

# ENERGIA EM TEMPO DE DESCARBONIZAÇÃO: UMA REVISÃO COM FOCO EM CONSUMIDORES FOTOVOLTAICOS

## ENERGY IN TIME OF DECARBONISATION: A REVIEW FOCUSED ON PHOTOVOLTAIC CONSUMERS

### Josely Nunes-Villela

Especialização em Sustentabilidade no *Master in Strategic Leadership towards Sustainability* pelo Blekinge Institute of Technology – Karlskrona, Suécia. Mestre em Sistemas de Gestão do Meio Ambiente pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Doutoranda em Sistemas de Gestão Sustentáveis na UFF. Graduada em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC). Professora no Centro Universitário Serra dos Órgãos (UNIFESO) e na Universidade Estácio de Sá (UNESA) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil. Bolsista da Capes. Trabalha com conteúdos e sistemas de Planejamento, Sustentabilidade e Gestão.

### Filipe de Oliveira Rapozo

Engenheiro de Produção pelo Centro Universitário Serra dos Órgãos (UNIFESO) – (RJ). Pós-graduando em Engenharia e Gerenciamento da Manutenção na Universidade Cândido Mendes (UCAM) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

### Maria de Lurdes Costa Domingos

Doutorado em Psicologia Social pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestrado em Psicossociologia de Comunidades e Ecologia Social pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Especialização em Psicologia Clínica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC). Graduação em Psicologia pela UFRJ, Docente na Universidade Veiga de Almeida (UVA). Professora permanente no Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente (LATEC-UFF) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

### Oswaldo Luiz Gonçalves Quelhas

Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestrado e graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Pesquisador do Laboratório de Tecnologia, Gestão de Negócios e Meio Ambiente (LATEC-UFF). Coordenador do Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis (UFF). Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção na Universidade Federal Fluminense (UFF). Membro efetivo da Comissão de Responsabilidade Social do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP) – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

### Endereço para correspondência:

Josely Nunes-Villela – Estrada Julio Santoro, 365, Condomínio Parque da Serra da Caneca Fina – 25949-400 – Guapimirim (RJ), Brasil – E-mail: josely@principiosustentavel.com

Recebido: 01/06/2017

Aceito: 31/07/2017

## RESUMO

As energias limpas e renováveis têm sido cada vez mais importantes para o progresso do desenvolvimento sustentável e o êxito da estratégia de descarbonização. Observando a energia solar no Brasil, a autogeração colocou os consumidores residenciais no centro da expansão fotovoltaica. Assim, o objetivo deste estudo é investigar o comportamento desses consumidores inseridos na realidade brasileira, por meio de uma revisão bibliográfica sistemática nas bases de dados *Scopus*, *Science Direct*, *Annual Reviews* e *American Psychological Association*. Foram identificados relatos de experiências brasileiras, reais e simuladas, envolvendo consumidores fotovoltaicos residenciais de diferentes perfis socioeconômicos, e ausência de publicações específicas sobre decisão e motivação desses atores sociais. Os estudos localizados revelaram um promissor desenvolvimento para a energia solar no Brasil, a necessidade de avanços na conscientização pública e, sobretudo, na política de incentivo aos consumidores. A lacuna identificada é uma fragilidade a ser corrigida em prol do avanço da energia fotovoltaica.

**Palavras-chave:** energia solar; desenvolvimento sustentável; consumidores residenciais; consumo consciente.

## ABSTRACT

Clean and renewable energies have been increasingly important to the progress of sustainable development and the success of the decarbonisation strategy. Looking at solar energy in Brazil, self-consumption has put residential consumers at the center of the photovoltaic expansion. Thus, the objective of this study is to investigate the behavior of these consumers inserted in the Brazilian reality, through a systematic bibliographic review in the databases *Scopus*, *Science Direct*, *Annual Reviews* and *American Psychological Association*. Real and simulated Brazilian experiences were reported, involving residential photovoltaic consumers of different socioeconomic profiles, and absence of specific publications about decision and motivation of these social actors. The localized studies revealed a promising development for solar energy in Brazil, the need for advances in public awareness and, above all, in the policy of encouraging consumers. The identified gap is a fragility to be corrected for the advancement of photovoltaic energy.

**Keywords:** solar energy; sustainable development; residential consumers; conscious consumption.

## INTRODUÇÃO

A crise sistêmica ambiental convida à mudança da visão de mundo identificada com crescimento ilimitado e uso abusivo de recursos naturais, para a visão do desenvolvimento sustentável, que mantém o compromisso intergeracional de conservação e recuperação do sistema que sustenta a vida. A transição bem-sucedida depende do posicionamento estratégico dos protagonistas decisivos, governos, empresas e sociedades, no interior de uma economia moldada por escolhas com base na melhor equação custo-benefício (ABRAMOVAY, 2010). Do ponto de vista da sustentabilidade, a melhor equação implica condicionar as necessidades (e desejos) à limitação dos recursos, assim como o processo econômico ao meio ambiente (CAVALCANTI, 2015). O êxito depende da mudança de paradigmas e da efetiva participação dos atores sociais. Do Estado são demandadas:

1. uma regulamentação capaz de cobrar a gestão integrada da produção do berço ao túmulo;
2. a condução de uma gestão pública capaz de alterar os padrões de consumo, atuando na dimensão cultural e educacional (ZANETI *et al.*, 2009).

Das empresas e da sociedade é esperado o posicionamento para modos de vida sustentáveis, afinal, o consumo consciente requer mudanças de hábito e disposição para novas escolhas, em que se inscreve a opção por soluções limpas e de eficiência energética.

Em 2009, na Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP 15), o Brasil assumiu o compromisso voluntário de reduzir entre 36,1 e 38% as suas emissões de gases de efeito estufa (GEEs) até 2020, com foco na redução do desmatamento e no maior uso de energias renováveis (OBERMAIER & ROSA, 2013). No entanto, na área da energia, Abramovay (2010) observa que o Brasil está na contramão do padrão internacional de intensidade energética, priorizando o menor preço em detrimento do meio ambiente, sem estimular a economia no consumo de energia e mantendo pesados investimentos em petróleo. A mudança climática se apresenta “como o elo mais difícil e de consequências mais sérias entre energia e meio ambiente” (CHU & GOLDEMBERG, 2010, p. 59) e gravíssimo é o fato de que do total de CO<sub>2</sub> que poderia ser queimado até 2050, para manter o limite de 2°C na

elevação da temperatura, mais de um quarto já foi usado em pouco mais de dez anos (ABRAMOVAY, 2014).

Ao final da Conferência das Partes (COP 21), realizada em Paris, em dezembro de 2015, foi celebrado um novo acordo global no combate às mudanças climáticas e redução das emissões de GEEs, o Acordo de Paris, que propõe a manutenção do aquecimento global abaixo de 2°C, o que requer a redução das emissões de 55 gigatoneladas (nível projetado para 2030) para 40 gigatoneladas ou o limite de aumento da temperatura em 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (ONU, 2015; ONU BRASIL, 2017). Guimaraes (2016) ressalta que dentre as mais importantes medidas de mitigação figura a substituição gradativa das fontes de energia fósseis por energias limpas e de baixo carbono.

