



Análise de preditores para adoção de sistemas solares fotovoltaicos residenciais no Vale do Paraíba

Analysis of predictors for the implementation of residential photovoltaic solar systems in Vale do Paraíba

Caio Borelli LIZA¹, Érica Leonor ROMÃO¹, Mariana Consiglio KASEMODEL^{1*}

¹ Universidade de São Paulo (USP), Lorena, SP, Brasil.

* E-mail de contato: mariana.kasemodel@usp.br

Artigo recebido em 19 de maio de 2021, versão final aceita em 12 de novembro de 2021, publicado em 14 de junho de 2023.

RESUMO: A energia fotovoltaica foi identificada como uma das principais fontes de energia na transição da geração de eletricidade de fontes não renováveis para fontes renováveis. No Vale do Paraíba (São Paulo, Brasil), apesar das condições favoráveis à implantação da geração distribuída de energia fotovoltaica, a capacidade instalada é muito inferior ao potencial de geração existente, evidenciando a presença de fatores que dificultam a maior adoção e difusão dessa tecnologia. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo identificar preditores responsáveis pela intenção de adoção sistemas solares fotovoltaicos no Vale do Paraíba. As informações foram coletadas através de um questionário online ($n = 168$). Os dados coletados são referentes à caracterização socioeconômica, indicadores de consumo consciente, conhecimento declarado e efetivo e percepção. Como resultado, verificou-se que os entrevistados acreditam que a instalação de placas fotovoltaicas exige um elevado custo, no entanto, acreditam também que o investimento é válido. Foi observada dependência de conhecimento declarado e efetivo ($p < 0,05$), indicando que pessoas que declararam conhecer o sistema solar fotovoltaico por geração distribuída tiveram melhor desempenho ao responder perguntas técnicas sobre a tecnologia. Por fim, gênero, faixa etária e percepção estão associados com a intenção de adoção de placas fotovoltaicas.

Palavras-chave: geração distribuída; comportamento humano; consumo consciente; sustentabilidade.

ABSTRACT: Photovoltaic energy is one of the main energy sources for the transition from non-renewable to renewable energy generation. However, in Vale do Paraíba (São Paulo, Brazil), despite the favorable conditions for implementing distributed generation of photovoltaic energy, the installed capacity is much lower than the existing generation potential, showing the factors that hinder a more substantial implementation and diffusion of this technology. Therefore, the focus of this study is to identify predictors that indicate the

intention to apply photovoltaic solar systems in Vale do Paraíba. The information was collected through an online questionnaire (n = 168). The data collected are related to socioeconomic characterization, indicators of conscious consumption, subjective and objective knowledge, and perception. The results indicate the respondents' belief that it is expensive to install photovoltaic panels. However, they also believe that the investment is worthwhile. Furthermore, dependence on subjective and objective knowledge was observed ($p < 0.05$), indicating that those who claimed to know the solar photovoltaic system by distributed generation performed better when answering technical questions about the technology. Finally, gender, age group and perception are associated with the intention to apply photovoltaic panels.

Keywords: distributed generation; human behavior; conscious consumption; sustainability.

1. Introdução

A principal fonte de energia renovável é o Sol, que envia para a Terra energia radiante, que por sua vez proporciona uma variedade de efeitos na atmosfera. Estes efeitos têm importância direta para o fornecimento de recursos energéticos, como energia eólica, a energia de biomassa e a energia das ondas do mar. Neste contexto, o Brasil ocupa uma área privilegiada que recebe cerca de 1000 MWh de energia solar ao longo do ano (Silveira *et al.*, 2013).

A matriz elétrica brasileira é composta majoritariamente por fontes de energias renováveis, sendo que 64% de toda a eletricidade é gerada a partir de usinas hidrelétricas (EPE, 2020). Estas usinas estão espalhadas por todo o país e, após a geração, a eletricidade é distribuída por uma rede interligada operada sob uma gestão centralizada (Martelli *et al.*, 2020). Este sistema integrado apresenta desvantagens relacionadas a potenciais interrupções em épocas de seca e perdas ao longo da linha de transmissão (Silva *et al.*, 2016). Em caso de interrupções, usinas termelétricas podem ser ativadas para contribuir com a geração de energia, aumentando a emissão de gases do efeito estufa (Martelli *et al.*, 2020).

Como a maioria das fontes tradicionais de produção de eletricidade envolve o esgotamento dos recursos naturais, os governos vêm incentivando

as fontes de energia renováveis como uma forma mais ecológica de produzir eletricidade (De Groot *et al.*, 2016). Neste contexto, os sistemas elétricos estão passando por transformações significativas em resposta às políticas de mudanças climáticas.

Nos últimos 10 anos foi observada uma redução da participação da eletricidade proveniente de hidrelétricas na matriz de energia do Brasil (IEA, 2021). Como consequência, a demanda tem sido atendida principalmente por fontes não renováveis (como carvão, gás natural e nuclear) (EPE, 2020; IEA, 2021). Apesar do aumento do consumo de fontes não renováveis, também foi observado um aumento da geração de energia eólica e solar, principalmente nos últimos 5 anos (IEA, 2021). No entanto, a geração de energia elétrica por painéis fotovoltaicos ainda representa uma participação pequena no panorama de energia brasileiro (1,1%), o que representa 1,5% (2,473 MW) da capacidade instalada (EPE, 2020).

A energia solar é considerada uma forma promissora para mitigar as mudanças climáticas e resolver os problemas de poluição (Irfan *et al.*, 2021a). De acordo com Silva *et al.* (2016), a baixa exploração da energia solar no Brasil se deve não apenas aos altos custos, mas também às políticas energéticas atuais e a falta de incentivos governamentais para aumentar a escala de produção de painéis fotovoltaicos.

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu regras para a produção de eletricidade de usuários finais por meio da Resolução n. 482. Nesta Resolução fica definida a modalidade geração distribuída, que possibilita que a energia gerada não consumida pelo gerador seja destinada à rede elétrica, sendo assim, o gerador fica em posse de um “crédito de energia” que não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo da unidade consumidora nos meses subsequentes (ANEEL, 2014).

