

Entre a Intenção Projetual e a Percepção do Usuário: Aplicação do Modelo PERSUS no Laboratório Casa Sustentável da UFJF.

Between Design Intention and User Perception: Application of the PERSUS Model at the UFJF's Laboratório Casa Sustentável

Ana Paula Souza de Carvalho, Mestranda, Universidade Federal de Juiz de Fora

carvalho.anapaula@estudante.ufjf.br

Luisa Carla Abreu, Mestranda, Universidade Federal de Juiz de Fora

luisa.abreu@estudante.ufjf.br

Ivan Mota Santos, Doutor, Universidade Federal de Juiz de Fora

ivan.santos@ufjf.br

Número da sessão temática da submissão – [06]

Resumo

Este estudo analisa a percepção da comunicação da sustentabilidade no ambiente construído, utilizando como objeto de estudo o Laboratório Casa Sustentável da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). A pesquisa fundamenta-se na adaptação do modelo PERSUS para o contexto arquitetônico, adotando uma abordagem mista (quanti-qualitativa) de caráter exploratório. A coleta de dados foi realizada com uma amostra de 103 participantes, divididos entre usuários leigos e profissionais da área do ambiente construído. Os resultados indicam que, embora ambos os grupos valorizem a sustentabilidade, a percepção é mediada pelo conhecimento técnico: profissionais apresentam uma visão sistêmica voltada ao ciclo de vida e desempenho técnico, enquanto leigos focam em atributos visíveis e práticos, como energia solar e economia de recursos. Conclui-se que o conhecimento técnico é determinante para a profundidade da percepção ambiental, ressaltando a importância de estratégias de comunicação arquitetônica mais claras e acessíveis para o público geral.

Palavras-chave: Percepção do Usuário ; Modelo PERSUS ; Laboratório Casa Sustentável UFJF.

Abstract

This study analyzes the perception of sustainability communication in the built environment, using the Casa Laboratory of the Federal University of Juiz de Fora (UFJF) as a case study. The research is based on the adaptation of the PERSUS model to the architectural context, adopting a mixed (quantitative-qualitative) exploratory approach. Data collection was carried out with a sample of 103 participants, divided between lay users and professionals in the built environment field. The results indicate that, although both groups value sustainability, perception is mediated by technical knowledge:

professionals present a systemic view focused on the life cycle and technical performance, while laypeople focus on visible and practical attributes, such as solar energy and resource savings. It is concluded that technical knowledge is crucial for the depth of environmental perception, highlighting the importance of clearer and more accessible architectural communication strategies for the general public.

Keywords: User Perception; PERSUS Model; Casa Laboratory UFJF.

1. Introdução

Nas primeiras décadas do século XXI, a sustentabilidade consolidou-se como um dos eixos centrais das discussões no campo do ambiente construído, impulsionada pela intensificação dos impactos ambientais associados à construção civil e pela necessidade de promover modelos de desenvolvimento mais responsáveis do ponto de vista ambiental, social e econômico. Nesse contexto, a sustentabilidade deixa de ser compreendida apenas como um conjunto de soluções técnicas relacionadas à eficiência energética, ao uso racional de recursos naturais e à redução de emissões, passando a incorporar dimensões subjetivas ligadas à percepção, à experiência do usuário e à comunicação dos atributos sustentáveis incorporados aos espaços edificados.

A arquitetura contemporânea enfrenta o desafio de conciliar desempenho técnico, sustentabilidade ambiental e qualidade da experiência humana nos espaços construídos. Embora avanços significativos tenham sido alcançados no campo da eficiência energética, do conforto ambiental e da inovação tecnológica, observa-se que muitos projetos ainda apresentam lacunas entre a intenção projetual concebida pelos arquitetos e a forma como esses espaços são efetivamente percebidos, utilizados e apropriados pelos usuários. Nesse contexto, torna-se fundamental incorporar abordagens que considerem não apenas aspectos físicos e funcionais, mas também dimensões subjetivas, cognitivas e emocionais da relação entre o indivíduo e o ambiente construído, especialmente no que se refere à percepção da qualidade e da sustentabilidade dos espaços (VILLA; ORNSTEIN, 2013).

