductive method to ultimately confirm the hypothesis that the answer to the problem is positive, with the caveat that solid regulatory measures need to be adopted, both in terms of artificial intelligence and microgrids, given the absence of specific legislation on both topics in the Brazilian legal system.

**Keywords:** Human Rights. Microgrid. Energy Poverty. Energy Transition.

## RESUMEN

Este trabajo analizó la relación entre pobreza energética y la utilización de microrredes como medida potencialmente beneficiosa en la lucha contra la pobreza energética. Para ello, la investigación se dividió en dos partes: en un primer momento, se explicó el concepto de pobreza energética y la relación entre acceso a la energía y justicia social; después, se delinearon nociones sobre microrredes y sus ventajas para la transición energética. También en la segunda parte del trabajo, se buscó demostrar la adopción de tal tecnología en áreas remotas y/o de bajos ingresos a través de dos ejemplos, a saber, la comunidad Xique-Xique y el pueblo indígena Munduruku. El objetivo de la investigación fue responder si el uso de microrredes es capaz de contribuir a la lucha contra la pobreza energética en Brasil. Metodológicamente, el trabajo adoptó una revisión bibliográfica y documental, utilizando el método hipotético-deductivo para, al final, confirmar la hipótesis de que la respuesta al problema es positiva, con la salvedad de que es necesario adoptar medidas regulatorias sólidas, tanto en materia de inteligencia artificial como de microrredes, dado que no existe una legislación específica sobre ambos temas en el ordenamiento jurídico brasileño.

**Palabras clave:** Derechos Humanos. Microrred. Pobreza Energética. Transición Energética.

## INTRODUÇÃO

De acordo a Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), para aumentar a qualidade de vida da população e reduzir a pobreza extrema em países latinoamericanos é necessário um aumento do consumo energético (Ochoa, 2014). Não é à toa que a Organização das Nações Unidas (ONU), ao elaborar sua “Agenda 2030”, indicou como seu sétimo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 7) o acesso universal, moderno e confiável a serviços de energia elétrica, considerados indispensáveis à proteção da dignidade da pessoa humana (ONU, 2020).

Os principais desafios para a persecução de tal objetivo podem ser resumidos em quatro Ds: descarbonização, descentralização, digitalização e democratização (Groh et al., 2023); incentiva-se cada vez mais o uso de energia renovável na matriz global, a mudança de paradigma quanto à geração de energia (tradicionalmente centralizada – no Brasil, conectada pelo Sistema Interligado Nacional), a otimização da eficiência energética, a cooperação (inter)nacional e o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias de energia limpa (ONU, 2020).

Na busca por formas de otimizar, potencializar e rearranjar a cadeia de energia, evidencia-se um crescente direcionamento de estudos e planos à incorporação de tecnologia avançada – e aqui se inclui a inteligência artificial – na transição energética. Deveras, a título exemplificativo, o Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE) já elencou como uma das soluções para a obtenção de energia mais sustentável nas cidades as políticas públicas para implementação de redes inteligentes, considerando o potencial de tal tecnologia para o fornecimento energético mais limpo, eficiente, resiliente e com maior protagonismo do consumidor (CGEE, 2022).

Este trabalho se debruçou sobre uma espécie em particular de rede elétrica: as microrredes, sistemas elétricos que utilizam fontes de energia renováveis para seu funcionamento, operam de forma distribuída e são modernas (utilizando inteligência artificial para se gerir de forma eficiente e com o mínimo de intervenção humana), o que permite o preenchimento dos objetivos de descarbonização, descentralização e digitalização, respectivamente. Fica pendente, no entanto, a questão relativa à democratização, que tende a ser ignorada quando são discutidos avanços tecnológicos.

Nesse vértice, este trabalho se propôs a discutir o seguinte problema: o uso de microrredes é capaz de contribuir para o combate à pobreza energética no Brasil? A hipótese que baseou este trabalho é a de que a resposta é positiva, ressalvada a necessidade de adoção de medidas regulatórias sólidas, tanto em matéria de inteligência artificial quanto de microrredes, haja vista a ausência de legislação específica sobre ambos os tópicos no ordenamento jurídico brasileiro.

O objetivo da pesquisa foi compreender se o uso de microrredes é capaz de contribuir no combate à pobreza energética no Brasil, valendo-se para tanto de um estudo sobre o conceito de pobreza energética e microrredes e da breve apresentação de exemplos concretos da implementação dessa inovação tecnológica em comunidades remotas e/ou de baixa renda.

Em termos metodológicos, o trabalho utilizou revisão bibliográfica e documental para: em um primeiro momento, indicar um conceito de pobreza energética, associá-la com a justiça social e destacar a relevância da energia sob o contexto constitucional brasileiro; após, apresentar a ideia de microrredes elétricas e a contribuição de tal tecnologia inteligente para a transição energética; depois, indicar situações práticas de implementação de microrredes em locais relacionados com o

conceito apontado de pobreza energética. Adotou-se o método hipotético-dedutivo, tendo o trabalho a finalidade final de confirmar ou rechaçar a hipótese inicial.