O forte crescimento da participação de energia fotovoltaica na matriz nacional nos últimos 5 anos inclui a geração concentrada e distribuída, sendo que 25% da energia solar total é proveniente de geração distribuída (Martelli *et al.*, 2020).

De acordo com Rigo *et al.* (2019), quando a modalidade de geração de eletricidade é distribuída em pequena escala, a aquisição de sistemas fotovoltaicos é feita por indivíduos com diferentes níveis de conhecimento técnico.

A aceitação social é definida como uma atitude positiva em relação a uma determinada tecnologia ou medida, sendo crucial para uma introdução bem-sucedida na sociedade (Huijts *et al.*, 2012). A escolha humana é um fator crítico e controlador no uso de energia e é influenciada por várias circunstâncias contextuais e pessoais. Nos últimos anos, diversos estudos têm sido dedicados às percepções sociais em torno da aceitação da energia solar fotovoltaica residencial (Vasseur & Kemp, 2015; De Groote *et al.*, 2016; Parkins *et al.*, 2018; Garlet *et al.*, 2019; Rathore *et al.*, 2019; Alrashoud & Tokimatsu, 2020; Lau *et al.*, 2020; Balta-Ozkan *et al.*, 2021; Irfan *et al.*, 2021a; 2021b). Alipour *et al.* (2020) constataram que a adoção de energia solar fotovoltaica recai sobre preditores individuais (como personalidade, valores, atitude e percepção de risco), sociais (como

educação, idade, gênero e renda) e de informação (como conhecimento financeiro e técnico). Para Parkins *et al.* (2018), os fatores que afetam a adoção de energia solar fotovoltaica podem ser segregados em: conhecimento, valores e atitudes ambientais, engajamento, ver e experienciar infraestrutura de energia renovável e regulações governamentais. Sendo assim, a intenção de adoção de sistemas fotovoltaicos pode variar dependendo do país e da região do país analisada (Balta-Ozkan *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, houve um esforço científico para tentar compreender e designar preditores significativos, modelar o comportamento de famílias e prever a taxa de difusão, colocando em prática uma ampla gama de abordagens (Alipour *et al.*, 2021). Em estudos realizados em países desenvolvidos, a adoção de painéis solares fotovoltaicos residenciais recai principalmente sobre o conhecimento da população entrevistada, efeito de vizinhança ou número de instalações pré-existentes e valores ambientais (Parkins *et al.*, 2018; Balta-Ozkan *et al.*, 2021); enquanto em economias emergentes, os preditores recaem majoritariamente sobre conhecimento, consciência, confiança e investimento (Rathore *et al.*, 2019; Alipour *et al.*, 2020).

Devido a extensão territorial e a desigualdade social, estudos da intenção da adoção de painéis fotovoltaicos no território brasileiro podem demandar elevado número de entrevistados nas diversas regiões do país. Alguns estudos já foram realizados em regiões específicas, como é o caso do estudo realizado por Garlet *et al.* (2019) na região sul, onde foi identificado como maiores preocupações a durabilidade e qualidade dos sistemas fotovoltaicos, investimento inicial, cultura do consumo e a falta de conhecimento adequado sobre a tecnologia fotovoltaica.

Desta forma, a transição para a energia a base de recursos renováveis enfrenta uma série de desafios socioculturais relacionados à aceitação de mudanças e à adoção de novas tecnologias (Garlet *et al.*, 2019).

O conhecimento da intenção de adoção de sistemas solares fotovoltaicos de geração distribuída é uma importante ferramenta para incentivar políticas de implantação. Além disso, os sistemas de geração de energia solar podem melhorar a qualidade de vida dos residentes devido à redução das emissões de carbono; a geração de oportunidades de empregos locais; benefícios à economia nacional e retorno econômico (Irfan *et al.*, 2021a). A nível global, a adoção de energias limpas tem aderência nos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU, 2017).

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi analisar a influência de preditores de característica social, individual, e de informação para instalação de sistemas solares fotovoltaicos residenciais no Vale do Paraíba paulista.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada na porção paulista da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, uma das regiões mais desenvolvidas do Brasil. A população urbana total da área de estudo é estimada em 2.576.250 pessoas (IBGE, 2020).

O nome da região se deve ao rio Paraíba do Sul, que banha a região, sendo que sua bacia possui área de drenagem de cerca de 55.500 km², dos quais

13.900 km² estão localizados no estado de São Paulo (ANA, 2021).

A geração de energia na região é predominantemente advinda de hidrelétricas, por conta disso, parte dos principais afluentes do rio Paraíba do Sul foram interceptados, sendo que na porção paulista da bacia hidrográfica em estudo, existem três usinas hidrelétricas: Paraibuna (rios Paraibuna/Paraítinga), Santa Branca (rio Paraíba do Sul) e Jaguari (rio Jaguari).

2.2. Modelo conceitual e hipóteses

Foi utilizado o Modelo Comportamental de Tomada de Decisão como ferramenta de estudo dos preditores para a adoção de sistemas solares fotovoltaicos. Este modelo objetiva descrever o comportamento de adoção e identificar preditores significativos (Wilson & Dowlatabadi, 2007). Os preditores foram agrupados de acordo com suas características baseada na teoria de Abordagem da Ação Racional (Alipour *et al.*, 2021).

A coleta de informações para análise foi realizada a partir de uso de dados primários por possibilitar incluir os preditores que se deseja ter melhor entendimento. Além disso, é a partir de dados primários que é possível analisar atitudes, traços de personalidade, riscos percebidos, motivos e valores pessoais e ambientais dos indivíduos. Sendo assim, visando analisar a influência de preditores de característica social, individual, e de informação foi elaborado um questionário para coleta de dados. A seleção dos preditores foi realizada conforme a lista disponível na revisão literária realizada por Alipour *et al.* (2020). A classificação dos preditores e o respectivo indicador utilizado para análise neste estudo estão descritos na Tabela 1.

