

ESTUDO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A ADOÇÃO DE EQUIPAMENTOS INTELIGENTES PARA HABITAÇÕES EM UM MUNICÍPIO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

1 INTRODUÇÃO

A demanda energética para suprir as necessidades humanas no Século XXI é considerada prioritária na administração pública. Neste contexto, o consumo de energia elétrica no Brasil tem se apresentado como crescente nos últimos anos e a tendência é de crescimento ainda maior para o ano atual e os seguintes (EPE, 2024). Este aumento na demanda exige soluções mais econômicas e que garantam a economia energética, com o intuito de diminuir gastos e garantir que os recursos naturais também estejam disponíveis para as gerações futuras. Dessa forma, a busca por tecnologias com o intuito de utilizar a energia de forma mais eficiente e econômica torna-se necessária.

Nesse contexto, algumas tecnologias emergentes vêm sendo utilizadas para dar suporte à economia de energia das casas inteligentes (AHMAD et al., 2024). Essas residências são capazes de oferecer uma série de vantagens aos moradores ao permitirem a utilização de funções de automação residencial como controle de iluminação, ventilação, ar-condicionado, multimídia, segurança, saúde, entre outras. Funções como essas auxiliam no controle dos equipamentos da residência e, conseqüentemente, podem contribuir para a economia de energia (SUN et al., 2013).

No *survey* conduzido por Nilsson et al. (2018), os participantes relataram uma percepção positiva no uso de sistemas de gerenciamento de energia em casas inteligentes, como a possibilidade de possuir uma melhor compreensão dos níveis padrões de consumo de energia, uma maior conscientização sobre o uso desnecessário de energia, além de perceberem maior conforto nas residências. No entanto, os autores concluíram que o potencial de economia na utilização de energia pode ser alcançado apenas se os moradores se envolverem com as informações e conhecerem os recursos fornecidos pela tecnologia, evidenciando assim a necessidade de uma maior disseminação e expansão do conhecimento sobre essas tecnologias.

Apesar de apresentarem uma tecnologia que fornece diversas vantagens aos usuários e possuírem uma taxa de crescimento anual expressivo do mercado, os equipamentos necessários para tornarem as casas inteligentes ainda não são amplamente utilizados no Brasil, apresentando uma taxa de penetração dessas tecnologias em volta de 6,20% (REBOUÇAS, 2020). No contexto local, a Região Metropolitana de Belém (RMB), possui grande maioria da sua população com interesse em tornar sua casa inteligente, entretanto, o número de pessoas que possui equipamentos necessários para tornar a casa inteligente e possuir o gerenciamento da energia ainda é muito baixo, com um equivalente de aproximadamente apenas 10% da população (BANDEIRA et al., 2022).

O Estado do Pará possui a tarifa residencial mais cara do Brasil quando comparada às concessionárias de energia dos outros estados do país. No Pará o preço da tarifa convencional é de R\$ 0,935/kWh, enquanto a tarifa nacional média é de R\$ 0,735/kWh (ANEEL, 2024).

Considerando o contexto apresentado, este trabalho tem como objetivo geral identificar e analisar fatores que influenciam a aquisição de equipamentos inteligentes para adaptar suas residências localizadas na cidade Belém do Pará. Para isso, um *survey* foi conduzido. Além disso, discutem-se *insights* sobre o estilo de vida dos participantes e a qual segmento de mercado são mais atraentes os dispositivos de casas inteligentes e a filosofia do consumo responsável.

2 CASAS INTELIGENTES E O ALCANCE DA SUSTENTABILIDADE

Desde meados dos anos 2000, uma série de autores forneceu conceituações de casas inteligentes. Uma definição amplamente reconhecida é apresentada por Satpathy (2006) em seu estudo sobre as oportunidades e desafios futuros da habitação inteligente. Satpathy define uma casa inteligente como uma residência dotada de inteligência suficiente para auxiliar seus habitantes a viverem de forma independente e confortável por meio do uso da tecnologia. Nessa perspectiva, uma casa inteligente integra todos os dispositivos mecânicos e digitais em uma rede interconectada, permitindo a comunicação entre os dispositivos e os usuários, criando um ambiente interativo (SATPATHY, 2006, p. 43-44).