## 1 POBREZA ENERGÉTICA E JUSTIÇA SOCIAL

Observa-se uma carência de pesquisas voltadas à temática da pobreza energética e, especialmente, à sua relação com avanços tecnológicos. Em consulta ao Portal de Periódicos CAPES<sup>2</sup>, selecionando como termo de busca a expressão exata “pobreza energética” e sem qualquer restrição temporal, são encontrados cento e vinte e sete resultados, sendo noventa e um referentes a periódicos revisados por pares. Correlacionando como descritores “pobreza energética” e “tecnologia”, por fim, surgem apenas onze resultados, sendo seis oriundos de periódicos revisados por pares. Por fim, ao atrelar “pobreza energética” aos termos “inteligência artificial” ou “microrrede”, não há qualquer registro encontrado. Salienta-se que a consulta não contou com análise de conteúdo dos trabalhos localizados, havendo possibilidade de a quantidade de pesquisas materialmente pertinentes ao tema aqui discutido ser menor.

Evidenciada tal lacuna, a pesquisa passa por dois pontos antes de adentrar o campo da tecnologia: o significado de pobreza energética e a relevância do acesso à energia como medida necessária à justiça social, temas tratados a seguir.

De acordo com Tirado-Herrero (2023), o marco teórico da justiça energética surgiu como linha de pesquisa no começo da década de 2010, com fundamento em correntes de pensamento já existentes sobre justiça ambiental, social e climática, dizendo respeito à desigualdade na distribuição e consumo de serviços energéticos.

Ao analisar a relação entre consumo *per capita* de energia e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), Ochoa (2014) constata que os dois fatores crescem proporcionalmente até determinado ponto: em países com IDH superior a aproximadamente 0,700, o padrão de consumo de energia aumenta de forma exponencial, por motivos que não necessariamente guardam relação com a redução da pobreza: usa-se aqui o exemplo do uso de condicionadores de ar e ventiladores – em climas extremo, uma parcela do consumo energético é destinada à melhoria do conforto térmico no interior de casas e edifícios.

Supostamente com receio dos impactos da mudança climática, países desenvolvidos têm mostrado cada vez mais preocupações com o crescimento do consumo de energia daqueles em desenvolvimento, mas ignoram questões sobre desigualdades sociais, econômicas e ambientais.

---

<sup>2</sup> Disponível através do seguinte link: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php/>. Acesso em 10 jan. 2024.

Sem incentivo ou apoio, os países com IDH baixo mantêm padrões de pobreza energética, a despeito da afirmação feita no início deste trabalho de que o aumento do consumo de energia é imprescindível para melhorar a qualidade de vida da população e reduzir a pobreza extrema.

À carência de energia em determinado local é comum atribuir a expressão “pobreza energética”. De modo mais específico, Ochoa (2014, p. 17) propõe o termo “pobreza energética de lugar”, assim definido pelo autor:

Um lugar se encontra em pobreza energética quando as pessoas que o habitam não satisfazem as necessidades absolutas de energia, as quais estão relacionadas com uma série de satisfatores e bens econômicos que são considerados essenciais em um lugar e tempo determinados, de acordo com as convenções sociais e culturais<sup>3</sup>.

O método que ampara tal forma de conceituação considera quatro etapas: primeiramente são definidas necessidades absolutas de energia, inerentes a todas as culturas e períodos históricos, como subsistência e educação. Depois, respeitadas são definidos satisfatores que se adaptam conforme o tempo e as percepções socioculturais, como alimentação, trabalho, tempo livre e saúde física. Em seguida, passa-se à seleção de bens econômicos mais importantes para a qualidade de vida, o que também varia de acordo com o local (a título de exemplo, em países de clima tropical os condicionadores de ar podem ser considerados mais essenciais do que em países que têm como característica baixas temperaturas). Finalmente, os parâmetros selecionados são equacionados, sendo considerado pobre energeticamente um lugar que não possui a totalidade de bens econômicos essenciais para suprir as necessidades absolutas de energia e não atenta aos satisfatores pertinentes a ele em determinado período e contexto social (Ochoa, 2014).

Nota-se influência de Amartya Sen na elaboração de tal definição – aliás, Ochoa (2014) até mesmo menciona o autor em seu trabalho. Para Sen, a pobreza se refere à privação de capacidades básicas e a escassez de recursos monetários é um instrumento para a pobreza real: a falta de liberdades instrumentais, quais sejam, facilidades econômicas (na forma de possibilidade de participação no comércio e na produção), oportunidades sociais (serviços de educação, trabalho e saúde), liberdades políticas (liberdade de expressão e eleições livres), segurança protetora (benefícios aos desempregados e suplementos de renda regulamentares para os indigentes, além de medidas como distribuição de alimentos em crises de fome coletiva ou empregos públicos de emergência para gerar renda para os necessitados) e garantias de transparência (incluindo o direito à

---

<sup>3</sup> Tradução do original em espanhol: “*Un hogar se encuentra en pobreza energética cuando las personas que lo habitan no satisfacen las necesidades de energía absolutas, las cuales están relacionadas con una serie de satisfatores y bienes económicos que son considerados esenciales, en un lugar y tempo determinados, de acuerdo a las convenciones sociales y culturales*”.

informação) tem como consequência a privação de capacidades, a exemplo do acesso à alimentação adequada, à alfabetização e ao atendimento médico de qualidade (Sen, 2007).