TABELA 1 – Classificação dos preditores selecionados e indicadores utilizados.

Característica	Categoria	Subcategoria	Preditor	Indicador
Social	Idade e gênero	Idade	Idade	Idade
		Gênero	Gênero	Gênero
	Cultura		Classe social	Classificação socioeconômica
	Características da casa	Características não-físicas	Região geográfica	Localização geográfica (município)
Individual (endógeno)	Personalidade		Hábitos e rotina, consciência	Indicadores de consumo consciente
	Valores, estereótipos	Valores ambientais	Atitude e comportamento ambiental	
	Atitudes gerais	Motivos	Motivação para adoção, crença	Afirmativas (análise de percepção e intenção de compra)
Informação	Conhecimento comum		Conhecimento de sistemas solares fotovoltaicos	Autodeclaração (conhecimento declarado e efetivo)

FONTE: Adaptado de Alipour *et al.* (2020).

Para cada preditor é possível selecionar indicadores que possibilitam representar o preditor analisado. No caso dos preditores de características social, os indicadores utilizados remetem às características demográficas. No caso das características individuais e de informação, os preditores costumam ser subjetivos e o indicador utilizado é variado.

2.2.1. *Preditores sociais*

Os preditores sociais podem ser classificados em 10 categorias: educação, idade e gênero, renda, socioeconômica, etnia, cultura, estrutura familiar, sociopolítica, características da casa e geral (Alipour *et al.*, 2020). A partir desta listagem, selecionou-se os critérios de idade e gênero, cultura e características da casa. Os indicadores (Tabela 1) foram selecionados devido a facilidade de acesso

e compreensão das informações solicitadas pelos respondentes e a difusão do uso da classificação socioeconômica.

O uso destes indicadores se baseia na hipótese de que a idade, gênero e condição socioeconômica podem influenciar a intenção de adoção de sistemas solares fotovoltaicos.

2.2.2. *Preditores individuais*

Os preditores individuais podem ser categorizados como de personalidade, valores e estereótipos, atitudes frente a aspectos financeiros e técnicos, atitudes gerais e risco percebido (Alipour *et al.*, 2020). Neste contexto, os valores podem desempenhar um papel importante no processo de decisão do consumidor, no que diz respeito à escolha do produto e da marca (Chen, 2014). Sendo assim, o

valor está relacionado às atitudes do consumidor em relação às questões que envolvam determinada compra. Estes valores podem estar relacionados ao meio ambiente e às questões pessoais. A avaliação destes valores pode se dar por meio do comportamento e atitude ambiental. Neste contexto, destaca-se o conceito de consumo consciente que está relacionado aos hábitos de compra e aos impactos das ações humanas sobre os recursos naturais (CNDL & SPC, 2019). Estes hábitos podem ser avaliados por meio de indicadores de consumo consciente (ICC). Sendo assim, foram selecionados 5 ICC que possuem relação direta com o consumo de energia elétrica.

Os preditores individuais podem exibir efeito imediato da ação, como disposição para adoção, compra e aceitação. Nestes casos, a avaliação do preditor é feita de forma direta com base em afirmativas ou perguntas abertas. Estas informações são importantes para confrontar a análise de preditores mais subjetivos com a percepção do indivíduo frente à tecnologia no momento de resposta do questionário. Sendo assim, optou-se por também utilizar análise de percepção dos indivíduos frente aos benefícios e intenção de adoção da tecnologia.

O uso destes indicadores se baseia na hipótese de que hábitos e atitudes de consumo consciente podem influenciar a intenção de adoção de sistemas solares fotovoltaicos.

2.2.3. Preditores de informação

Os preditores de informação podem ser categorizados como conhecimento financeiro, técnico, conhecimento comum e canais de informação (Ali-pour *et al.*, 2021). Como grande parte dos estudos de percepção de indivíduos frente a adoção de sistemas

solares fotovoltaicos são realizados em países em que esta tecnologia é mais difundida, preditores de conhecimento financeiro, como benefícios econômicos, preços de compra e aluguel são mais utilizados. Na região estudada, a tecnologia é pouco difundida, portanto, assumiu-se que também é pouco conhecida. Neste contexto, optou-se por avaliar o conhecimento comum dos indivíduos com base no conceito de conhecimento declarado e efetivo. Para isso, assumiu-se a hipótese que indivíduos com maior conhecimento efetivo sobre os sistemas solares fotovoltaicos possuem atitude positiva frente à adoção desta tecnologia.

2.3. Estrutura do questionário e amostragem

Todas as questões do questionário foram padronizadas com respostas no formato fechado. Os itens solicitados no questionário foram estabelecidos visando medir os preditores sociais, individuais e de informação ao sistema fotovoltaico. O questionário foi elaborado em português com 4 seções e uma pré-seção, conforme a seguir:

(i) Pré-seção: breve apresentação da pesquisa, informação sobre o tempo médio a ser utilizado para responder o questionário e triagem para acessar o questionário. O respondente deveria declarar residir no Vale do Paraíba paulista para acessar a primeira seção do questionário;

(ii) Seção 1: questões relacionadas à informação sociodemográfica dos respondentes (preditores sociais). Esta seção tinha como objetivo construir um perfil do respondente com perguntas relacionadas à localização da residência, faixa etária, gênero, classificação socioeconômica (ABEP, 2018);

(iii) Seção 2: série de informações relacionadas aos hábitos praticados (preditores individuais) a partir do conceito de consumo consciente adaptado de CNDL e SPC (2019). O grau de concordância com as informações foi realizado utilizando a escala *Likert* de cinco pontos;

(iv) Seção 3: série de perguntas e afirmativas que visavam avaliar o conhecimento declarado do participante sobre sistemas solares fotovoltaicos (preditores de informação), onde o respondente declarava ou não ter conhecimento sobre a forma de geração de energia elétrica. O conhecimento efetivo foi computado a partir de uma série de afirmações verdadeiras ou falsas;

(v) Seção 4: série de afirmativas que visavam avaliar a percepção do respondente, tomando como base vantagens de utilização, projeção futura e intenção de adoção desta forma de geração de energia em sua residência (preditores individuais). A escala *Likert* de cinco pontos foi utilizada.