Diversos benefícios associados à utilização de casas inteligentes foram identificados no estudo de Sovacool e Del Rio (2020). Os principais benefícios relatados incluem economia de energia, aumento do conforto e a capacidade de controle da residência. Outros benefícios, embora menos frequentemente mencionados, incluem vantagens financeiras e econômicas, benefícios ambientais, como a redução da pegada de carbono e do desperdício, melhorias estéticas, benefícios à saúde, benefícios sociais, como inclusão e *networking*, vantagens educacionais e de aprendizagem, opções de entretenimento, segurança e proteção, além de experiências aprimoradas, como compras.

Os dispositivos de casas inteligentes oferecem diversas vantagens, como redução nos custos de energia elétrica, maior segurança residencial, conforto e conveniência para o consumidor, permitindo um controle mais preciso sobre os aparelhos por meio de *feedback*, agendamento, definição de regras, controle remoto e automação (SANGUINETTI et al., 2018). Ford et al. (2016) identificam os principais dispositivos utilizados em residências inteligentes, incluindo *displays* inteligentes, *hubs* inteligentes, termostatos inteligentes, lâmpadas inteligentes, tomadas e interruptores inteligentes.

Ford et al. (2017) destacam que a gestão de energia residencial por meio de dispositivos domésticos inteligentes pode resultar em economia de custos nas contas de energia, especialmente em regiões onde as tarifas variam conforme o horário de uso. Nesses casos, o monitoramento permitiria aos usuários aproveitarem os períodos de menor custo para utilizar aparelhos elétricos.

A literatura ressalta a importância da gestão eficiente da energia residencial. Embora as casas inteligentes ofereçam vantagens e uma configuração relativamente simples, é essencial que os moradores estejam dispostos a aprender e saibam como gerenciar a tecnologia para alcançar economias reais de energia (HARGREAVES et al., 2018). Além disso, recomenda-se que os governos implementem políticas, incentivos e regulamentações para garantir que a população possa maximizar os benefícios das tecnologias inteligentes (SOVACOOOL et al., 2021).

Bertoldi et al. (2013) sugerem que uma solução para promover a economia de energia seria o uso de recursos públicos para premiar os indivíduos que mais economizam energia. Em vez de apenas desestimular o consumo, a proposta seria recompensar e incentivar a energia economizada, seja por meio da implementação de tecnologias na residência ou por mudanças no comportamento dos moradores.

No estudo de Kim et al. (2021), os autores analisam como os componentes de casas inteligentes podem contribuir não apenas para a economia de energia em residências individuais, mas também para a construção de cidades inteligentes e sustentáveis. Eles argumentam que é necessário desenvolver novas infraestruturas de energia e estratégias para a negociação de energia em nível municipal, combinando plataformas de energia baseadas em sistemas de Internet das Coisas e Big Data.

Vale destacar que a transformação das cidades em ambientes sustentáveis é um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) propostos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, por meio da Agenda 2030. Esta agenda visa alcançar o desenvolvimento sustentável através de 17 objetivos e 169 metas, buscando a igualdade,

sustentabilidade e acesso a oportunidades para toda a população mundial. O ODS 11, em particular, tem como objetivo tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis (ONU, 2015).

Por fim, Axsen et al. (2012) afirmam que a adoção de tecnologias ambientalmente e socialmente benéficas tende a ser mais atrativa para indivíduos engajados em práticas de estilo de vida voltadas para o meio ambiente e para a tecnologia.