No paralelo com Ochoa (2014), a falta de satisfatores e bens econômicos essenciais em determinado tempo local é um instrumento para o não cumprimento de necessidades energéticas absolutas, o que ocasiona a chamada pobreza energética.

Guzowski, Martin e Zabaloy (2021) destacam três consequências principais da pobreza energética: exclusão social, maior gasto de recursos essenciais para a subsistência e complicações de saúde. Ainda que locais mais desenvolvidos consumam mais energia que locais considerados pobres (Ochoa, 2014), esses últimos utilizam maior quantidade de rendimento financeiro (não em termos absolutos, mas de proporção) para satisfazer suas necessidades energéticas, o que por sua vez provoca prejuízo à saúde das pessoas. No ponto, afirmam as autoras (Guzowski; Martin; Zabaloy, 2021, p. 13):

Mesmo que as classes sociais pobres consumam menos quantidade de energia do que o resto das classes sociais, gastam uma proporção mais significativa do seu rendimento na satisfação de tais necessidades. As dificuldades de acesso aos serviços através das redes de distribuição de eletricidade e gás natural e os elevados custos levam as pessoas em situação de pobreza a utilizar a madeira como combustível básico (CEPAL, 2013). Este último implica um peso para as tarefas femininas, infantis e juvenis que afetam a disponibilidade de tempo para outras atividades e um acesso desigual aos serviços básicos essenciais nos dias de hoje (preservação de alimentos, Internet, iluminação, condicionamento ambiental, cozinha e utilização de água) (CAF, 2013). Além disso, existem graves consequências para a saúde devido à poluição doméstica. Portanto, embora seja necessário garantir 100% de cobertura, a energia também deve ser de qualidade e utilizada de forma eficiente (CEPAL, 2013)<sup>4</sup>.

Feitas tais observações, esta pesquisa aponta que a pobreza energética deve ser encarada como uma situação de enfrentamento prioritário.

No Brasil, a Constituição Federal de 1988 representa um contraponto direto à Carta anterior, tendo caráter nitidamente humanista e voltado à personalização do direito, o que se comprova desde o início do texto constitucional, a exemplo da assunção do compromisso preambular<sup>5</sup> de instituição de um Estado Democrático de Direito “destinado a assegurar o exercício dos direitos sociais e individuais, a liberdade, a segurança, o bem-estar, o desenvolvimento, a

---

<sup>4</sup> Tradução do original em inglês: “*Even if the poor social classes consume less quantity of energy than the rest of the social classes, they spend a more significant proportion of their income in satisfying such needs. The difficulties to access services through distributions networks of electricity and natural gas and the high costs, drive people in poverty to use wood as basic fuel (CEPAL, 2013). The latter implies a burden for female, children and youth tasks which affect the availability of time for other activities and an unequal access to basic services essential nowadays (preservation of food, Internet, lighting, environment reconditioning, cooking and water use) (CAF, 2013). Also, there are serious consequences in health due to household pollution. Therefore, although it is necessary to guarantee a 100% of coverage, energy must also be of quality and used efficiently (CEPAL, 2013)*”.

<sup>5</sup> Malgrado a inexistência de força normativa do preâmbulo da Constituição Federal, vale ressaltar que esse é dotado de inquestionável relevância jurídica, porquanto reflete os princípios ideológicos do constituinte, revelando-se assim a importância da elevação de direitos fundamentais ao patamar de “valores supremos” em seu conteúdo.

igualdade e a justiça como valores supremos de uma sociedade fraterna, pluralista e sem preconceitos” (Brasil, 1988). Evidencia-se na vontade do constituinte a “preocupação com a mudança das relações políticas e econômicas, no sentido da construção de uma sociedade mais inclusiva, fundada na dignidade da pessoa humana” (Brasil, 1988). Tal concepção se encontra explícita no artigo 1º, inciso III, da Lei Maior, que eleva a referida dignidade ao *status* de fundamento da República, tornando-a o pilar ético-político-jurídico da própria Constituição Federal. Nas palavras de Sarmento e Souza Neto (2014, p. 170), o constituinte salienta um “profundo compromisso com os direitos fundamentais e com a democracia, bem como a preocupação com a mudança das relações políticas e econômicas, no sentido da construção de uma sociedade mais inclusiva, fundada na dignidade da pessoa humana”.