Os dados foram coletados entre março e maio de 2020 por meio de um questionário online, disponibilizado em português e divulgado em serviços de rede social. Foi orientado aos respondentes que divulgassem o questionário. Sendo assim, foi utilizada a técnica de amostragem não probabilística *snowball*, por meio da qual os entrevistados recrutaram indivíduos entre seus conhecidos. Ao todo 168 participantes responderam ao questionário. Não foi estabelecida nenhum tipo de restrição aos respondentes com relação ao tipo de casa, área residencial, renda ou tipo de trabalho.

2.4. Análise dos dados

Os dados foram analisados de forma descritiva. Testes de hipóteses foram realizados utilizando o método de Fisher ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas utilizando o *software RStudio* (versão 1.3.959) e *Microsoft Excel*.

3. Resultados e discussão

3.1. Características demográficas

Pela análise das características demográficas (Tabela 2) dos entrevistados, foi observado que a maioria das pessoas é residente dos municípios de São José dos Campos (42,3%) e Lorena (32,1%). Em termos de gênero dos entrevistados, a participação feminina correspondeu a 51,8%, enquanto entrevistados do sexo masculino representaram 48,2%. A maior parte dos respondentes declarou ter entre 18 e 24 anos (28,6%) e 25 a 34 anos (31,0%). Em relação ao nível socioeconômico, 60,1% da amostra corresponde ao nível socioeconômico mais alto (classe “A”). Apesar do elevado número de pessoas entrevistadas serem da classe A, a estimativa para a distribuição da classe “A” no Brasil é de apenas 2,8% (ABEP, 2018). A elevada representatividade de pessoas jovens em estudos utilizando questionários online também foi constatada por Alrashoud e Tokimatsu (2020), que atribuíram este fato ao maior tempo de uso de internet por jovens, principalmente via *smartphones*.

TABELA 2 – Características demográficas dos respondentes (n=168).

Categoría	Porcentagem de respostas (%)
<i>Gênero</i>	
Masculino	48,2
Feminino	51,8
<i>Faixa etária</i>	
De 18 a 24 anos	28,6
De 25 a 34 anos	31,0
De 35 a 44 anos	6,5
De 45 a 54 anos	12,5
De 55 a 64 anos	17,9
Acima de 65 anos	3,6
<i>Classe social</i>	
A	60,1
B-1	18,5
B-2	16,7
C-1	3,6
C-2	1,2
<i>Município de residência</i>	
São José dos Campos	42,3
Lorena	32,1
Caçapava	6,0
Jacareí	6,0
Cruzeiro	3,0
Pindamonhangaba	3,0
Guaratinguetá	2,4
Taubaté	2,4
Outro	3,0

FONTE: Dados da pesquisa.

3.2. Indicadores de consumo consciente

Analisando o grau de concordância dos participantes com 5 afirmativas relacionadas aos ICC (Tabela 3) verificou-se que a maioria dos indivíduos concordam com as iniciativas descritas nas afirmações. A ação de evitar deixar lâmpadas acesas em ambientes desocupados foi a que teve maior concordância, demonstrando que os entrevistados se preocupam com o consumo de energia elétrica. Esta preocupação pode estar relacionada com motivações financeiras, ambientais ou ambas. De acordo com Wolske *et al.* (2017), a adoção de sistemas solares fotovoltaicos envolve um comprometimento financeiro maior, portanto em muitos estudos não é evidente a extensão da influência de comportamentos pró-ambientais que possuem baixo investimento financeiro.

O consumo de eletrodomésticos com selo de eficiência energética foi a segunda ação com maior índice de concordância. Esta ação está associada à adoção de eletrodomésticos que possuem um valor de investimento mais elevado, no entanto, a sua adoção pode trazer benefícios econômicos e ambientais a longo prazo. Além disso, pessoas que recorrem às energias limpas são mais engajadas com questões ambientais que o restante da população (Ek, 2005; Hansla *et al.*, 2008).

A preocupação de um indivíduo com questões ambientais pode ser um importante preditor para o consumo consciente (Adnan & Shahrina, 2021). Em alguns estudos foi relatado que preocupações ambientais de consumidores afetam o comportamento de compra de bens ambientalmente corretos (Roberts & Bacon, 1997; Adnan & Shahrina, 2021).

TABELA 3 – Frequência relativa (%) de cada grau de concordância para os indicadores de consumo consciente, considerando o número total de participantes.

Ações de consumo consciente	Frequência relativa (%)				
	1	2	3	4	5
Evita deixar lâmpadas acesas em ambientes desocupados	0,6	0,6	2,4	19,6	76,8
Desliga aparelho eletrônicos quando não estão sendo utilizados	4,8	5,4	13,7	31,0	45,2
Espera os alimentos esfriarem antes de guardar na geladeira	14,3	10,1	14,3	20,8	40,5
Utiliza eletrodomésticos com selo de eficiência energética	4,2	6,0	16,1	23,2	50,6
Diminui sua utilização de água	0,6	6,5	14,9	32,7	45,2

FONTE: Dados da pesquisa.

Observação: 1 - Discordo completamente, 2 - Discordo parcialmente, 3 - Não concordo nem discordo, 4 - Concordo parcialmente, 5 - Concordo totalmente.

3.3. Conhecimento declarado e efetivo

A análise do conhecimento declarado (Tabela 4) foi realizada mediante a autodeclaração do respondente sobre o conhecimento de sistemas fotovoltaicos por geração distribuída. Além das opções “Sim” e “Não”, o respondente poderia escolher ainda a opção “Não sei responder”. Do total das respostas válidas, vinte e oito participantes (16,6%) declararam não saber responder à questão. As respostas das pessoas que escolheram essa opção foram excluídas das análises estatísticas, de modo que fosse possível testar a relação entre o conhecimento declarado e efetivo apenas daqueles que efetivamente fizeram uma afirmação, escolhendo entre “Sim” e “Não”. A amostra então foi reduzida para 140 respostas válidas, na qual 50% dos participantes declararam conhecer a energia solar por geração distribuída. Dentre esses participantes, apenas 5,7% acertaram todas as cinco questões, baseadas na identificação dessa tecnologia por meio de imagens (três questões) e em afirmativas verdadeiras ou falsas, referentes a sua aplicação (duas questões).