Para Abramovay (2014), o ponto de virada está no fato de que as mudanças climáticas começam a figurar no cálculo dos mais importantes atores econômicos globais, deixando de ser apenas uma questão ecológica ou ambiental. Assim, todas as soluções apontam para a descarbonização — o mundo precisa de uma nova revolução industrial apoiada em eficiência energética, conservação e descarbonização das fontes de energia (CHU & MAJUMDAR, 2012). Nas palavras de Ban Ki-moon, “temos que nos livrar do hábito do carbono” (PNUMA, 2009). A neutralidade climática corresponde a não produzir emissões líquidas de GEEs, por meio da redução das próprias emissões e de compensações de carbono (PNUMA, 2009).

Este estudo objetivou conhecer o comportamento de consumidores residenciais fotovoltaicos inseridos na realidade brasileira e, para tanto:

- adotou um olhar sistêmico;
- discutiu o cenário da geração de energia, com ênfase em fontes limpas e renováveis;
- traçou o panorama da energia solar no Brasil; e
- destacou os consumidores residenciais, personagens centrais na estratégia de expansão da energia fotovoltaica por autogeração.

Como recurso metodológico foram usadas a revisão narrativa, para posicionar o cenário atual de geração energética, e a revisão sistemática, para localizar os estudos de interesse.

## BREVE PANORAMA DO CONSUMO DE ENERGIA

A demanda por energia aumenta na medida do crescimento demográfico e das necessidades renovadas de consumo da sociedade, hoje com população estimada em 7 bilhões e, no futuro, com 8,5 bilhões, em 2030, 9,7 bilhões, em 2050, e 11 bilhões, em 2100, segundo projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) (ONU Brasil, 2015). No que tange à questão energética, o tamanho do desafio mundial pode ser compreendido se analisarmos os elos históricos entre uso de energia, população e crescimento econômico confrontados com os padrões atuais de consumo e se considerarmos a lacuna inaceitável de acesso à energia que atinge 1,3 bilhões de pessoas em todo o mundo (GUIMARÃES, 2016).

Até o final do século XVIII, o desenvolvimento humano apresentou taxas moderadas de crescimento populacional, renda *per capita* e uso de energia, mas com os avanços da Revolução Industrial, sobretudo nos últimos 100 anos, a população mundial cresceu 3,8 vezes, a renda *per capita* mundial aumentou 9 vezes, o uso anual de energia primária 10 vezes e o uso de energia fóssil 20 vezes (CHU & GOLDEMBERG, 2010). O crescimento econômico é um dos fatores fundamentais no aumento da demanda energética — a partir de 1971, cada 1% de aumento do Produto Interno Bruto (PIB) global é acompanhado de 0,6% de aumento no consumo de energia primária (GREENPEACE, 2007). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aponta o consumo de energia como um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade, visto que reflete a dinâmica dos setores da economia e o poder de compra da população. Quando o poder de compra sobe, a população investe em automóveis e aparelhos elétricos, aumentando a demanda por combustível e eletricidade (ANEEL, 2008). Essa inter-relação é tratada nos cenários prospectivos de energia para 2035 da *British Petroleum* (BP), onde estão registrados aumentos na demanda de energia impulsionados pelo crescimento econômico (Figura 1).

A Exxonmobil (2014) projeta um aumento de, aproximadamente, 35% na demanda energética global, de 2010 a 2040. China e Índia, os dois países mais popu-

losos do mundo, serão responsáveis por metade desse crescimento e os maiores aumentos na demanda de energia ocorrerão nos países em crescimento. Nos Estados Unidos e em outros países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), cujos padrões de vida e consumo de energia *per capita* já são relativamente altos, a maior eficiência energética e o menor crescimento populacional manterão estável a demanda global de energia. Embora considerando a possibilidade de reflexos da presente crise global nessas projeções, a tendência de crescimento parece indiscutível no horizonte de tempo previsto.

Chu e Goldemberg (2010) consideram um desafio conter a dinâmica que determina as tendências crescentes do uso de energia, em função dos altos níveis de consumo em países desenvolvidos, do crescimento da população mundial, da industrialização de países em desenvolvimento, da infraestrutura energética consolidada e da crescente demanda por serviços e supérfluos. Mesmo nos países em desenvolvimento, em que o consumo *per capita* é pequeno, para suprir a demanda reprimida de serviços energéticos finais (iluminação, aquecimento, cocção etc.) será necessário aumentar a oferta global de energia (LUCON & GOLDEMBERG, 2009). Chu e Goldemberg (2010) pontuam que em diferentes países com grandes diferenças no consumo *per capita*, a tendência dos domicílios de maior poder aquisitivo é comprar aparelhos consumidores de energia. Assim, todas as pessoas, por meio de seu comportamento, estilo de vida e preferências, influem na demanda futura de energia (idem, 2010).

Sachs (2007) acredita que, para alcançar o perfil energético sóbrio, é necessário considerar fatores como estilo de vida e padrões de consumo e atribui o maior entrave às desigualdades sociais. A esse respeito, ao mesmo tempo em que é possível reduzir o consumo de energia em muitos países, pode-se melhorar a qualidade de vida dos que vivem na pobreza e para ambos, países desenvolvidos e em desenvolvimento, existem oportunidades para vencer o desafio energético de maneira sustentável (CHU & GOLDEMBERG, 2010).

## CENÁRIO ATUAL DA GERAÇÃO DE ENERGIA COM ÊNFASE EM ENERGIAS LIMPAS

Os serviços de energia dinamizam uma cadeia complexa de transformação, transporte e estocagem a partir de

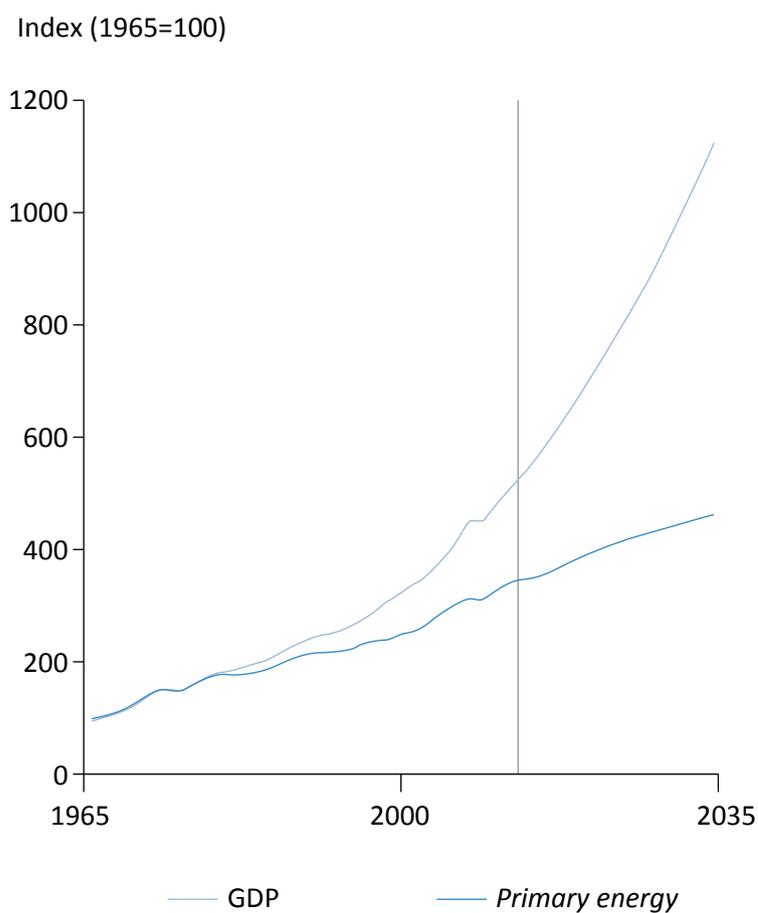
fontes primárias (disponíveis na natureza) que podem ser renováveis ou não renováveis. Chu e Goldemberg

(2010) observam que no mundo é predominante a oferta de energia por combustíveis fósseis — carvão, petróleo e gás natural são responsáveis por, aproximadamente, 80% da demanda de energia primária. A combinação de diversas fontes na configuração da matriz energética é histórica e viabilizou o desenvolvimento de um sistema energético estável por cerca de cem anos (SILVA, 2006).