Logo, conclui-se pela existência de um dever do Poder Público de criar e viabilizar mecanismos de redução das desigualdades, sobretudo no que diz respeito aos indivíduos em situação de extrema pobreza<sup>6</sup>. Para tanto, mister a implementação de políticas públicas voltadas à educação, saúde, alimentação e serviços essenciais, tais como o fornecimento de energia elétrica<sup>7</sup>.

Embora o último tópico ainda não componha explicitamente o rol de direitos fundamentais, já há iniciativas nesse sentido. Deveras, já houve iniciativas nesse sentido, tendo tramitado perante a Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania a Proposta de Emenda Constitucional (PEC) nº 44/2017, que visa a torná-lo um direito social (Brasil, 2017). Outrossim, entre os Objetivos do documento da Organização das Nações Unidas intitulado “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável” (ONU, 2020) se encontra o sétimo, segundo o qual o acesso universal, confiável e moderno a serviços de energia elétrica é um item indispensável à persecução da dignidade humana, sendo necessário o aumento substancial da participação de energias renováveis na matriz global, a melhoria da eficiência energética e a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisas e tecnologias de energia limpa.

É recorrente na literatura, ainda, a assertiva de que o acesso à energia é indispensável à dignidade da pessoa humana, tendo Hachem, Faria e Aponte (2022) classificado tal direito como direito fundamental implícito e condição material para o plexo exercício de direitos humanos.

Em consequência, surge a necessidade de criação de medidas cada vez mais voltadas à redução da pobreza energética, sendo de interesse jurídico e científico o estudo, em termos de

---

<sup>6</sup> Ressalte-se que o próprio Texto Constitucional, em seu artigo 3º, inciso III, indica a erradicação da pobreza e marginalização, bem como a redução das desigualdades sociais e regionais, como objetivos da República Federativa do Brasil.

<sup>7</sup> A essencialidade do serviço de produção e distribuição de energia elétrica, gás e combustíveis é sustentada pelo artigo 10, inciso I, da denominada “Lei de Greve”, Lei nº 7.783, de 28 de junho de 1989.

transição energética, de novas tecnologias capazes de atenuar a desigualdade na distribuição de energia, com vistas à justiça social. Nesse sentido, este trabalho se foca nas microrredes (elétricas), apresentadas em seguida.

## 2 MICRORREDES E POBREZA ENERGÉTICA

### 2.1 Microrredes: inteligência artificial em prol de uma energia limpa, eficiente e moderna

O Plano Decenal de Expansão de Energia 2029 define os Recursos Energéticos Distribuídos (RED) como “tecnologias de geração, armazenamento de energia elétrica e redução do consumo, localizadas dentro dos limites da área de uma determinada concessionária de distribuição, normalmente junto a áreas consumidoras”, tendo como benefícios a proximidade entre fontes de geração e pontos de consumo, bem como a promoção de um alto grau de confiabilidade – se adequadamente alocados e utilizados – suficiente para os operadores do sistema em situações extremas (Brasil, 2019). De acordo com Rodi e Bermann (2020), os RED podem contribuir com a ampliação do acesso a uma energia mais limpa, flexível, eficiente e participativa.

A geração distribuída, especificamente, pode ser considerada como um “novo paradigma de geração de energia elétrica, praticada de forma difusa e inserida nos próprios mercados consumidores, através de pequenas plantas localizadas próximas às cargas, utilizando-se de fontes renováveis para tanto” (Baptista; Silva; Fonseca, 2022). Em resumo, na geração distribuída a fonte de energia elétrica é conectada diretamente ou próxima ao local de consumo, diferentemente do que ocorre na geração tradicional (centralizada), em que a energia é produzida em usinas de grande porte<sup>8</sup>, em locais afastados e geralmente por meio de combustíveis fósseis, exigindo a instalação de extensas redes de transmissão até os centros de consumo (Vivenza; Gomes, 2022).

Baptista, Silva e Fonseca (2022) afirmam que a descentralização das fontes de energia oferece benefícios ao desenvolvimento sustentável, pois a geração distribuída pode reduzir perdas elétricas, aumentar a segurança energética e resiliência dos sistemas energéticos nacionais e baratear o serviço de energia. Importante mencionar, ainda, que o uso da geração distribuída representa uma transformação do papel do usuário final, que assume a posição de “prosumidor”, definido por Rodi e Bermann (2020) como aquele que tanto produz quanto consome a energia.

Com a crescente modernização da rede elétrica, as microrredes surgem no contexto da geração distribuída, consistindo em sistemas elétricos completos (englobam produção,

---

<sup>8</sup> Na mesma linha da geração distribuída, Vivenza e Gomes (2022, p. 3) destacam a inexistência de critérios bem delimitados pacificamente adotados pela doutrina para definir com exatidão o termo “usina de grande porte”.

fornecimento, armazenamento e consumo energético), delimitados (operam em uma área reduzida, com fronteiras elétricas bem definidas) e pequenos (em dois aspectos: fisicamente, pelas redes terem extensões reduzidas; eletricamente, por envolverem baixas e médias tensões), que surgem no contexto da geração distribuída (Freitas; Souza Junior, 2020), sendo assim redes locais de distribuição e consumo de energia capazes de atuar de forma autônoma e desconectada das concessionárias, a partir da integração inteligente de Recursos de Energia Distribuída (RED), otimizando a eficiência e eficácia da gestão energética (Gomez; Hernandez; Rivas, 2018). Ademais, empregando inteligência artificial as microrredes podem promover operação automatizada e gerenciar o balanço energético sem (ou quase sem) intervenção humana direta, assegurando o fornecimento de energia com maior grau de confiabilidade e qualidade (Freitas; Souza Junior, 2020).