Em estudo realizado na Indonésia, entrevistados foram solicitados a avaliar seu conhecimento sobre a tecnologia de painéis fotovoltaicos utilizando a escala Likert de 5 pontos. A maioria dos participantes informou ter um conhecimento avaliado como competente (Setyawati, 2020). No entanto, a autoavaliação pode implicar em superestimação caso não seja confrontada com questões que envolvam a avaliação de conhecimentos técnicos e financeiro dos respondentes.

Neste estudo verificou-se baixa porcentagem relacionada ao conhecimento efetivo e declarado, isto pode estar atrelado a conceitos e vocabulários pouco disseminados no país. O termo “geração distribuída” pode causar hesitação até mesmo entre aqueles que conhecem o funcionamento de painéis fotovoltaicos. Além disso, pode ocorrer confusão entre aquecedores solares com os painéis fotovoltaicos. Dentre os participantes que declararam conhecer a geração distribuída, 44,3% classificou equivocadamente a imagem de um aquecedor solar como sendo uma instalação de painéis solares fotovoltaicos.

TABELA 4 – Relação entre o conhecimento declarado do participante e o número de acertos.

Número de acertos	O participante afirmou conhecer a energia solar por geração distribuída?		Total
	Não	Sim	
Nenhum acerto	30	2	32
1 acerto	15	11	26
2 acertos	14	17	31
3 acertos	7	29	36
4 acertos	4	7	11
5 acertos	0	4	4
Total	70	70	140

FONTE: Dados da pesquisa.

Para determinar a relação entre o conhecimento declarado e o efetivamente testado dos participantes, foi realizado o teste de Fisher considerando a independência entre essas variáveis como a hipótese nula. O nível descritivo, ou, o p-valor encontrado foi muito menor do que o nível de significância de 0,05 adotado (menor do que 0,1%) e, por isso, foi possível rejeitar a hipótese nula de independência entre as variáveis. Dessa forma, aceitamos a hipótese de que há uma relação de dependência entre as variáveis conhecimento declarado e conhecimento efetivo. Portanto, participantes que alegaram conhecer a energia solar por geração distribuída apresentaram um desempenho superior em comparação aos participantes que reconheceram não conhecer essa tecnologia.

3.4. Análise de percepção e intenção de compra

A análise de percepção dos respondentes foi realizada a partir do grau de concordância mani-

festado pelo respondente frente a 6 afirmativas (Tabela 5).

A afirmativa que apresentou o maior nível de concordância e menor desvio padrão referia-se aos benefícios ambientais associados a esse tipo de tecnologia (“A energia solar fotovoltaica contribui para o desenvolvimento sustentável da sociedade”). A segunda alternativa com a qual os participantes mais concordaram também se referia aos benefícios ambientais (“A energia solar fotovoltaica contribui para a diminuição do efeito estufa”). De acordo com Parkins *et al.* (2018), os consumidores mais informados são mais propensos a entender as preocupações ambientais associadas aos sistemas de geração de eletricidade e são mais propensos a apreciar os benefícios ambientais de investimentos em sistemas alternativos de energia renovável.

TABELA 5 – Médias e desvios padrões para as afirmativas que compuseram o questionário de percepção, considerando o número total de participantes.

Afirmativas	Média ponderada	Desvio padrão
A energia solar fotovoltaica contribui para o desenvolvimento sustentável da sociedade	4,75	0,554
A energia solar fotovoltaica contribui para a diminuição do efeito estufa	4,42	0,896
A energia solar fotovoltaica é o futuro da geração de energia elétrica	4,29	0,774
A energia solar fotovoltaica exige um alto custo de instalação e NÃO VALE o investimento	2,35	1,097
A energia solar fotovoltaica exige um alto custo de instalação, mas VALE o investimento	4,05	0,947
Tenho intenção de um dia instalar painéis solares fotovoltaicos em minha propriedade	4,25	0,943

FONTE: Dados da pesquisa.

Observação: as notas médias foram calculadas considerando uma escala *Likert* de cinco pontos.

Com relação aos aspectos financeiros associados aos sistemas, os participantes demonstraram um menor nível de concordância com a variável que afirmava que os painéis fotovoltaicos exigiam um alto custo de instalação e, por isso, não trariam um retorno positivo ao investimento (“A energia solar fotovoltaica exige um alto custo de instalação e NÃO VALE o investimento”). Junto com o elevado nível de concordância apresentado pela questão seguinte que trata do mesmo tema, mas que se refere ao investimento como algo benéfico ao consumidor (“A energia solar fotovoltaica exige um alto custo de instalação, mas VALE o investimento”), fica claro que a maioria dos participantes afirma elevado custo exigido por essas instalações, mas têm a percepção de que o investimento traria mais benefícios futuros do que prejuízos. Em estudo realizado na Arábia Saudita, a grande maioria dos entrevistados reconhece as causas e efeitos potenciais do aquecimento global e acredita que a expansão do uso da energia solar poderia ser benéfica no enfrentamento desse desafio, no entanto, a maioria dos entrevistados

resistiu a pagar um aumento de U\$ 2,5 para atenuar este problema (Alrashoud & Tokimatsu, 2020).

Os participantes demonstraram ainda um elevado nível de concordância com a afirmativa que tratava da intenção individual de ser proprietário desse sistema de geração de energia elétrica (“Tenho intenção de um dia instalar painéis solares fotovoltaicos em minha propriedade”).