Para GIBSON e KOFFKA a percepção do usuário emerge, portanto, como um elemento central para a avaliação da qualidade arquitetônica e ambiental dos espaços. Estudos no campo da psicologia ambiental indicam que a forma como os indivíduos percebem e interpretam o ambiente influencia diretamente seu comportamento, sua sensação de conforto e seu bem-estar, afetando os modos de uso e apropriação do espaço construído. Essa relação entre percepção e ação pode ser compreendida a partir do conceito de affordances, que se refere às possibilidades de ação que o ambiente oferece ao usuário, não apenas como atributos físicos, mas como relações entre o indivíduo e o meio.

Estudos recentes indicam que a efetividade das estratégias de sustentabilidade no ambiente construído está diretamente relacionada à forma como essas estratégias são percebidas, compreendidas e apropriadas pelos usuários. A percepção do ambiente sustentável não se

limita à avaliação objetiva de indicadores de desempenho, mas envolve processos cognitivos, sensoriais e culturais que influenciam atitudes, julgamentos e comportamentos em relação ao espaço construído (BRAGA; CHIARELLI, 2021). Dessa forma, a sustentabilidade pode ser entendida não apenas como uma condição técnica do edifício, mas também como um conteúdo comunicacional, mediado pela arquitetura, pelos sistemas construtivos e pela experiência espacial.

Sob essa perspectiva, o ambiente construído pode ser interpretado como um meio de comunicação entre projetistas e usuários, no qual decisões de projeto materializam valores, intenções e discursos associados à sustentabilidade. Assim como apontado em análises contemporâneas sobre a relação entre ambiente construído sustentável e percepção do usuário, os atributos ambientais dos edifícios são interpretados de maneira diversa conforme o repertório técnico, a experiência prévia e o nível de conhecimento dos indivíduos (YE; HUANG; LI, 2023). Esse aspecto torna-se especialmente relevante quando se consideram diferentes perfis de usuários, como leigos e profissionais da área do ambiente construído, que tendem a atribuir significados distintos aos mesmos elementos arquitetônicos e tecnológicos.

No contexto da sustentabilidade, a percepção dos materiais, dos espaços e de suas qualidades estéticas desempenha papel relevante na forma como os usuários reconhecem, valorizam e adotam práticas sustentáveis no cotidiano. Pesquisas recentes apontam que a apreciação estética e a experiência sensorial estão diretamente associadas à percepção de valor, durabilidade e responsabilidade ambiental dos ambientes e produtos, contribuindo para o fortalecimento de uma sustentabilidade de caráter estético e experiencial (HARPER, 2018; STRAPPINI et al., 2024).

Diante desse cenário, o Modelo PERSUS (Percepção de Sustentabilidade pelo Usuário) apresenta-se como uma abordagem metodológica capaz de integrar aspectos técnicos, ambientais e perceptivos na avaliação do ambiente construído. Ao considerar a experiência do usuário como elemento central, o modelo contribui para a compreensão das relações entre intenção projetual, uso efetivo e percepção da sustentabilidade, aproximando o desempenho arquitetônico das vivências reais dos indivíduos (VILLA; ORNSTEIN, 2013).

Apesar do avanço das pesquisas voltadas ao desempenho ambiental das edificações, observa-se que os estudos sobre sustentabilidade no ambiente construído ainda privilegiam abordagens normativas e técnicas, enquanto a dimensão perceptiva permanece relativamente pouco explorada, sobretudo no que se refere à avaliação da eficácia da comunicação da sustentabilidade por meio do espaço arquitetônico. Conforme apontam Braga e Chiarelli (2021), a compreensão da percepção ambiental dos usuários é fundamental para orientar decisões projetuais mais alinhadas às expectativas, valores e experiências dos indivíduos, contribuindo para a consolidação de ambientes verdadeiramente sustentáveis.

Nesse cenário, emerge a necessidade de metodologias capazes de sistematizar a análise da percepção do usuário no ambiente construído, considerando tanto aspectos objetivos quanto subjetivos da experiência espacial. Modelos perceptivos têm sido utilizados em diferentes áreas para compreender como as pessoas interpretam e atribuem valor aos artefatos com os quais interagem. No campo do ambiente construído, a adaptação desses modelos representa

uma oportunidade de aprofundar o entendimento sobre a comunicação da sustentabilidade, especialmente em espaços concebidos com intencionalidade pedagógica e demonstrativa.