Não se nega a existência de obstáculos para a implementação de microrredes, mormente se considerada como política pública. A respeito, há de se observar que avanço tecnológico inegavelmente se atrela a considerável investimento financeiro, pelo menos a curto prazo – o que autorizaria, em tese, a adoção da cláusula da reserva do possível pelo Estado, diante da escassez de recursos disponíveis em face das reivindicações da sociedade (De Pretto; Klingor, 2022). Outro empecilho tem natureza jurídica, tendo em vista a inexistência, até o presente momento, de legislação específica no ordenamento jurídico brasileiro vigente sobre inteligência artificial ou mesmo microrredes. Por outro lado, a discussão sobre ausência de orçamento poderia ser flexibilizada em caso de configuração de determinados cenários, a exemplo da comprovação do custo-benefício favorável da implementação de microrredes a médio e longo prazo, da caracterização do acesso à justiça como integrante do mínimo existencial<sup>9</sup> e da criação de incentivos fiscais para a viabilização da instalação de redes inteligentes.

Apesar da compreensão de que esses temas são pertinentes, esta pesquisa não se destina a seu exame. Com efeito, busca-se aqui trazer à luz a relevância do advento das redes inteligentes – no caso, de microrredes – na transição energética e demonstrar sua importância no contexto do enfrentamento da pobreza energética, ficando os tópicos supramencionados, no entanto, sugeridos como temas para pesquisas futuras, partindo do entendimento de que sua análise é necessária para o desenvolvimento da literatura jurídica sobre tecnologia no âmbito do setor elétrico.

---

<sup>9</sup> Para Torres (2008), mínimo existencial é um núcleo (de direitos) imprescindível à preservação da dignidade da pessoa humana, adquirindo o status de direito subjetivo de plena exigibilidade e não se sujeitando à discricionariedade do Poder Público.

## 2.2 O uso de microrredes contra a pobreza energética: os exemplos da comunidade Xique-Xique e do povo indígena Munduruku

Em janeiro de 2023, a distribuidora Neoenergia Coelba, através do projeto do governo federal intitulado “Luz para Todos”, inaugurou uma microrrede com energia solar fotovoltaica na comunidade Xique-Xique, localizada no município de Remanso, no interior da Bahia (Neoenergia, 2023). A microrrede, com potência instalada de 243 kWp (duzentos e quarenta e três quilowatts pico), 616 (seiscentos e dezesseis) módulos solares e um sistema de armazenamento de energia com baterias de íon-lítio, assegura o abastecimento energético de 110 (cento e dez) residências, uma instituição de ensino, um poço artesiano e um centro comunitário, beneficiando cerca de 400 (quatrocentos) habitantes que, até então, não possuíam qualquer acesso a energia elétrica (Rodrigues, 2023). De acordo com a Neoenergia (2023), a iniciativa tem o condão de promover energia segura e de qualidade em áreas com limitações geográficas, permitir o advento de melhorias econômicas e sociais, reduzir custos com linhas de transmissão e garantir a funcionalidade de um sistema independente, capaz de permanecer em funcionamento mesmo em caso de falha, de modo a universalizar o acesso à eletricidade.

Por sua vez, no caso do povo indígena Munduruku, o uso de microrredes ultrapassa a questão de acesso à energia e envolve também o tema do respeito às tradições de minorias. A localização geográfica desse povo – regiões nos estados do Pará, Amazonas e Mato Grosso (Ramos, 2003) – é razão para constantes lutas contra a pressão de projetos hidrelétricos e atividades ilegais de garimpeiros, grileiros e madeireiros: no primeiro caso, cita-se a Usina Hidrelétrica São Luiz do Tapajós, projetada para o médio curso do rio Tapajós, licenciada em 2015, tendo seu estudo de impacto ambiental apontado como consequência da concretização do projeto o alagamento de 7% (sete por cento) da superfície da Terra Indígena Sawré Muybu e a destruição de pelo menos dois lugares sagrados para os Munduruku: *Daje Kapap Eypi* e a Garganta do Diabo (Oliveira, 2021).

Em seu artigo 231, § 3º, a Constituição Federal preconiza que o aproveitamento de recursos hídricos, a pesquisa e a lavra das riquezas minerais em terras indígenas dependem, além da autorização do Congresso Nacional, de consulta às comunidades afetadas, que também recebem o direito de participação nos resultados da lavra (Brasil, 1988). A consulta à população indígena também é prevista no artigo 6º da Convenção n.º 169 da Organização Internacional do Trabalho (OIT) sobre Povos Indígenas e Tribais, “com o objetivo de se chegar a um acordo e conseguir o consentimento acerca das medidas propostas” (OIT, 1989).