3 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos deste estudo, foi conduzida uma pesquisa do tipo *survey*, utilizando um questionário *online* para a coleta de dados relevantes dos residentes de Belém-PA, município localizado na Região Norte do Brasil. O objetivo principal da pesquisa foi investigar os fatores que influenciam a aquisição de equipamentos inteligentes para adaptar suas residências localizadas na cidade Belém do Pará, e identificar *insights* sobre o estilo de vida dos participantes e a qual segmento de mercado são mais atraentes os dispositivos de casas inteligentes e a filosofia do consumo responsável.

O questionário digital de 14 perguntas foi estruturado em cinco seções distintas: a primeira seção abordou a introdução da pesquisa e a filtragem dos participantes provenientes de Belém-PA; a segunda seção foi dedicada à identificação dos participantes; a terceira seção analisou o estilo de vida dos respondentes; a quarta seção avaliou o uso de dispositivos inteligentes; e, por fim, a quinta seção investigou o impacto da sustentabilidade e a adoção de dispositivos inteligentes na presença de incentivos específicos.

A estrutura detalhada do questionário está representada no Quadro 1.

Quadro 1 - Ilustração da divisão do questionário em seções

Seção 1	Introdução da pesquisa e seleção de participantes residentes da cidade de Belém-PA
Seção 2	Identificação do participante através de perguntas sobre faixa etária, escolaridade, gênero e renda mensal
Seção 3	Perguntas sobre o estilo de vida
Seção 4	Perguntas sobre o uso de equipamentos inteligentes
Seção 5	Perguntas sobre a relação entre a sustentabilidade e o uso de casas inteligentes

Fonte: Autores (2024)

A pesquisa foi distribuída entre a população geral por meio de um método de amostragem aleatória, utilizando-se de e-mails e plataformas de redes sociais amplamente utilizadas, como Instagram, Twitter e WhatsApp. Para determinar o tamanho adequado da amostra, foi estabelecido um nível de confiança de 98% e uma margem de erro de 10%, resultando na necessidade de obter 135 respostas. O período de coleta de dados estendeu-se por pouco mais de dois meses, iniciando em 27 de setembro de 2022 e finalizando em 3 de dezembro do mesmo ano, garantindo assim a obtenção do número mínimo de respostas requeridas.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a coleta de 137 respostas, foi constatado que 35% dos participantes atualmente utilizam algum tipo de dispositivo inteligente, enquanto a maioria, representando 65%, ainda

não adotou essas tecnologias. Entre os usuários de dispositivos inteligentes, uma significativa maioria de 75% relatou a presença de *hubs* inteligentes em suas residências, com a principal motivação sendo o aumento do conforto e controle, apontado por 68,8% dos entrevistados.

Ao investigar a relação entre o uso de dispositivos inteligentes, economia de energia e sustentabilidade, 75,2% dos participantes expressaram a crença de que essas tecnologias podem contribuir para alcançar a sustentabilidade. Outros 23,4% reconheceram esse potencial, enquanto apenas 1,5% demonstraram ceticismo. Além disso, 89,1% dos entrevistados afirmaram desconhecer a existência de incentivos, como leis ou regulamentos, que promovam o uso de casas inteligentes, enquanto 10,9% indicaram estar cientes desses incentivos. Entre aqueles que atualmente não utilizam dispositivos inteligentes, 65,2% indicaram que considerariam adotá-los se houvesse incentivos para economia de energia, e 34,8% responderam com "talvez", sem que nenhum participante expressasse uma recusa em usá-los. De forma semelhante, os usuários atuais de dispositivos inteligentes indicaram disposição para investir mais nesse setor se houvesse incentivos disponíveis.

O perfil dos não usuários de dispositivos inteligentes é predominantemente composto por indivíduos com mais de 30 anos, caracterizados por um baixo interesse e conhecimento sobre tecnologias inteligentes. Mulheres representam uma parcela significativa desse grupo, que, embora em grande parte possua ensino superior, inclui também indivíduos com apenas ensino médio completo. Esses indivíduos frequentemente utilizam a internet, de forma semelhante aos usuários de tecnologias inteligentes, mas colocam maior ênfase no desenvolvimento de carreira e raramente se envolvem em reformas residenciais.