O Laboratório Casa Sustentável da Universidade Federal de Juiz de Fora (Figura 1) insere-se nesse contexto como um objeto de estudo relevante, por se tratar de um ambiente construído projetado para integrar e evidenciar estratégias sustentáveis aplicadas à edificação. O espaço reúne soluções arquitetônicas, construtivas e tecnológicas que visam não apenas ao desempenho ambiental, mas também à sensibilização, à informação e à educação dos usuários, configurando-se como um campo propício para a investigação da percepção da sustentabilidade no ambiente construído, sendo um objeto de estudo pertinente para a aplicação do Modelo PERSUS, por se tratar de um espaço concebido a partir de princípios de sustentabilidade, inovação tecnológica e caráter educativo. Projetada como um ambiente experimental e interativo, a Casa Sustentável permite investigar de que maneira as estratégias projetuais adotadas são percebidas e interpretadas pelos usuários, considerando tanto os aspectos funcionais quanto os simbólicos e sensoriais do espaço (STRAPPINI et al., 2024).

Diante disso, este estudo propõe a adaptação do modelo PERSUS ao contexto do ambiente construído, com o objetivo de analisar a percepção da comunicação da sustentabilidade no Laboratório Casa da UFJF, a partir da comparação entre usuários leigos e profissionais da área. Ao investigar como diferentes perfis de usuários reconhecem, interpretam e valorizam os atributos sustentáveis do espaço, a pesquisa busca contribuir para o avanço teórico e metodológico dos estudos sobre percepção ambiental, comunicação da sustentabilidade e projeto arquitetônico, oferecendo subsídios para práticas projetuais mais eficazes e socialmente significativas.

2. Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa classifica-se como um estudo aplicado de caráter exploratório, fundamentado em uma abordagem mista (quanti-qualitativa) para a análise da percepção da sustentabilidade no ambiente construído. A estratégia metodológica central consiste na adaptação do Modelo PERSUS ao contexto arquitetônico, tendo como unidade experimental o Laboratório Casa Sustentável da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Projetado pela Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU-UFJF), o objeto de estudo funciona como uma moradia ecológica demonstrativa e ferramenta de educação bioclimática, permitindo que o visitante percorra ambientes que simulam diferentes realidades e tecnologias construtivas.

A aplicação do modelo ocorre de forma interdisciplinar, integrando métodos de coleta de dados para mapear como diferentes perfis divididos entre usuários leigos e profissionais da área, decodificam a percepção do ambiente construído. O procedimento metodológico envolve a análise comparativa das respostas perceptivas em relação às informações e estratégias de eficiência energética implementadas no laboratório. Por meio dessa adaptação, o modelo permite uma análise crítica e qualitativa sobre a percepção da sustentabilidade, transformando a vivência subjetiva no espaço em dados estruturados. Abaixo, a figura 1 ilustra a fachada do Laboratório apresentada pelos autores.

Figura 1: Laboratório casa sustentável.



Fonte: Os autores (2026)

Tabela 01: Formulário de Perguntas elaborado para avaliação da Percepção da Sustentabilidade pelo Usuário.

Categoria	Pergunta e opções de resposta
Abertas	1.1 O que é sustentabilidade em ambiente construído na sua opinião? 1.2 Quais características tornam um ambiente sustentável? Descreva-as.
Fechadas	1.3 Você conhece esta edificação pessoalmente? () Sim () Não 2.1 Você considera esta edificação sustentável? () Sim () Não () Parcialmente 2.2 Quais aspectos garantiriam este perfil? Eficiência energética, Água, Materiais, Resíduos
Associação	3.1 Os recursos listados estão associados à edificação? (Múltipla escolha de recursos apresentados)
Ciclo de vida	4.1 A qual fase do ciclo-de-vida os recursos estão associados? Extração, Produção, Uso ou Descarte

Fonte: Os autores. (2026)

A coleta de dados foi realizada por meio de um instrumento estruturado, elaborado a partir dos princípios do modelo PERSUS (SANTOS, 2012) e ajustado às especificidades do objeto de estudo. O instrumento contemplou questões fechadas e semiabertas voltadas à identificação

do reconhecimento, da compreensão e da valoração dos atributos de sustentabilidade presentes no ambiente analisado, como apresentadas na Tabela 01.