Diante da atual disponibilidade de suprimentos energéticos, a insistente opção de muitos países por energia fóssil, relativamente barata (CHU & GOLDEMBERG, 2010), influencia diretamente o desempenho do sistema socioeconômico mundial. Esse panorama, associado ao tímido investimento em energias renováveis, demonstra total descompasso em relação às mudanças climáticas que figuram na pauta internacional como

uma ameaça sem precedentes (RENNER & PRUGH, 2014). Sachs (2005) defende que o modelo baseado em energias fósseis deve ser abandonado e, sobretudo, devido à contínua emissão de gases de efeito estufa, urge desvincular crescimento econômico da dependência de combustíveis fósseis. Para esse autor, a insistência na geopolítica atual do petróleo tende a intensificar as tensões, com risco de sucessivas guerras e custos crescentes advindos da concorrência entre as grandes potências industriais. O Greenpeace (2007) acrescenta riscos técnico-econômicos relacionados ao esgotamento das reservas fósseis, à oscilação dos preços no mercado mundial e à elevação dos custos de produção.

Os elevados preços dos combustíveis fósseis, em parte como consequência dos altos custos de produção men-



GDP: Gross Domestic Product.

**Figura 1 – Projeção do Produto Interno Bruto (PIB) e do consumo de energia mundiais para 2035 (BP, 2016).**

cionados, e esses relacionados ao esgotamento progressivo dos estoques, denunciam a necessidade de uma transição para uma matriz diversificada. Nesse contexto, as energias renováveis apresentam a vantagem de suas reservas serem “tecnicamente acessíveis a todos e abundantes o suficiente para fornecer cerca de seis vezes mais energia do que a quantidade consumida mundialmente hoje — e para sempre” (GREENPEACE, 2007, p. 7). Estudos mostram que a energia disponibilizada por fontes de energias renováveis é 2.850 vezes maior do que a demanda global atual. Embora apenas uma parte desse potencial esteja tecnicamente acessível, é capaz de fornecer seis vezes mais energia do que o mundo necessita hoje (GREENPEACE, 2007). Segundo o *World Energy Council* (2013), a radiação solar anual que incide sobre a Terra é mais de 7.500 vezes o consumo total de energia primária anual do mundo, de 450 EJ (*exajoules*).

Os governos também investem em fontes de energias renováveis para reduzir a emissão de gases poluentes e conter o avanço do aquecimento global. Para Lucon e Goldemberg (2009), a descentralização da produção de energia, a maior participação das fontes renováveis e a eficiência constituem o tripé da reorganização sustentável do sistema energético. Sachs (2007) defende a revolução energética apoiada em políticas públicas nacionais e internacionais voltadas à redução da demanda, combinando as estratégias de aumento da eficiência na produção, uso de energias renováveis em substituição às energias fósseis e sequestro de gases de efeito estufa das energias fósseis abundantes. Para Lucon e Goldemberg (2009), as novas fontes renováveis (biomassa, eólica, pequenas centrais hidrelétricas), em função da baixa utilização, ainda são consideradas caras, tendendo a manter essa condição até que os investimentos na sua produção e distribuição se intensifiquem.

Além do conceito clássico da Geração Distribuída de Energia, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) apresenta o conceito da oferta descentralizada de energia que incorpora “a produção descentralizada de qualquer vetor energético [sobretudo aplicável] a sistemas de bioenergia” (EPE, 2014, p. 203), gerando energia em escala reduzida, próximo ao ponto de consumo. Os sistemas descentralizados evitam desperdício em transmissão e distribuição, garantem energia às populações ainda sem acesso, produzem menos emissões de carbono, são mais baratos e criam mais empregos (GREENPEACE, 2007). Na Alemanha, o concreto avan-

ço do setor das energias renováveis não convencionais (onde não se incluem as grandes centrais hidroelétricas) repercutiu favoravelmente na economia, com 377.800 empregos registrados em 2012 (MELO *et al.*, 2016).

A matriz elétrica brasileira está distribuída como apresentado na Figura 2, na qual se observa a predominância renovável — 81,7% resultante da soma referente à produção nacional e às importações.

Devido ao ciclo da água, a fonte hídrica é renovável e sua energia considerada limpa. No entanto, o impacto ambiental que as usinas hidroelétricas provocam ainda não foi adequadamente avaliado, mas sabe-se que as emissões ocorrem, sobretudo, pela liberação de metano (CH<sub>4</sub>) em processos de degradação anaeróbica da matéria orgânica presente nas áreas alagadas (NOBRE, 2014). A geração hidráulica corresponde a 68,1% da oferta interna, justificável porque o Brasil é detentor de 10% do potencial hidráulico técnico mundial, e as usinas podem ser construídas com 100% de insumos e serviços nacionais, gerando emprego e renda no país (TOLMASQUIM, 2012).

A forte presença de fontes hídricas na matriz energética brasileira é uma questão controversa. Lucon e Goldemberg (2009) afirmam que no novo cenário de energias renováveis, o Brasil é considerado uma potência mundial por conta do investimento em bioetanol e de seu parque hidrelétrico, enquanto Abramovay (2010) considera questionável que a matriz energética brasileira seja percebida como um trunfo em prol do desenvolvimento sustentável. Ele observa os movimentos contra a expansão das usinas hidrelétricas na Amazônia (a exemplo da Usina de Belo Monte, uma dentre as 412 barragens programadas ou em obras na região), julga que o retorno não é proporcional ao custo e que o tempo médio de construção extrapola o previsto (ABRAMOVAY, 2014).

O porte de uma usina influencia as dimensões da rede de transmissão e é determinado pela potência instalada (ANEEL, 2008):

- Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), com até 1 MW de potência instalada;
- Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), entre 1,1 e 30 MW de potência instalada;
- Usina Hidrelétrica de Energia (UHE), com mais de 30 MW.

O Banco de Informações de Geração (BIG) da ANEEL (2016a) atualizou o panorama de usinas hidrelétricas em operação no Brasil: 558 CGH, com potência total de 433 MW; 458 PCH com 4,852 mil MW de potência instalada; 206 UHE com uma capacidade total instalada de 83,310 mil MW.