O desinteresse atual desse grupo é atribuído ao alto custo percebido das tecnologias inteligentes, que exigem um significativo investimento de capital inicial. No entanto, a maioria dos indivíduos desse grupo expressa disposição para adotar tecnologias inteligentes se políticas públicas forem implementadas para incentivar seu uso.

Em contraste, o perfil típico dos usuários de tecnologias inteligentes consiste predominantemente de jovens do sexo masculino, com idades entre 18 e 29 anos, e nível de ensino superior (completo ou incompleto). A pesquisa revela uma perspectiva limitada entre os participantes em relação ao uso de dispositivos inteligentes para fins de sustentabilidade. Embora esses indivíduos ocasionalmente se engajem em práticas ambientalmente conscientes, eles estão mais frequentemente envolvidos no uso da internet para lazer e experimentação com novas tecnologias. Isso corrobora as observações de Axsen et al. (2012), que sugerem que a adoção de tecnologias ambientalmente amigáveis é mais atraente para indivíduos que adotam estilos de vida ambientalmente conscientes e priorizam a tecnologia.

A principal motivação para a aquisição de tecnologias inteligentes é a conveniência e facilidade que elas oferecem no cotidiano, bem como o acesso aprimorado ao entretenimento, alinhando-se com as descobertas de Sovacool e Del Rio (2020). No entanto, diferentemente do estudo dos autores, a economia de energia não se destaca atualmente como a principal motivação para a compra de dispositivos inteligentes, apesar de uma parcela substancial dos participantes acreditar no potencial dessas tecnologias para promover a sustentabilidade.

Uma possível solução para essa questão é apresentada por Bertoldi et al. (2013). No Brasil, há uma escassez de regulamentações ou leis que incentivem, subsidiem ou promovam a economia de energia por meio do uso de dispositivos inteligentes em residências. Um exemplo de medida semelhante implementada no Brasil é a Etiqueta de Eficiência Energética, que informa os consumidores sobre o consumo de energia dos aparelhos elétricos, auxiliando-os a fazer escolhas mais eficientes. Além disso, fornecedores de energia oferecem descontos nas contas para indivíduos que realizam o descarte adequado de produtos em fim de vida útil. Essas medidas incentivam um estilo de vida mais consciente entre a população e, quando aplicadas ao contexto da economia de energia, podem promover uma maior adoção de dispositivos inteligentes para esse propósito. A implementação de políticas semelhantes é crucial, conforme

observado por Kim et al. (2021), pois pode contribuir para o desenvolvimento de cidades inteligentes sustentáveis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo identificou e analisou fatores que influenciam adoção de dispositivos inteligentes para residências na população residente em Belém do Pará. A pesquisa examinou a motivação dos consumidores para a aquisição desses dispositivos, delineou o perfil demográfico e o estilo de vida dos participantes, avaliou a relevância da sustentabilidade como critério de decisão na compra de equipamentos inteligentes e investigou o potencial da economia de energia como um incentivo para a adoção dessas tecnologias. Portanto, este estudo oferece uma contribuição com base científica para a compreensão mais profunda dos determinantes que impulsionam a adoção de tecnologias domésticas inteligentes numa capital Amazônica.

A análise dos dados revelou que o interesse pela automação residencial e pelo controle aprimorado das funções domésticas não é uma motivação central para a adoção de dispositivos inteligentes entre os participantes. Portanto, a relação entre a busca por sustentabilidade e a adoção desses dispositivos mostrou-se mais complexa do que o esperado. Embora a maioria dos entrevistados reconheça o potencial das tecnologias inteligentes para promover práticas sustentáveis, este fator não é o principal motivador para a compra desses dispositivos. Os resultados sugerem que, apesar da crescente conscientização sobre sustentabilidade, a economia no consumo, a conveniência e o conforto ainda prevalecem como os principais motores de decisão.