Os sistemas fotovoltaicos residenciais geralmente requerem um investimento inicial significativo para uma família (Burnett & Hefner, 2021). Em alguns países, esses sistemas se qualificam para vários descontos, créditos fiscais e outros incentivos que podem reduzir significativamente os custos iniciais (Rathore *et al.*, 2019; Bunea *et al.*, 2020; Burnett & Hefner, 2021). No Brasil, os estímulos para adesão a estes sistemas são devidos as tarifas energéticas serem muito elevadas, o que leva a adesão de alguns consumidores à geração distribuída (Luna *et al.*, 2019) e; a publicação do Decreto 61.439/2015 (São Paulo, 2014), que isenta de impostos as energias geradas a partir de sistemas

solares fotovoltaicos no Estado de São Paulo. No entanto, os incentivos advindos de políticas públicas ainda podem ser melhores, como aqueles observados em países europeus, que contam com normas regulatórias (isenções fiscais, subsídios e tarifas de aquisição) (Pinto *et al.*, 2016).

3.5. Preditores para a adoção de sistemas solares fotovoltaicos

Todas as questões do questionário foram submetidas ao teste de Fisher no RStudio e, aquelas que apresentaram um p-valor menor do que 0,05, foram classificadas como dependentes à intenção de adoção.

Na análise das variáveis socioeconômicas, o gênero (p-valor = 0,0118), a idade (p-valor = 0,0007) e a cidade (p-valor = 0,0031) demonstraram ser estatisticamente significativas. Participantes do gênero masculino e faixa etária de 18 a 34 anos demonstraram maior intenção para adoção de sistemas solares fotovoltaicos residenciais, enquanto, a maioria das pessoas que declararam não ter interesse está na faixa de 45 a 64 anos. Pesquisas têm mostrado que certas características das famílias, como idade e escolaridade, têm impacto na adoção de sistemas fotovoltaicos (Vasseur & Kemp, 2015; De Groote *et al.*, 2016).

A partir da análise dos ICC, verificou-se que apenas a afirmativa “Desliga aparelho eletrônicos quando não estão sendo utilizados” (p-valor = 0,0145) está associada à intenção de adoção, de modo que as pessoas que não declararam intenção de adoção, são também aquelas que demonstraram um menor nível de concordância com esta afirma-

tiva. De acordo com Chen (2014), valores ligados à preocupação ambiental realmente têm impacto positivo no estilo de vida das pessoas, especialmente quando se trata da intenção de adoção de sistemas solares. Em estudo realizado com proprietários de sistemas solares, foi verificado que para adoção houve motivação relacionada com a redução de impactos ambientais (Horne *et al.*, 2021). No entanto, a motivação foi relatada em questões abertas, e os entrevistados relataram de forma abrangente sua motivação ambiental.

A maioria dos potenciais consumidores apresenta um nível maior de concordância com os benefícios da energia solar. Na análise de percepção, pessoas que declararam concordância com as afirmativas “A energia solar fotovoltaica contribui para o desenvolvimento sustentável da sociedade” (p-valor = 0,0000), “A energia solar fotovoltaica contribui para a diminuição do efeito estufa” (p-valor = 0,0001), “A energia solar fotovoltaica é o futuro da geração de energia elétrica” (p-valor = 0,0000) e “A energia solar fotovoltaica exige um alto custo de instalação, mas VALE o investimento” (p-valor = 0,0000) demonstraram maior intenção para adoção dos sistemas solares fotovoltaicos residenciais. Pessoas que se sentem moralmente obrigadas a enfrentar as mudanças climáticas já acreditam que a energia solar pode ser benéfica (Wolske *et al.*, 2017). Além disso, indivíduos que acreditam que a energia solar é benéfica financeiramente e ambientalmente são mais propensas a se interessar e adquirir um sistema solar fotovoltaico residencial (Horne *et al.*, 2021).

Não foi encontrada evidência de que o conhecimento efetivamente manifestado influenciou positivamente na intenção de adoção dos participantes. Além disso, não foram encontradas análises sobre

a influência do conhecimento efetivo e declarado para a adoção de painéis fotovoltaicos na literatura. Poucos estudos analisam o conhecimento na influência social em relação à adoção de energia solar fotovoltaica (Lau *et al.*, 2020). Em estudo realizado na Malásia, foi verificado que o preço, conhecimento, condições facilitadoras e influência social são os únicos quatro fatores que têm influência significativa na intenção comportamental de usar uma tecnologia (Lau *et al.*, 2020). No entanto, o valor econômico da tecnologia teve um efeito positivo maior sobre a influência social em comparação com o conhecimento (Lau *et al.*, 2020). Para Parkins *et al.* (2018), o conhecimento fatural dos sistemas de energia não é um indicador da intenção de adoção da tecnologia fotovoltaica. O conhecimento percebido do sistema de energia, ou seja, a confiança sobre o que ele é e o que representa para uma pessoa, em vez da ciência por trás dele, prevê as intenções de adoção (Parkins *et al.*, 2018). Além disso, a adoção da tecnologia fotovoltaica também está associada a custos, incentivos governamentais (subsídios), baixa manutenção e eficiência (Rathore *et al.*, 2019; Bunea *et al.*, 2020; Alipour *et al.*, 2021) que devem ser levados em consideração em pesquisas futuras. Outro aspecto identificado em estudos recentes é a falha ao não considerar microtecnologias alternativas na decisão de escolha da família (Rathore *et al.*, 2019; Bunea *et al.*, 2020).

David *et al.* (2021) verificaram que os aspectos mais relevantes para adoção de sistemas fotovoltaicos residenciais no Brasil são: falta de conhecimento sobre o tema, falta de prioridade, cultural, falta de influenciadores e custos. Além disso, a adoção da energia solar fotovoltaica no Brasil tem sido motivada não apenas pela diversificação da matriz energética, mas também pelas necessidades, pro-

blemas e barreiras que o setor energético brasileiro tem enfrentado nos últimos tempos (Papageorgiou *et al.*, 2020).