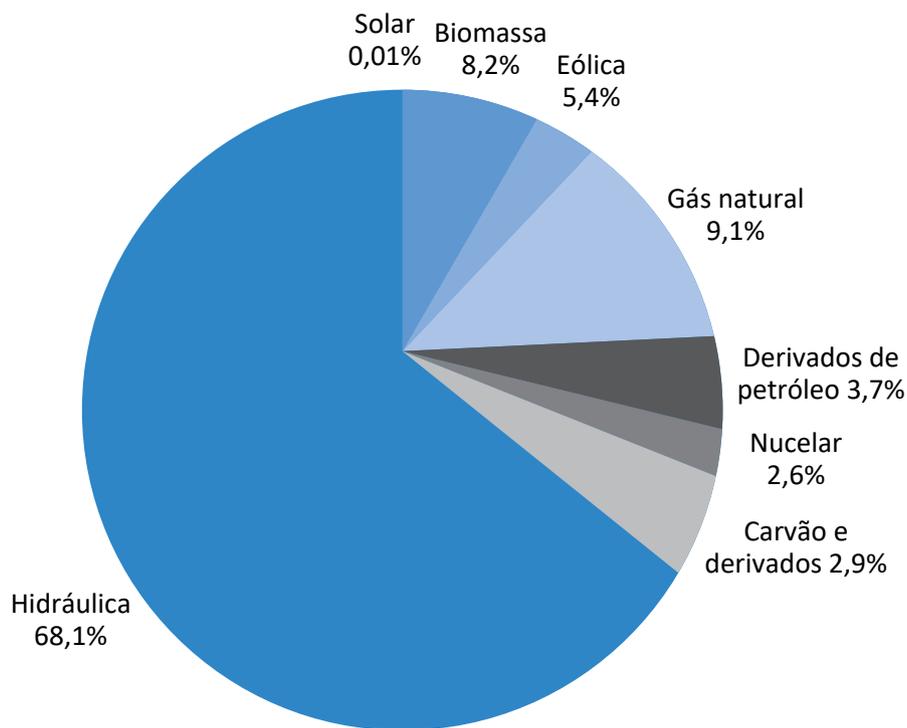
A biomassa, que apresenta discretos 8,2% (Figura 2), tem uma perspectiva de avanço no Brasil, que possui condições favoráveis para implantá-la, conforme relacionado por Sachs (2005):

- reservas de biodiversidade;
- terras cultiváveis e recursos hídricos;
- climas variados;
- pesquisa agrônômica e biológica de classe internacional;
- indústria capaz de produzir equipamentos para a produção de etanol e de biodiesel.

O Brasil utiliza biomassa líquida (biocombustíveis como o etanol e o biodiesel), em estado gasoso (biogás,

proveniente dos aterros sanitários) e sólida (bagaço de cana, principal resíduo para geração de eletricidade por biomassa no país). Nas usinas de cogeração, o funcionamento é semelhante às termelétricas, porém, o combustível queimado é renovável e as emissões de CO<sub>2</sub> podem ser reabsorvidas na safra seguinte (GREENPEACE, 2013). A ANEEL (2008) informa que o uso da biomassa na geração de energia elétrica tem sido crescente no Brasil, principalmente em sistemas de cogeração, e Chu e Goldemberg (2010) asseguram que há margem para uma expansão significativa. A partir de estudo realizado com o etanol, Barbosa (2016) observa que Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) é a principal via de redução de custos, logo, faz sentido pensar na criação desses fundos.

Abramovay (2010) aponta a incoerência do Brasil acionar usinas termelétricas e manter o discurso da suposta inviabilidade da energia solar ou eólica. A energia eólica, posicionada em 5,4% (Figura 2), pode ser importante para o propósito de redução do dióxido de carbono, a exemplo do maior parque eólico *offshore* do globo, London Array, cuja redução é de aproximadamente 1,2 milhões de tone-



**Figura 2 – Oferta interna de energia elétrica por fonte no Brasil, em 2016, segundo a EPE (2017).**

ladas por ano (DUARTE, 2014). Se considerarmos que os mais recentes desenvolvimentos tecnológicos de torres eólicas no mundo se instalam em áreas costeiras, onde os ventos são mais abundantes, ou em território *offshore* (GREENPEACE, 2007), o Brasil, cuja área costeira é de aproximadamente 7,4 mil km (PORTAL BRASIL, 2015a), tem uma perspectiva auspiciosa de geração. A avaliação do potencial de vento indica que, no Brasil, há um gigantesco potencial comercial de aproveitamento eólico ainda não explorado (SILVA, 2006) e regiões como Ceará e Rio Grande do Norte possuem o dobro da capacidade de geração da Alemanha (DUARTE, 2014). Em 2016, a geração eólica atingiu 33,5 TWh, o correspondente a 54,9% de crescimento, e a potência instalada para geração eólica chegou a 10.124 MW, uma expansão de 32,6% (EPE, 2017). Segundo Barbosa (2016), a redução de custos é possível por meio de P&D e ganho de escala.

A presença da energia solar na matriz energética é inexpressiva (0,01%), embora o mercado mundial de painéis fotovoltaicos esteja em franca expansão. O tripé que leva o Greenpeace (2010) a antever a competitividade dessa tecnologia em relação aos valores médios de tarifas elétricas considera esse crescimento, acima de 30% ao ano (de 2005 a 2010), o propósito de reduzir o uso de matéria-prima e a considerável queda de preços (cerca de 20% a cada duplicação da capacidade instalada). Um sistema fotovoltaico também opera em dias nublados, mas quanto maior a intensidade de luz, maior o fluxo de energia elétrica (ANEEL, 2008). No Brasil, apesar das diferenças climáticas, a irradiação solar apresenta bom padrão de uniformidade e médias anuais comparativamente altas — a irradiação solar global que incide em qualquer região do território brasileiro (1.500 a 2.500 kWh/m<sup>2</sup>) é superior à da Alemanha (900 a 1.250 kWh/m<sup>2</sup>), França (900 a 1.650 kWh/m<sup>2</sup>) e Espanha (1.200 a 1.850 kWh/m<sup>2</sup>), países onde o aproveitamento de recursos solares é expressivo (PEREIRA *et al.*, 2006). No *ranking* da produção de energia solar, a Alemanha se destaca com cerca de 22% (39 GW) de capacidade instalada fotovoltaica global (MELO *et al.*, 2016), fruto de seu programa de diversificação e “limpeza” da matriz energética, propósito compartilhado por Japão, Estados Unidos e Espanha. Em 2007, esses quatro países, em conjunto, concentraram 84% da capacidade mundial (ANEEL, 2008). Atualmente, na maioria dos países desenvolvidos do mundo (Estados Unidos, Reino Unido, Itália e Alemanha), a autogeração é um dos principais sistemas de desenvolvimento solar fotovoltaico (SARASA-MAESTRO *et al.*, 2016).

Guerra e Youssef (2012) destacam benefícios ecológicos na produção de eletricidade por meio de usinas fotovoltaicas: o potencial de mitigação das mudanças climáticas (mínima emissão de gases de efeito estufa) e a não interferência nos ecossistemas naturais, na medida em que as implantações não demandam desmatamento e utilizam sistemas de distribuição já existentes. Pereira *et al.* (2006) destacam o benefício social de sistemas descentralizados que suprem a população sem acesso à energia ou que a tem em escassez, como acontece na maior parte da região amazônica, onde a demanda é dispersa e a densidade energética relativamente pequena.