Não obstante, Oliveira (2021) afirma que há muitas divergências entre as sensibilidades jurídicas (conceituadas, segundo explica o autor, como os diferentes sentidos de justiça ou de direitos de cada povo) governamental e Munduruku: sob o ponto de vista da primeira, há foco no

potencial do projeto (no ponto, a hidrelétrica chegou a ser considerada como prioridade no planejamento energético), o território tem finalidades precipuamente econômicas, a consulta deve ser feita com lideranças representativas indígenas do local diretamente atingido pelo projeto e a discussão não é deliberativa, sendo o acordo voltado à fixação de uma política de compensações socioambientais e pagamento de royalties; para a segunda, a natureza é interligada e atinge sentidos cósmicos e intergeracionais, a bacia do rio Tapajós é sagrada, as discussões devem ser feitas com a totalidade de seu povo e o mecanismo de consulta possibilitar o posicionamento dos Munduruku pela não realização do projeto hidrelétrico (Oliveira, 2021).

Manifestando sua discordância à sensibilidade jurídica governamental, o povo Munduruku, assessorado pelo projeto “Consulta prévia, livre e bem informada: um direito dos povos indígenas e comunidades tradicionais da Amazônia” e pelo Ministério Público Federal, elaborou seu próprio Protocolo de Consulta, destacando entre suas exigências a demarcação da Terra Indígena Sawré Muybu (o que não havia acontecido, segundo o documento, em razão da hidrelétrica), o caráter efetivamente prévio da consulta (a saber, antes da tomada de qualquer decisão), o comparecimento das autoridades governamentais (e dos denominados “parceiros do povo”, como o Ministério Público Federal) às terras indígenas para as discussões, a gravação das reuniões (para fins de proteção dos próprios indígenas) e a realização de todas as reuniões necessárias – sem a presença do governo – para que o povo se considere verdadeiramente informado antes da tomada de qualquer decisão (Brasil, 2014).

A consulta prévia, livre e informada pode, de fato, enraizar uma democracia participativa, contanto que viabilize uma atuação “de baixo para cima”; não um mecanismo meramente burocrático para burlar alegações de inconstitucionalidade, mas um processo de empoderamento de grupos minoritários e diálogo intercultural não violento, com respeito ao seu direito de dizer não a propostas de leis e políticas públicas etnocêntricas, de modo a levar em consideração os interesses de minorias nos processos de elaboração, interpretação e aplicação do Direito oficial (Peruzzo, 2017).

Em contraponto ao projeto hidrelétrico arquivado em 2016, apresenta-se aqui uma iniciativa atenta à sensibilidade indígena no setor elétrico. No início de 2023, a Amazon Watch e a GivePower instalaram uma microrrede na aldeia Munduruku de Sawré Muybu, oferecendo uma alternativa sustentável para a geração de energia elétrica limpa. Em propaganda para divulgar a inovação, Alessandra Korap Munduruku afirmou que antes da implementação dessa tecnologia a aldeia utilizava motores movidos a diesel e salientou que as hidrelétricas, apesar de utilizarem recursos hídricos (renováveis), não podem ser entendidas, em sua concepção, como fonte de energia limpa, pois desviam os rios, provocam a morte de peixes (utilizados como principal fonte de

alimentação dos Munduruku), alagam aldeias e causam seca em outras regiões (Amazon Watch, 2023).

Enfim, observa-se que as microrredes merecem destaque porque além de serem uma solução energética para centros populacionais e econômicos, pode ser um caminho para a fornecimento de energia a comunidades locais afastadas – e que, no caso dos Munduruku, ainda cumpre sua função sem desrespeito aos valores e tradições do povo. É certo que políticas como essa não tendem a ter como beneficiária prioritária minorias marginalizadas, sobretudo se for levado em consideração seu alto custo pois apesar de serem capazes de se autogerir e tornar o usuário consumidor e produtor de sua própria energia (Gomez; Hernandez; Rivas, 2018), demandam um dispêndio financeiro considerável devido ao uso de maquinários e inteligência artificial para sua implementação. No entanto, essa discussão, apesar de importante, não abarca o escopo deste trabalho, ficando o tema como sugestão para pesquisas futuras, conforme ressaltado adiante. Neste momento, tenciona-se indicar que microrredes têm potencial de uso para a promoção do acesso à energia de forma mais democrática, sendo pertinente a realização de estudos mais aprofundados em termos de viabilidade de planejamento e execução de projetos (públicos ou particulares) nesse sentido.