A amostra foi composta por 103 participantes, selecionados por conveniência, organizados em dois grupos: usuários leigos e profissionais da área do ambiente construído. Essa divisão permitiu a comparação entre percepções de usuários com diferentes níveis de conhecimento técnico.

Após a coleta, os dados foram organizados e submetidos à análises comparativas entre os grupos. As respostas qualitativas foram analisadas por meio de análise de conteúdo, possibilitando a identificação de padrões perceptivos.

A análise dos resultados foi orientada pelos eixos do modelo PERSUS adaptado, permitindo avaliar a eficácia da comunicação da sustentabilidade no ambiente construído e identificar diferenças perceptivas entre leigos e profissionais.

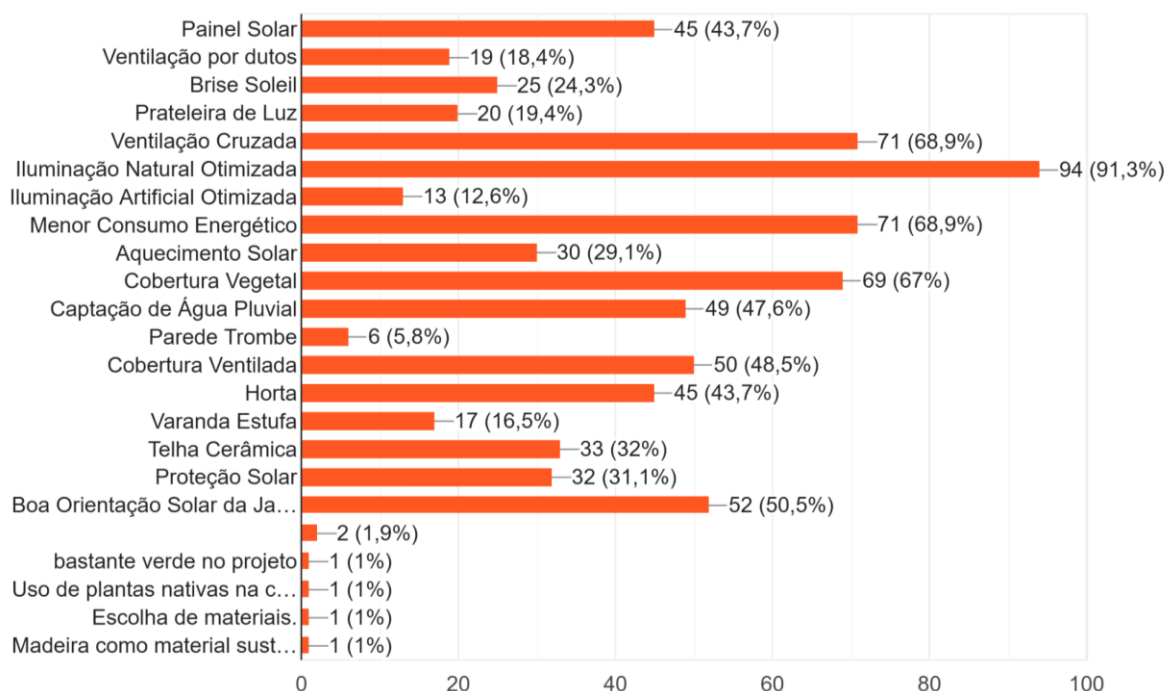
3. Resultados

Os dados coletados indicam uma percepção amplamente positiva em relação à importância da sustentabilidade no ambiente construído, sendo este um aspecto valorizado pela maioria dos participantes. Ainda que muitos não conheçam pessoalmente o Laboratório Casa Sustentável, observa-se uma associação espontânea entre esse tipo de espaço e a adoção de estratégias sustentáveis, o que revela a existência de um repertório previamente construído sobre o tema.