A energia solar fototérmica, usada para aquecimento de água, sobretudo em residências, hospitais e hotéis, é uma importante medida de eficiência energética que dispensa o uso de chuveiros elétricos, em linha com a Arquitetura Bioclimática, que considera soluções adaptadas às condições locais de clima e hábitos de consumo (CRESESB, 2006). Guimarães (2016) aponta algumas características que distinguem a energia solar das demais fontes limpas e renováveis:

- sua distribuição próxima ao centro de consumo elimina perdas de transmissão;
- é a única que pode ser produzida em grandes centros urbanos, onde não faltam edificações e telhados, e também em locais remotos;
- a geração realizada por pequenos produtores poderá assegurar rentabilidade a diferentes projetos;
- as preocupações geopolíticas serão minimizadas na medida em que os países sejam, simultaneamente, produtores e consumidores de energia;
- a disponibilidade de radiação solar difere entre as regiões, em função do clima e da latitude, o que pode determinar diferenças substanciais no custo;
- a intermitência da radiação requer armazenamento da energia produzida, por meio de baterias de acumuladores.

Segundo Barbosa (2016), a energia fotovoltaica necessita elevar a produção para aumentar a escala, gerando ganhos de aprendizado e barateamento dos custos.

Esse cenário, à luz da proposta de desenvolvimento sustentável, aponta para a necessidade de investimen-

tos significativos que aumentem a participação das energias limpas na matriz energética brasileira.

## O CONTEXTO DA AUTOGERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL E A OPÇÃO DO CONSUMIDOR POR ENERGIA SOLAR

O significativo aumento do consumo de eletricidade se deve ao crescimento demográfico e estilo de vida da população — mesmo em meio à crise econômica, o consumo no setor residencial apresentou crescimento de 1,4% (EPE, 2017), reiterando que as escolhas e os hábitos dos consumidores são elementos-chave nessa transição (GREENPEACE, 2010). Sachs (2007) sugere a combinação de um perfil mais sóbrio no consumo de energia e maior eficiência no uso da energia disponível.

Em seu estudo sobre a governança de energias renováveis não convencionais, Melo, Jannuzzi e Bajay (2016) observam interferências na descentralização da produção energética no Brasil: a Petrobras e a Eletrobras, vislumbrando perdas no mercado de eletricidade, têm interesse em adiar o avanço das energias renováveis; a ANEEL é fortemente influenciada por empresas de fornecimento de energia, que se opõem ao desenvolvimento da geração distribuída. Com base na análise da experiência bem-sucedida da Alemanha, esses autores concluem que o Brasil carece de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), maior articulação nas medidas adotadas, assessoria técnica e planejamento de longo prazo.

O impulso inicial para as energias renováveis não convencionais e o protagonismo dos consumidores advêm de leis e programas governamentais, em que se destacam:

- a Resolução Normativa nº 482 (ANEEL, 2012), que estabelece a possibilidade de microgeração (potência instalada até 75 kW) e minigeração (potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW) e o incentivo por meio do qual a energia excedente gerada pelo consumidor pode ser cedida à concessionária em sistema de compensação, implicando crédito nas contas subsequentes de energia;
- a Resolução Normativa nº 687, de 2015 (ANEEL, 2015), que estende a geração distribuída a condomínios ou prédios com múltiplas residências e apresenta o conceito de geração compartilhada, por meio de consórcio ou cooperativa de pessoa física ou jurídica, em que os bônus energéticos po-

dem ser utilizados em um outro local, caso as duas unidades estejam inseridas na mesma área de concessão e reunidas por comunhão de fato ou direito (SOLARVOLT, 2017);

- o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída (ProGD), instituído em 2015 pelo Ministério de Minas e Energia (MME), dá ênfase à geração de energia solar fotovoltaica e busca evitar a emissão de 29 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera, até 2030 (BRASIL, 2015). Para tanto, o ProGD prevê a isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), do Programa de Integração Social e Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/Pasep) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) sobre a energia inserida pelo consumidor na rede pública, redução do imposto de importação sobre bens para produção de equipamentos de geração solar fotovoltaica e taxas diferenciadas concedidas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) a projetos em escolas e hospitais públicos.

Os resultados divulgados, em janeiro de 2017, pela ANEEL registram 7.610 conexões de geração distribuída pelos consumidores, que somam 73.569 kW de potência instalada. Dessas, 7.528 conexões e 57.606 kW são advindos da energia solar fotovoltaica, com destaque para os consumidores domésticos, que correspondem a 6 mil conexões (PORTAL BRASIL, 2017). A maior disseminação da energia fotovoltaica no Brasil se deu no combate à exclusão elétrica, apoiada na Lei da Universalização (ANEEL, 2016b), por meio do programa social Luz para Todos. O programa, direcionado a famílias de baixa renda do meio rural que residem longe das redes de distribuição, de 2003 a 2014 beneficiou 3.184.946 famílias, o equivalente a 15,3 milhões de pessoas (PORTAL BRASIL, 2015b).

Neste estudo, assume-se que o consumidor fotovoltaico é aquele que opta pela implantação de módulos

fotovoltaicos para geração de energia elétrica própria. Mas o contexto em que essa escolha se dá — com ou sem subvenção do governo, ausência ou não de suprimento regular de eletricidade — faz diferença porque resulta em um consentimento ou em uma decisão de investimento. Analisemos dois exemplos relacionados à decisão de investimento:

- o governo do Reino Unido definiu políticas de combate às emissões domésticas de GEEs e metas nacionais audaciosas para estimular o uso da energia solar. Como no setor doméstico o sucesso dependeria da adoção dessa tecnologia pelos proprietários privados, em 2002 foi lançada a concessão para sistemas solares com subsídio que reduzia o custo em até 50%. Houve grande interesse e baixa adesão (FAIERS & NEAME, 2006);
- na Tailândia, apesar do grande interesse nos benefícios proporcionados pela energia solar, o governo não adota a política de incentivo financeiro, sem a qual os consumidores individuais não têm recursos para realizar o investimento nem se sentem motivados a assumi-la como prioridade (TIMILSINA et al., 2000). Essas experiências sugerem que a questão

econômica não parece ser a única determinante, visto que o movimento dos consumidores não muda radicalmente na presença do incentivo.

O modelo apresentado por Rogers (1995) demonstra que a decisão de uma pessoa a respeito de uma inovação não é instantânea, mas um processo complexo que envolve conhecimento do produto, persuasão ou aumento da consciência, decisão (rejeição ou aprovação da inovação, embora com risco de interrupção do uso), implementação (quando cessa o exercício meramente mental e se inicia a experimentação) e confirmação das expectativas. Esse modelo não esgota as variáveis envolvidas na decisão, dentre as quais a motivação, mas apresenta uma análise que vai além da valoração meramente econômica.

Para compreender como a decisão dos consumidores fotovoltaicos residenciais se configura e conhecer os estudos empreendidos no Brasil com foco nesses consumidores, após esta revisão narrativa e seguindo a classificação metodológica proposta por Botelho et al. (2011), foi realizada uma revisão sistemática em bases de dados, apresentada a seguir.

## METODOLOGIA

Considerando que um ponto crítico da revisão bibliográfica sistemática (RBS) é a escolha das fontes, foram utilizadas as bases de dados que compõem o sistema da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), de acordo com a indicação proposta pelo *Centre for Reviews and Dissemination* (CRD), que é referência no uso da RBS (GOMES & CARMINHA, 2014). Dentre as opções existentes, foram consultadas as bases de dados *Scopus*, *Science Direct*, *Annual Reviews* e *American Psychological Association* (APA PsycNet). A escolha dessas fontes visou o maior valor agregado e foi apoiada em informações da CAPES, com destaque para os seguintes critérios:

- qualidade do acervo, aplicável às quatro bases de dados;
- amplitude do acervo, especialmente aplicável à *Science Direct*, que conta com 1.800 periódicos publicados em texto completo pela Elsevier, em todas as áreas do conhecimento;

- convergência esperada, em que a *Scopus*, como base referencial da Editora Elsevier, indexa títulos acadêmicos revisados, a *Annual Reviews* opera com sínteses de pesquisas desenvolvidas em diversas áreas do conhecimento e a APA PsycNet foca duas importantes áreas de interesse, psicologia e ciências sociais.