Adicionalmente, este estudo identificou uma lacuna na representação de indivíduos com níveis educacionais de nível básico e fundamental. Essa limitação na amostra indica a necessidade de futuras pesquisas se concentrarem em ampliar a amostragem para incluir uma população mais diversificada em termos de idade e formação educacional. Isso é essencial para compreender outros desafios, motivações e barreiras enfrentados por esses grupos em relação à adoção de tecnologias inteligentes.

Portanto, este estudo não só avança o conhecimento sobre as dinâmicas de adoção de tecnologias domésticas inteligentes em Belém-PA, mas também aponta para a necessidade de um enfoque mais inclusivo em pesquisas futuras. Investigar as percepções e necessidades de grupos sub-representados poderá fornecer *insights* valiosos que informem políticas públicas e estratégias de mercado mais eficazes, promovendo uma adoção mais ampla e equitativa dessas tecnologias.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, H. B. et al. Smart home energy saving with big data and machine learning. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*. v. 8, n. 1, 2024.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Ranking das Tarifas**. ANEEL, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/tarifas-e-informacoes-economico-financeiras>>. Acesso em: 18 ago. 2024.
- AXSEN, J. et al. Lifestyle practices and pro-environmental technology. *Ecological Economics*, v. 82, p. 64-74, 2012.
- BANDEIRA, G. C. et al. **Analysis of the potential for energy efficiency in homes in the Metropolitan Region of Belém, in the state of Pará, in Brazil**. In: *14th international Conference on Engineering & Natural Sciences*. Sivas, 2022. p. 562-562.
- BERTOLDI, P. et al. Rewarding energy savings rather than energy efficiency: Exploring the concept of a feed-in tariff for energy savings. *Energy Policy*, V. 56, p. 526-535, 2013.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (regiões e subsistemas)**. EPE, 2024. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 18 ago. 2024.

- FORD, R. et al. *Assessing Players, Products, and Perceptions of Home Energy Management*. San Francisco, CA: Pacific Gas and Electric, 2016.
- FORD, R. et al. Categories and functionality of smart home technology for energy management. *Building and Environment*, v. 123, p. 543-554, 2017.
- HARGREAVES, T. et al. (2018). Learning to live in a smart home. *Building Research and Information*, v. 46, n. 1, p. 127–139, 2018.
- KIM, H. et al. A systematic review of the smart energy conservation system: From smart homes to sustainable smart cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 140, 2021.
- NILSSON, A. et al. Smart homes, home energy management systems and real-time feedback: lessons for changing energy consumption behavior from a Swedish field study. *Energy & Buildings*, v. 179, p.15-25, 2018.
- ONU - Organização das Nações Unidas. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. ONU, 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimentosustentavel>>. Acesso em: 27 jul. 2022.
- REBOUÇAS, Eduardo Pimentel. **Análise do Mercado de Casas Inteligentes no Brasil: Uma Pesquisa Exploratória por meio de Surveys**. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de PósGraduação Stricto Sensu em Gestão e Tecnologia Industrial, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2020.
- SANGUINETTI, A. et al. Understanding the path to smart home adoption: Segmenting and describing consumers across the innovation-decision process. *Energy Research & Social Science*, v. 46, p. 274-283, 2018.
- SATPATHY, L. **Smart Housing: Technology to Aid Aging in Place - New Opportunities and Challenges**. 192 f. Dissertação (Mestrado) - Mississippi State University, Agosto, 2006.
- SOVACOOOL, B. K.; DEL RIO, D. D. F. Smart home technologies in Europe: A critical review of concepts, benefits, risks and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 120, 2020.
- SOVACOOOL, B. K. et al.. Knowledge, energy sustainability, and vulnerability in the demographics of smart home technology diffusion. *Energy Policy*, v. 153, 2021.
- SUN, Q. et al. A multi-Agent-based intelligent sensor and actuator network design for smart house and home automation. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, v. 2, n. 3, p. 557–588, 2013.