A falta de estudos que analisam as mesmas variáveis torna a comparação com os dados obtidos nesta pesquisa difícil. Abordagens como o efeito de vizinhança e confiança podem ser interessantes, no entanto, poucas residências localizadas no Vale do Paraíba possuem painéis fotovoltaicos em seus telhados, o que torna o uso deste indicador limitado. Além disso, o aspecto confiança pode ser difícil de ser mensurado, uma vez que o conhecimento efetivo das pessoas avaliadas demonstrou que muitos ainda não sabem diferenciar painéis fotovoltaicos de aquecedores solar. Para estimular o desenvolvimento, é preciso haver políticas públicas de incentivo que foquem não apenas em aspectos financeiros, como isenção de tarifas, mas também na difusão de informação sobre esta tecnologia.

4. Conclusão

Neste estudo, foram exploradas as opiniões do público sobre a adoção de sistemas solares fotovoltaicos no Vale do Paraíba. Um foco particular foi dado aos preditores sociais (características demográficas), individuais (indicadores de consumo consciente, percepção e intenção de compra) e conhecimento (conhecimento efetivo e declarado). Desta forma, conclui-se que:

- os preditores sociais gênero, idade e localização geográfica influenciam na intenção de adoção da tecnologia fotovoltaica;
- os preditores individuais analisados por meio dos ICC podem refletir na intenção de adoção da

tecnologia fotovoltaica. Pessoas que desligam aparelhos eletrônicos que não estão sendo utilizados estão mais propensas a adotar a tecnologia;

- os preditores individuais analisados por meio da percepção individual dos benefícios da energia solar são indicativos de intenção de adoção deste tipo de energia;

- o preditor de conhecimento comum dos indivíduos não influencia a intenção de adoção. Pessoas que conhecem efetivamente a tecnologia não estão mais propensas a adoção.

Dada a importância dos preditores para o sucesso da difusão desta tecnologia, é recomendado que mais estudos sejam realizados visando identificar os fatores que influenciam na tomada de decisão. Ademais, estudo envolvendo indivíduos que possuem sistemas solares fotovoltaicos também é recomendado para entender as motivações da adoção. Por fim, quase todos os entrevistados aceitaram a ideia de instalar sistemas solares fotovoltaicos em suas residências. A maioria desses participantes vê a energia solar como uma fonte alternativa de energia, e recomenda-se que mais esforços sejam aplicados para expandir o uso de energias renováveis.

Referências

ABEP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. *Critério Brasil*. Disponível em: <<http://www.abep.org/criterio-brasil>> Acesso em: mai. 2021.

Adnan, N.; Shahrina, M. N. A comprehensive approach: diffusion of environment-friendly energy technologies in residential photovoltaic markets. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 46, 101289, 2021. doi: 10.1016/j.seta.2021.101289

ANA – Agência Nacional de Águas. *Estudos auxiliares para*

a gestão do risco de inundações Bacia do Rio Paraíba do Sul. Disponível em: <<http://gripbsul.ana.gov.br/ABacia.html>>. Acesso em: mai. 2021.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Cadernos temáticos ANEEL micro e minigeração distribuída sistema de compensação de energia elétrica*, 2014. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf>> Acesso em: mai. 2021.

Alipour, M.; Salim, H.; Rodney, R. A.; Sahin, O. Predictors, taxonomy of predictors, and correlations of predictors with the decision behaviour of residential solar photovoltaics adoption: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 123, 109749, 2020. doi: 10.1016/j.rser.2020.109749

Alipour, M.; Salim, H.; Stewart, R. A.; Sahin, O. Residential solar photovoltaic adoption behaviour: end-to-end review of theories, methods and approaches. *Renewable Energy*, 170, 471-486, 2021. doi: 10.1016/j.renene.2021.01.128

Alrashoud, K.; Tokimatsu, K. An exploratory study of the public's views on residential solar photovoltaic systems in oil-rich Saudi Arabia. *Environmental Development*, 35, 100526, 2020. doi: 10.1016/j.envdev.2020.100526

Balta-Ozkan, N.; Yildirim, J.; Connor, P. M.; Truckell, I.; Hart, P. Energy transition at local level: analyzing the role of peer effects and socio-economic factors on UK solar photovoltaic deployment. *Energy Policy*, 148(B), 112004, 2021. doi: 10.1016/j.enpol.2020.112004

Bunea, A. M.; Posta, P. D.; Guidolin, M.; Manfredi, P. What do adoption patterns of solar panels observed so far tell about governments' incentive? Insights from diffusion models. *Technological Forecasting and Social Change*, 160, 120240, 2020. doi: 10.1016/j.techfore.2020.120240

Burnett, J. W.; Hefner, F. Solar energy adoption: a case study of South Carolina. *The Electricity Journal*, 34(5), 106958, 2021. doi: 10.1016/j.tej.2021.106958

Chen, K. K. Assessing the effects of customer innovativeness, environmental value and ecological lifestyles on residential solar power systems install intentions. *Energy Policy*, 67, 951-961. 2014. doi: 10.1016/j.enpol.2013.12.005

CNDL – Confederação Nacional de Dirigentes Lojistas;