A pesquisa buscou identificar se existem publicações que abordam os consumidores fotovoltaicos brasileiros, o que orientou a formulação de três perguntas centrais norteadoras desta revisão:

- há publicações que abordam a questão dos consumidores fotovoltaicos no Brasil?;
- há publicações que abordam aspectos relacionados à decisão dos consumidores brasileiros de energia fotovoltaica?;
- há publicações que abordam aspectos relacionados à motivação dos consumidores brasileiros de energia fotovoltaica?

Essas perguntas definiram os descritores “consumidores fotovoltaicos brasileiros”, “decisão de consumidores fotovoltaicos brasileiros” e “motivação de consumidores fotovoltaicos brasileiros”, utilizados na língua inglesa (*Brazilian photovoltaic consumers, decision of Brazilian photovoltaic consumers, motivation of Brazilian photo-*

*voltaic consumers*). Para ampliar a busca foram usados os operadores booleanos *AND* e *OR* nas quatro bases de dados. A abrangência temporal da revisão foi definida a partir de 1992, quando tiveram início as atividades na área de energia fotovoltaica no Brasil, a cargo do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL/Eletronbras).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante do interesse precípuo de conhecer os estudos com foco em motivação e decisão de consumidores fotovoltaicos residenciais no Brasil, foram excluídos os artigos eminentemente técnicos ou que versavam sobre outras fontes de energia e incluídos os artigos relacionados a experiências brasileiras (reais e simuladas), que abordam particularidades do mercado nacional fotovoltaico, em que os consumidores estão envolvidos. É relevante destacar que não foram encontrados artigos específicos sobre decisões e motivações dos consumidores brasileiros, em nenhuma das bases de dados.

A busca empreendida na *Science Direct* se destacou em relação às demais bases de dados em número de publicações. Numa primeira seleção foram eliminados os artigos repetidos e uma seleção posterior foi necessária para identificar os estudos convergentes com o foco pretendido (consumidores fotovoltaicos brasileiros) e os temas centrais da pesquisa (decisões e mo-

tivações). Como resultante desse refinamento foram identificados apenas 14 artigos no período considerado, de 25 anos. A Tabela 1 exibe a síntese quantitativa da pesquisa.

Nos estudos selecionados, foram destacadas as seguintes evidências e conclusões, cronologicamente ordenadas, que, direta ou indiretamente, dizem respeito aos consumidores fotovoltaicos brasileiros:

- há barreiras políticas, institucionais e regulatórias que impactam o fornecimento de energia elétrica a consumidores de baixa renda, em áreas rurais e urbanas do Brasil (GOLDEMBERG *et al.*, 2004);
- tecnologias fotovoltaicas integradas em fachadas de edifícios têm potencial de atender a demanda e fornecer o excesso de energia à rede elétrica pública durante 30% do ano, favorecendo consumidores de áreas urbanas (ORDENES *et al.*, 2007);

**Tabela 1 – Publicações identificadas nas bases de dados.**

	<i>Brazilian photovoltaic consumers AND decision of Brazilian photovoltaic consumers</i>				<i>Brazilian photovoltaic consumers AND motivation of Brazilian photovoltaic consumers</i>			
<b>ARTIGOS</b>	<b>S</b>	<b>SD</b>	<b>AR</b>	<b>APA</b>	<b>S</b>	<b>SD</b>	<b>AR</b>	<b>APA</b>
Encontrados	0	165	2	0	0	40	2	0
Repetidos	0	6	2	0	0	32	0	0
Únicos	0	159	0	0	0	8	2	0
Selecionados	0	7	0	0	0	0	0	0
	<i>Brazilian photovoltaic consumers OR decision of Brazilian photovoltaic consumers</i>				<i>Brazilian photovoltaic consumers OR motivation of Brazilian photovoltaic consumers</i>			
<b>ARTIGOS</b>	<b>S</b>	<b>SD</b>	<b>AR</b>	<b>APA</b>	<b>S</b>	<b>SD</b>	<b>AR</b>	<b>APA</b>
Encontrados	7	272	2	0	7	272	2	0
Repetidos	4	176	2	0	7	272	2	0
Únicos	3	96	0	0	0	0	0	0
Selecionados	2	5	0	0	0	0	0	0

S: Scopus; SD: Science Direct; AR: Annual Reviews; APA: American Psychological Association.

- uma avaliação do impacto da eletrificação rural no Brasil (dirigida a 23 mil domicílios ou propriedades rurais, de 2000 a 2004), constata a rápida mudança no perfil do consumo de energia e redução da pobreza energética (PEREIRA *et al.*, 2010);
- o relato da implantação do programa Luz para Todos (LPT), em localidades de baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), no estado de Minas Gerais, classifica o consumidor-alvo como residencial de baixa renda, segundo a Resolução ANEEL nº 456, sendo trabalhador rural o que desenvolve agricultura para subsistência, com renda familiar de, até, dois salários mínimos (DINIZ *et al.*, 2011);
- a tendência de paridade nos valores, fruto da queda nos custos de energia fotovoltaica e o aumento dos preços da eletricidade convencional, pode favorecer as populações urbanas brasileiras, enquanto a disponibilidade de matérias-primas (silício e eletricidade limpa) pode tornar o Brasil um importante *player*, sendo necessária uma política que incentive e sustente a adoção fotovoltaica (RÜTHER & ZILLES, 2011);
- uma revisão diagnóstica sobre a penetração das tecnologias solar e eólica apontou a necessidade de um preço referencial, de investimento em conscientização pública, na construção de infraestruturas e no conhecimento tecnológico, além da melhoria em regulamentos e incentivos para atrair os consumidores (MARTINS & PEREIRA, 2011);
- uma avaliação das consequências da eletrificação rural no nordeste pobre do Brasil demonstra que o consumo de eletricidade se traduz em benefícios sociais imediatos para as famílias, embora o estudo não tenha verificado ligação direta entre o uso de eletricidade e a geração de renda em curto prazo, mas o bem-estar a longo prazo demanda estratégias mais amplas de desenvolvimento rural (OBERMAIER *et al.*, 2012);
- a eletrificação de duas comunidades ribeirinhas da Reserva Mamirauá, na Amazônia (por *Solar Home Systems* – SHS e por extensão de rede) gerou impactos residenciais positivos, mas os consumidores atendidos pela rede tiveram maior benefício em suas atividades produtivas, em função da maior oferta de eletricidade (VALER *et al.*, 2014);
- a iniciativa LPT, em áreas remotas da Amazônia brasileira, apresenta desafios relacionados às estruturas institucionais, tecnológicas e de financiamento, requer regras para orientar a relação da comunidade com os novos agentes, tecnologias para geração de pequena escala com recursos locais, subsídios otimizados e soluções eficazes fora da rede (GÓMEZ & SILVEIRA, 2015; GÓMEZ *et al.*, 2015);
- a avaliação do potencial fotovoltaico em telhados no setor residencial revela a viabilidade tecnológica para as áreas urbanas e rurais e projeção de elevado crescimento da tecnologia fotovoltaica, sobretudo na região sudeste, onde foi estimada a concentração de 52% da rede instalada em 2026 (MIRANDA *et al.*, 2015);
- na modelagem que analisa o impacto das unidades de geração fotovoltaica na rede de distribuição de Armação dos Búzios, no Rio de Janeiro, não foram observados impactos técnicos, mas o estudo destacou a importância de incentivos diretos para a expansão do mercado fotovoltaico domiciliar (SOUZA *et al.*, 2016);
- o sistema de gerenciamento de energia fotovoltaica, que possibilita aos consumidores simular seu gasto e reeducar seus hábitos, pode resultar em relevante economia para o sistema interligado nacional (TAKIGAWA *et al.*, 2016);
- na estrutura de distribuição, a relação com o consumidor residencial torna-se técnica e comercialmente suscetível, sendo necessários esforços de regulação e de mercado para ampliar eficazmente a cogeração e potencializar a energia fotovoltaica (CAMILO *et al.*, 2017).