## CONCLUSÃO

O trabalho confirmou a hipótese inicialmente apresentada, concluindo que embora ainda não haja expressiva literatura correlacionando o uso de inteligência artificial (representada neste momento pelas microrredes) no setor elétrico e a redução da pobreza energética, a tecnologia tem potencial para desempenhar um papel fundamental nesse objetivo de justiça social. Em complemento à hipótese de que isso depende da realização de inovações regulatórias sobre inteligência artificial e microrredes no Brasil, evidencia-se também a necessidade de estudos sobre a possibilidade de se fixar a implementação de microrredes como uma política pública.

Para tanto, são necessários maiores estudos sobre assuntos correlatos, ficando elencadas sugestões de objetos de pesquisas futuras: a possibilidade de exigir ao Poder Público o custeio da criação de redes inteligentes, sobretudo em locais remotos sem capacidade de acesso a uma energia limpa, segura e resiliente pela via tradicional; como consequência da primeira sugestão, o enquadramento do acesso à energia elétrica no mínimo existencial; um levantamento dos custos e despesas atinentes às microrredes, tanto para sua implementação quanto manutenção (para compreender se, apesar do presumível alto custo de execução de um projeto que se utiliza de tecnologia avançada, o investimento seria financeiramente benéfico a longo prazo); enfim, a criação

de um plano de ação para a elaboração de uma política pública voltada à implementação de microrredes (incluindo-se um estudo da viabilidade, ou não, de adoção de incentivos fiscais para fomentar a colaboração de particulares com o projeto).

## REFERÊNCIAS

- ALDEIA Munduruku de Sawré Muybu na Amazônia brasileira instala energia solar. **Amazon Watch**, 27 de junho de 2023. Disponível em: <<https://amazonwatch.org/pt/news/2023/0627-munduruku-village-of-sawre-muybu-in-the-brazilian-amazon-installs-solar-power>>. Acesso em: 27 nov. 2023.
- BAPTISTA, David Felice Falivene; SILVA, Luiz Carlos Pereira da; FONSECA, Isabel Celeste. A natureza jurídica da geração distribuída de energia elétrica no Brasil. **Revista Direito Público**, Brasília, v. 19, n. 104, jan./abr. 2022. Disponível em: <<https://www.portaldeperiodicos.idp.edu.br/direitopublico/article/view/6956>>. Acesso em: 12 fev. 2024.
- BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, 5 out. 1988.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília: MME/EPE, 2019. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202029.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2024.
- BRASIL. Ministério Público Federal. **Protocolo de Consulta Munduruku**. Aprovado em assembleia extraordinária do povo Munduruku na aldeia Sai Cinza, em 13 e 14 de dezembro de 2014. Disponível em: <<http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr6/documentos-e-publicacoes/protocolos-de-consulta-dos-povos-indigenas/docs/ProtocolodeConsultaMunduruku.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2023.
- BRASIL. Senado Federal. Proposta de Emenda à Constituição nº 44, de 2017. Altera o art. 6º da Constituição da República Federativa do Brasil para que o acesso à energia elétrica seja direito social. **Diário Oficial do Senado Federal**. Poder Legislativo, Brasília, DF, 7 dez. 2017, p. 350-354. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/diarios/ver/21200?sequencia=350>>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). Políticas e soluções para cidades sustentáveis: energia. **Resumo Executivo**. 2022. Disponível em: <<https://www.ipen.br/biblioteca/slr/cel/2828>>. Acesso em: 8 jan. 2024.
- DE PRETTO, Renato Siqueira; KLINGOR, Bruna dos Anjos. Ativismo judicial: uma solução para o constitucionalismo nacional? **Revista de Estudos Jurídicos da UNESP**, Franca, v. 24, n. 40, 2022, p. 47-76. Disponível em: <https://seer.franca.unesp.br/index.php/estudosjuridicosunesp/article/view/3356>. Acesso em: 20 fev. 2024.
- FREITAS, Luiz Carlos Gomes de; SOUZA JUNIOR, Marcus Evandro Teixeira. Microrredes: Estado da arte, desafios e tendências para geração, distribuição e uso sustentável de energia elétrica. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 4, n. 6, p. 3888-3906, nov./dez.2020. Disponível

em: <<https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BASR/article/view/21535/18435>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

GOMEZ, Víctor A.; HERNANDEZ, Cesar; RIVAS, Edwin. Visión General, Características y Funcionalidades de la Red Eléctrica Inteligente (Smart Grid). **Información tecnológica**, La Serena, v. 29, n. 2, p. 89-102, mar. 2018. Disponível em: <[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642018000200089&lang=pt](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000200089&lang=pt)>. Acesso em: 10 jan. 2024.

GROH, Sebastian; *et al.* Electricity Access, Decarbonization, and Integration of Renewables: Insights and Lessons from the Energy. Springer Nature, 2023.

GUZOWSKI, Carina; MARTIN, María María Ibañez; ZABALOY, María Florencia. Energy poverty: conceptualization and its link to exclusion. Brief review for Latin America. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 24, n. Special Issue: Energy territories, 2021, p. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/asoc/a/ZBHWmN3FZCxVXvHQTmbJCnh/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em 20 fev. 2024.