- SPC – Serviço de Proteção ao Crédito Brasil. *Consumo consciente*, 2019. Disponível em: <https://www.spcbrasil.org.br/wpimprensa/wp-content/uploads/2019/10/analise_pesquisa_consumo_consciente_2019.pdf>. Acesso em: mai. 2021.
- David, T. M.; Buccieri, G. P.; Rizol, P. M. S. R. Photovoltaic systems in residences: a concept of efficiency energy consumption and sustainability in Brazilian culture. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126836, 2021. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126836
- De Groote, O.; Pepermans, G.; Verboven, F. Heterogeneity in the adoption of photovoltaic systems in Flanders. *Energy Economics*, 59, 45-57, 2016. doi: 10.1016/j.eneeco.2016.07.008
- Ek, K. Public and private attitudes towards “green” electricity: the case of Swedish wind power. *Energy Policy*, 33(13), 1677-1689, 2005. doi: 10.1016/j.enpol.2004.02.005
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2020*, 2020. Disponível em:<<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202020.pdf>> Acesso em: mai. 2021.
- Garlet, T. B.; Ribeiro, J. L. D.; Savian, F. S.; Siluk, J. C. M. Paths and barriers to the diffusion of distributed generation of photovoltaic energy in southern Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 157-169, 2019. doi: 10.1016/j.rser.2019.05.013
- Hansla, A.; Gamble, A.; Juliussen, A.; Gärling, T. The relationships between awareness of consequences, environmental concern, and value orientations. *Journal of Environmental Psychology*, 28(1), 1-9, 2008. doi: 10.1016/j.jenvp.2007.08.004
- Horne, C.; Kennedy, E. H.; Familia, T. Rooftop solar in the United States: exploring trust, utility perceptions, and adoption among California homeowners. *Energy Research & Social Science*, 82, 102308, 2021. doi: 10.1016/j.erss.2021.102308
- Huijts, N. M. A.; Molin, E. J. E.; Steg, L. Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: a review-based comprehensive framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 525-531, 2012. doi: 10.1016/j.rser.2011.08.018
- IEA – International Energy Agency. *Data and statistics*. Disponível em:<<https://www.iea.org/>>. Acesso em: mai. 2021.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo 2021*. Disponível em: <<https://censo2021.ibge.gov.br/>>. Acesso em: mai. 2021.
- Irfan, M.; Elavarasan, R. M.; Hao, Y.; Feng, M.; Sailah, D. An assessment of consumers’ willingness to utilize solar energy in China: End-users’ perspective. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126008, 2021a. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126008
- Irfan, M.; Yadav, S.; Shaw, K. The adoption of solar photovoltaic technology among Indian households: examining the influence of entrepreneurship. *Technological Forecasting and Social Change*, 169, 120815, 2021b. doi: 10.1016/j.techfore.2021.120815
- Lau, L. S.; Choong, Y. C.; Wei, C. Y.; Seow, A.N.; Choong, C. K.; Senadji, A.; Ching, S. L. Investigating nonusers’ behavioural intention towards solar photovoltaic technology in Malaysia: the role of knowledge transmission and price value. *Energy Policy*, 144, 111651, 2020. doi: 10.1016/j.enpol.2020.111651
- Luna, M. A. R.; Cunha, F. B. F.; Mousinho, M. C. A. M.; Torres, E. A. Solar photovoltaic distributed generation in Brazil: the case of Resolution 482/2012. *Energy Procedia*, 159, 484-490, 2019. doi: 10.1016/j.egypro.2018.12.036
- Martelli, V.; Chimenti, P.; Nogueira, R. Future scenarios for the Brazilian electricity sector: PV as a new driving force? *Futures*, 120, 102555, 2020. doi: 10.1016/j.futures.2020.102555
- ONU – Organização das Nações Unidas. *Quadro de indicadores globais para os objetivos de desenvolvimento sustentável e metas da agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Anexo da Resolução aprovada pela Assembleia Geral em Assembleia Geral das Nações Unidas*, 2017. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/saiba_mais/publicacoes>. Acesso em: out. 2021.
- Papageorgiou, K.; Carvalho, G.; Papageorgiou, E. I.;

-
- Bochtis, D.; Stamoulis, G. Decision-making process for photovoltaic solar energy sector development using fuzzy cognitive map technique. *Energies*, 13(6), 1427, 2020. doi: 10.3390/en13061427
- Parkins, J. R.; Rollins, C.; Anders, S.; Comeau, L. Predicting intention to adopt solar technology in Canada: the role of knowledge, public engagement, and visibility. *Energy Policy*, 114, 114-122, 2018. doi: 10.1016/j.enpol.2017.11.050
- Pinto, J. T. M.; Amaral, K. J.; Janissek, P. R. Deployment of photovoltaics in Brazil: scenarios, perspectives and policies for low-income housing. *Solar Energy*, 133, 73-84, 2016. doi: 10.1016/j.solener.2016.03.048
- Rathore, P. K. S.; Chauhan, D. S.; Singh, R. P. Decentralized solar rooftop photovoltaic in India: on the path of sustainable energy security. *Renewable Energy*, 131, 297-307, 2019. doi: 10.1016/j.renene.2018.07.049
- Rigo, P. D.; Siluk, J. C. M.; Lacerda, D. P.; Rosa, C. B.; Rediske, G. Is the success of small-scale photovoltaic solar energy generation achievable in Brazil? *Journal of Cleaner Production*, 240, 118243, 2019. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118243
- Roberts, J. A.; Bacon, D. R. Exploring the subtle relationships between environmental concern and ecologically conscious consumer behavior. *Journal of Business Research*, 40(1), 79-89, 1997. doi: 10.1016/S0148-2963(96)00280-9
- São Paulo. *Decreto nº 61.439, de 19 de agosto de 2015. Introduz alterações no Regulamento do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação – RICMS*. São Paulo: DOE de 19/08/2015.
- Setyawati, D. Analysis of perceptions towards the rooftop photovoltaic solar system policy in Indonesia. *Energy Policy*, 144, 111569, 2020. doi: 10.1016/j.enpol.2020.111569
- Silva, R. C.; Marchi Neto, I.; Seifert, S. S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 328-341, 2016. doi: 10.1016/j.rser.2016.01.001
- Silveira, J. L.; Tuna, C. E.; Lamas, W. Q. The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy as supporting of decentralized electrical power generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 133-141, 2013. doi: 10.1016/j.rser.2012.11.054
- Vasseur, V.; Kemp, R. The adoption of PV in the Netherlands: A statistical analysis of adoption factors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 483-494, 2015. doi: 10.1016/j.rser.2014.08.020
- Wilson, C.; Dowlatbadi, H. Models of decision making and residential energy use. *Annual Review of Environmental and Resources*, 32, 169-203, 2007. doi: 10.1146/annurev.energy.32.053006.141137
- Wolske, K. S.; Stern, P. C.; Dietz, T. Explaining interest in adopting residential solar photovoltaic systems in the United States: toward an integration of behavioral theories. *Energy Research & Social Science*, 25, 134-151, 2017. doi: 10.1016/j.erss.2016.12.023