Desses estudos, é possível depreender o seguinte panorama:

- os consumidores de áreas urbanas podem se beneficiar com o reconhecido potencial fotovoltaico em telhados residenciais, em fachadas de edifícios e com a aguardada paridade nos valores das energias fotovoltaica e convencional (MIRANDA *et al.*, 2015; ORDENES *et al.*, 2007; RÜTHER & ZILLES, 2011);
- a eletrificação de áreas rurais trouxe benefícios imediatos às famílias, com mudança no perfil do consumo e redução da pobreza energética, favorecendo brasileiros de baixa e baixíssima renda (OBERMAIER *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2010; DINIZ *et al.*, 2011; VALER *et al.*, 2014);

- as seguintes questões demandam reversão ou melhorias significativas: barreiras políticas, institucionais e regulatórias, necessidade de um preço referencial, investimento em conscientização pública, construção de infraestruturas e no conhecimento tecnológico, financiamentos, subsídios otimizados e incentivos diretos (GOLDEMBERG *et al.*, 2004; MARTINS & PEREIRA, 2011; GÓMEZ & SILVEIRA, 2015; GÓMEZ *et al.*, 2015; SOUZA *et al.*, 2016; CAMILO *et al.*, 2017);
- as projeções são auspiciosas: o Brasil pode se tornar um importante *player* pela disponibilidade de matérias-primas, é aguardado relevante crescimento da tecnologia fotovoltaica, em especial na região sudeste, e o sistema interligado nacional pode se favorecer com o gerenciamento do gasto energético pelo consumidor fotovoltaico (RÜTHER & ZILLES, 2011; MIRANDA *et al.*, 2015; TAKIGAWA *et al.*, 2016).

## CONCLUSÃO

As revisões narrativa e sistemática utilizadas atenderam ao objetivo proposto neste estudo. Na revisão narrativa, a literatura consultada parece sintetizar os rumos mais adequados para equacionar o desafio da energia no mundo e no Brasil. O consumo consciente, apoiado em soluções tecnológicas ou simples mudanças de hábito, e o incremento da oferta de energia limpa atendem a estratégia de descarbonização, necessária para atenuar a pressão sobre o meio ambiente até que se atinja a neutralidade climática. Em oposição, considerando as informações técnicas e as estatísticas mencionadas neste estudo, fica evidente o contraste entre os avanços das energias renováveis e a opção por energias fósseis. Essa questão encerra, também, o paradoxo de que a suposta complexidade das tecnologias de geração limpas não justifica o retardo no seu desenvolvimento, já que as energias fósseis, extremamente complexas, foram amplamente desenvolvidas no mundo.

A literatura evidencia a importância de leis e programas governamentais para que os consumidores adotem energias não convencionais. A energia fotovoltaica no Brasil, a despeito de sua comprovada viabilidade, é influenciada por conflitos de interesse e pela ausência de uma política de diversificação da matriz energética, que amplie a participação das energias limpas e reno-

váveis. Na verdade, a presença da energia solar sequer é percebida no contexto nacional, o que é corroborado na revisão sistemática pela ausência de estudos específicos sobre os consumidores fotovoltaicos, um dos principais atores sociais desse processo. Os estudos que integraram esta revisão revelam aspectos da realidade econômica, política, tecnológica e sociocultural da energia solar, mas não foram localizados artigos sobre os temas decisão e motivação, uma lacuna importante se considerarmos que a estratégia de expansão da alternativa fotovoltaica, por meio da microgeração e minigeração, da geração distribuída e geração compartilhada, está pautada nos consumidores fotovoltaicos que são potenciais investidores.

No conjunto dos estudos selecionados, ficou registrada a viabilidade da geração distribuída (de áreas rurais remotas às superfícies verticais de áreas urbanas) e foi possível depreender a possibilidade de expansão da energia fotovoltaica no tórrido território brasileiro, favorecendo consumidores de diferentes perfis socioeconômicos. Dentre as importantes lacunas e fragilidades que impactam a expansão do mercado fotovoltaico, cabe destacar a indispensável conscientização dos atores sociais e a necessidade de aprimorar a política de incentivos para atrair novos consumidores.

## REFERÊNCIAS

ABRAMOVAY, R. Desenvolvimento sustentável: qual a estratégia para o Brasil? *Novos Estudos*, 2010.

\_\_\_\_\_. Inovações para que se democratize o acesso à energia, sem ampliar as emissões. *Ambiente e Sociedade*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 1-18, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012*. Brasília: ANEEL, 2012.

\_\_\_\_\_. *Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015*. Brasília: ANEEL, 2015.

\_\_\_\_\_. *Capacidade instalada no Brasil*. Banco de Informações de Geração – BIG. Brasília: ANEEL, 2016a.

\_\_\_\_\_. *Universalização: Legislação*. Brasília: ANEEL, 2016b.

BARBOSA, S. M. K. *A competitividade das fontes energéticas em uma abordagem de learning curves: uma proposição de regulação que incentive as tecnologias renováveis*. 300 f. Tese (Doutorado em Ciência) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. de A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Gestão e Sociedade*, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. *Brasil lança programa de geração distribuída com destaque para energia solar*. Brasil: MME, 2015.

BRITISH PETROLEUM (BP). *BP Energy Outlook to 2035*. 2016.

CAMILO, H. F.; MORALES, M. E.; GIMENES, A. L. V.; GRIMONI, J. A. B. Assessment of photovoltaic distributed generation – Issues of grid connected systems through the consumer side applied to a case study of Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 71, p. 712-719, 2017.

CAVALCANTI, C. Pensamento socioambiental e a economia ecológica: nova perspectiva para pensar a sociedade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 35, 2015.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). *Energia solar: princípios e aplicações*. Tutorial Solar. Rio de Janeiro: CRESESB, 2006.

CHU, S.; GOLDEMBERG, J. *Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho*. São Paulo: FAPESP, 2010.

CHU, S.; MAJUMDAR, A. Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature*, v. 488, 2012.

DINIZ, A. S. A. C.; MACHADO NETO, L. V. B.; CAMARA, C. F.; MORAIS, P.; CABRAL, C. V. T.; OLIVEIRA FILHO, D.; RAVINETTI, R. F.; FRANÇA, E. D.; CASSINI, D. A.; SOUZA, M. E. M.; SANTOS, J. H.; AMORIM, M. Review of the Photovoltaic Energy Program in the State of Minas Gerais, Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, p. 2696-2706, 2011.