HACHEM, Daniel Wunder; FARIA, Luzardo; APONTE, William Ivan Gallo. A energia elétrica como condição material para o gozo dos direitos humanos. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v.19, n. 43, jan./abr. 2022, p.173-196. Disponível em: <<http://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/1866>>. Acesso em 10 fev. 2024.

LÓPEZ, Juan Camilo; OTA, João Inácio Yutaka; POMILIO, José A.; SILVA, Luiz Carlos Pereira da; BENTO, Rafael Gomes. Objetivos e Desafios do

NEOENERGIA. **Microrredes**: energia para regiões mais afastadas dos centros urbanos. 01 fev. 2023. Disponível em: <<https://www.neoenergia.com/w/microrredes-energia-para-regioes-mais-afastadas-dos-centros-urbanos>>. Acesso em: 20 fev. 2024.

OCHOA, Rigoberto García. **Pobreza energética en América Latina**. Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL). 2014. Disponível em: <<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/79cc961b-7908-4fce-a7dd-133d484c1be7/content>>. Acesso em 5 jan. 2024.

OLIVEIRA, Rodrigo Magalhães de. “Respeitem a forma de a gente ser”: Protocolo de Consulta Munduruku e pluralismo jurídico. **Revista Direito & Práxis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, 2021, p. 2628-2657. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rdp/a/xJ4SJdgYVgZvrsfnLGK9pXQ/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 27 nov. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2020. Disponível em: <<https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acesso em 5 jan. 2024.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). Convenção n.º 169, de 7 de junho de 1989. **Convenção sobre os Povos Indígenas e Tribais**. Disponível em: <<https://www.oas.org/dil/port/1989%20Conven%20C3%A7%C3%A3o%20sobre%20Povos%20Ind%C3%ADgenas%20e%20Tribais%20Conven%20C3%A7%C3%A3o%20OIT%20n%20C2%BA%20169.pdf>>. Acesso em 27 nov. 2023.

PERUZZO, Pedro Pulzatto. Direito à consulta prévia aos povos indígenas no Brasil. **Direito & Práxis**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, 2017, p. 2708-2740. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/rdp/a/z7p585nbnbQJdph36HKTTjm/abstract/?lang=pt&format=htm>>. Acesso em 26 nov. 2023.

Projeto de P&D MERGE: Microgrids for Efficient, Reliable and Greener Energy. **Sociedade Brasileira de Automática**, v. 1, n. 1, 2020. Disponível em: <[https://www.sba.org.br/open\\_journal\\_systems/index.php/sbse/article/view/2313](https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/sbse/article/view/2313)>. Acesso em 10 jan. 2024.

RAMOS, André. Munduruku. In: **Povos indígenas no Brasil**. Instituto Socioambiental. Nov. 2003. Disponível em: <<https://pib.socioambiental.org/pt/Povo:Munduruku>>. Acesso em 26 nov. 2023.

RODI, Rodrigo Mota; BERMANN, Célio. **Revista Brasileira de Energia**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, abr./jun. 2020, p. 7-17. Disponível em: <<https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/565/438>>. Acesso em 12 fev. 2024.

RODRIGUES, Ed. A última cidade sem luz? Vila no sertão é revolucionada por energia solar. **UOL**, 05 abr. 2023. Disponível em: <<https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas-noticias/2023/04/05/comunidade-isolada-da-ba-recebe-luz-por-meio-de-microrrede-de-energia-solar.htm>>. Acesso em 20 fev. 2024.

SARMENTO, D.; SOUZA NETO, C. P. **Direito Constitucional: Teoria, história e métodos de trabalho**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2014.

SEN, Amartya Kumar. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Editora Schwarcz, 2007.

TIRADO-HERRERO, Sergio. Pobreza energética y vivienda: una perspectiva de justicia social. **Arbor Ciencia, Pensamiento y Cultura**, v. 199, n. 807, jan./mar. 2023. Disponível em: <<https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/2678/3919>>. Acesso em 10 jan. 2024.

TORRES, R. L. O mínimo existencial, os direitos sociais e os desafios de natureza orçamentária. In: SARLET, Ingo Wolfgang. TIMM, Luciano Benetti (Org.). **Direitos fundamentais, orçamento e reserva do possível**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2008.

Transformation in Bangladesh, South Asia, and Sub-Sahara Africa. In: GROH, Sebastian; BARNER, Lukas Barner; DUMITRESCU, Raluca; HEINEMANN, Georg; HIRSCHHAUSEN, Christian von. **Energy Policy and Climate Protection**. Springer, Berlim, 2023, p. 1-19. Disponível em: <<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-38215-5>>. Acesso em 5 jan. 2024.

VIVENZA, Stefano Dutra; GOMES, Magno Federici. Energia, geração distribuída e o princípio da segurança jurídica. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 1, 2022. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23417>>. Acesso em 12 fev. 2024.

Direitos autorais 2024 – Revista de Direito Socioambiental – ReDiS

Editor responsável: Thiago Henrique Costa Silva e Isabella Christina da Mota Bolfarini.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.