DUARTE, J. P. A. *Impacto da produção eólica na fiabilidade do sistema de produção*. 83 p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). *Balanço Energético Nacional 2017: Relatório Síntese*. Ano-base 2016 – Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

\_\_\_\_\_. *Demanda de energia 2050: Nota Técnica DEA 13/14*. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

EXXONMOBIL. *Panorama Energético: Perspectivas para 2040*. Texas: Exxonmobil, 2014.

FAIERS, A.; NEAME, C. Consumer attitudes towards domestic solar power systems. *Energy Policy*, v. 34, p. 1797-1806, 2006.

GOLDEMBERG, J.; LA ROVERE, E. L.; COELHO, S. T. Expanding access to electricity in Brazil. *Energy for Sustainable Development*, v. 8, n. 4, p. 86-94, 2004.

- GOMES, I. S.; CAMINHA, I. de O. Guia para estudos de revisão sistemática: uma opção metodológica para as Ciências do Movimento Humano. *Movimento*, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 395-411, 2014.
- GÓMEZ, M. F.; SILVEIRA, S. The last mile in the Brazilian Amazon – A potential pathway for universal electricity access. *Energy Policy*, v. 82, p. 23-37, 2015.
- GÓMEZ, M. F.; TÉLLEZ, A.; SILVEIRA, S. Exploring the effect of subsidies on small-scale renewable energy solutions in the Brazilian Amazon. *Renewable Energy*, v. 83, p. 1200-1214, 2015.
- GREENPEACE. *Revolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo*. São Paulo: Greenpeace, 2010.
- \_\_\_\_\_. *Revolução energética: a caminho do desenvolvimento limpo*. São Paulo: Greenpeace, 2013.
- \_\_\_\_\_. *Revolução energética: perspectivas para uma energia global sustentável*. São Paulo: Greenpeace Brasil, 2007.
- GUERRA, J. B. S. O. de A.; YOUSSEF, Y. A. (Orgs.). *O legado do Projeto Jelare e as energias renováveis*. Palhoça: Unisul, 2012.
- GUIMARÃES, L. dos S. A geopolítica da energia de baixo carbono. *FGV Energia*, 2016.
- LUCON, O.; GOLDEMBERG, J. Crise financeira, energia e sustentabilidade no Brasil. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 23, n. 65, 2009.
- MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. Enhancing information for solar and wind energy technology deployment in Brazil. *Energy Policy*, v. 39, p. 4378-4390, 2011.
- MELO, C. A. de; JANNUZZI, G. de M.; BAJAY, S. V. Nonconventional renewable energy governance in Brazil: lessons to learn from the German experience. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 61, p. 222-234, 2016.
- MIRANDA, R. F. C.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. Technical-economic potential of PV Systems on Brazilian Rooftops. *Renewable Energy*, v. 75, p. 694-713, 2015.
- NOBRE, A. D. *O futuro climático da Amazônia: relatório de avaliação científica*. São José dos Campos: ARA/CCST-INPE/INPA, 2014.
- OBERMAIER, M.; ROSA, L. P. Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 27, n. 78, p. 155-176, 2013.
- OBERMAIER, M.; SZKLO, A.; LA ROVERE, E. L.; ROSA, L. P. An assessment of electricity and income distributional trends following rural electrification in poor northeast Brazil. *Energy Policy*, v. 49, p. 531-540, 2012.
- ONU. *Conferências das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 21)*. Paris, 2015.
- ONU BRASIL. *Acordo de Paris sobre o clima: adoção do Acordo de Paris*. Brasil, 2017.
- \_\_\_\_\_. *Novo estudo da ONU indica que mundo terá 11 bilhões de habitantes em 2100*. Brasil, 2015.
- ORDENES, M.; MARINOSKI, D. L.; BRAUN, P.; RÜTHER, R. The impact of building-integrated photovoltaics on the energy demand of multi-family dwellings in Brazil. *Energy and Buildings*, v. 39, p. 629-642, 2007.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. de; RÜTHER, R. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. São José dos Campos: INPE, 2006.
- PEREIRA, M. G.; FREITAS, M. A. V.; SILVA, N. F. da. Rural electrification and energy poverty: empirical evidences from Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 14, n. 4, p. 1229-1240, 2010.
- PORTAL BRASIL. *Aneel registra mais de 7,6 mil conexões de geração distribuída*. Brasil, 2017.

PORTAL BRASIL. *Litoral brasileiro tem 7,4 mil km de belezas naturais*. Brasil, 2015a.

\_\_\_\_\_. *Programa Luz para todos é prorrogado até 2018*. Brasil, 2015b.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). *Mude o hábito: um guia da ONU para a neutralidade climática*. Redator: Alex Kirby. Noruega: GRID-Arendal, 2009.

RENNER, M.; PRUGH, T. *Estado do Mundo 2014: como governar em nome da sustentabilidade*. Salvador: Uma, 2014.

ROGERS, E. M. *Diffusion of innovations*. 4. ed. Nova York: Free Press, 1995.

RÜTHER, R.; ZILLES, R. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. *Energy Policy*, v. 39, n. 3, p. 1027-1030, 2011.

SACHS, I. A revolução energética do século XXI. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 21-38, 2007.

\_\_\_\_\_. Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 19, n. 55, p. 195-214, 2005.

SARASA-MAESTRO, C. J.; DUFO-LÓPEZ, R.; BERNAL-AGUSTÍN, J. L. Analysis of Photovoltaic Self-Consumption Systems. *Energies*, v. 9, p. 681, 2016.

SILVA, N. F. *Fontes de energia renováveis complementares na expansão do setor elétrico brasileiro: o caso da energia eólica*. 263 f. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOLARVOLT. Net Metering e Feed in: saiba o que são e como funcionam. *SolarVolt*, 2017.

SOUZA, M. I.; SOARES, M. C. B. B.; SILVA, M. R. Modeling distributed PV market and its impacts on distribution system: a brazilian case study. *IEEE Latin America Transactions*, v. 14, n. 11, p. 4520-4526, 2016.

TAKIGAWA, F. Y. K.; FERNANDES, R. C.; NETO, E. A. C. A.; TENFEN, D.; SICA, E. T. Energy management by the consumer with photovoltaic generation: brazilian market. *IEEE Latin America Transactions*, v. 14, n. 5, p. 2226-2232, 2016.

TIMILSINA, R.; LEFEVRE, T.; SHRESTHA, S. Financing solar thermal technologies under DSM programs; an innovative approach to promote renewable energy. *International Journal of Energy Research*, v. 24, p. 503-510, 2000.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 26, n. 74, 2012.

VALER, L. R.; MOCELIN, A.; ZILLES, R.; MOURA, E.; NASCIMENTO, A. C. S. Assessment of socioeconomic impacts of access to electricity in Brazilian Amazon: case study in two communities in Mamirauá Reserve. *Energy for Sustainable Development*, v. 20, p. 58-65, 2014.

WORLD ENERGY COUNCIL. *Survey of Energy Resources: Solar*. 2013.

ZANETI, I. C. B. B.; SÁ, L. M.; ALMEIDA, V. G. Insustentabilidade e produção de resíduos: a face oculta do sistema do capital. *Sociedade e Estado*, Brasília, v. 24, n. 1, 2009.