De modo geral, a sustentabilidade no ambiente construído é compreendida como a redução dos impactos ambientais aliada ao uso racional de recursos naturais, especialmente água e energia, à integração da edificação com o entorno, ao bem-estar dos usuários e à durabilidade dos sistemas construtivos. Entre os atributos mais frequentemente associados a edificações sustentáveis destacam-se a eficiência energética, por meio da iluminação e ventilação naturais, do uso de fontes renováveis e da redução do consumo energético, a gestão da água, a escolha de materiais de menor impacto ambiental e o conforto ambiental.

Essa percepção é ratificada pelos resultados obtidos no Questionário, no qual foi solicitado aos participantes: "Observe os recursos listados e a edificação apresentada. Na sua opinião, os recursos listados estão associados à edificação? Marque quantos achar coerentes (Laboratório Casa Sustentável)". Os resultados, detalhados no gráfico a seguir (Gráfico 01), demonstram a hierarquia de relevância atribuída a cada elemento:

Gráfico 01: Resultados dos recursos listados e a edificação apresentada da Percepção da Sustentabilidade pelo Usuário .



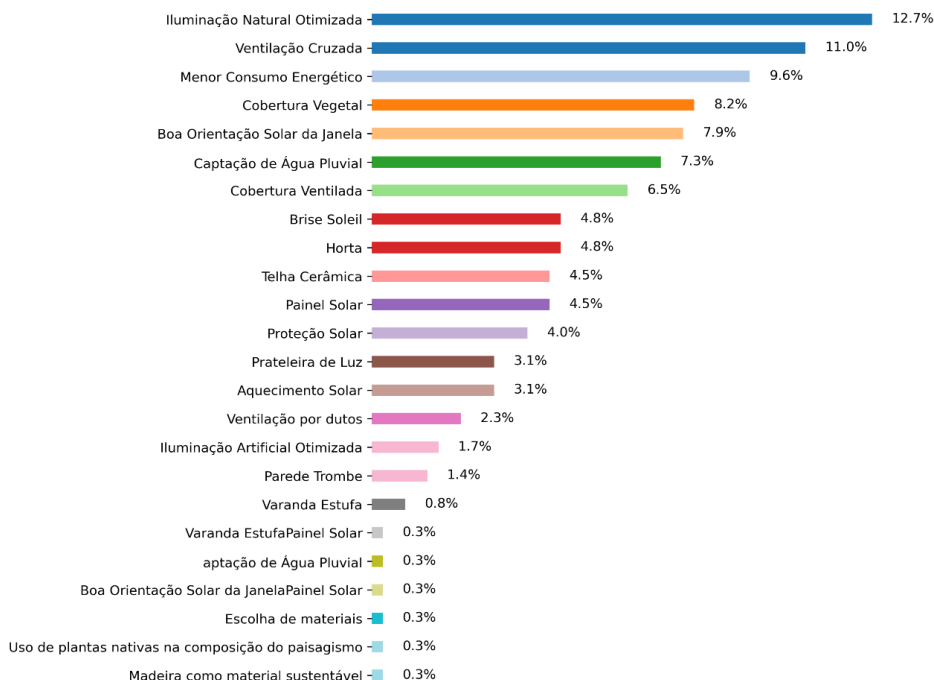
Fonte: Os autores. (2026)

Na classificação dos recursos e das fases do ciclo de vida da edificação, observa-se maior destaque para as estratégias de projeto e a seleção de materiais como etapas determinantes para a sustentabilidade. Elementos como iluminação natural otimizada (citada por 91,3% dos respondentes), ventilação cruzada (68,9%), menor consumo energético (68,9%) e cobertura vegetal (67%) aparecem de forma recorrente como componentes centrais da percepção de sustentabilidade no ambiente construído.

A análise comparativa entre profissionais e leigos evidencia diferenças significativas na profundidade e na complexidade da compreensão do conceito. Os profissionais apresentam definições mais abrangentes e técnicas, frequentemente associadas à análise do ciclo de vida da edificação, à otimização de recursos naturais, à eficiência energética, à gestão de resíduos e à promoção da saúde e do bem-estar dos usuários. Suas respostas demonstram maior familiaridade com processos projetuais e construtivos, incluindo aspectos como organização do canteiro de obras, racionalização de processos e uso de tecnologias construtivas.

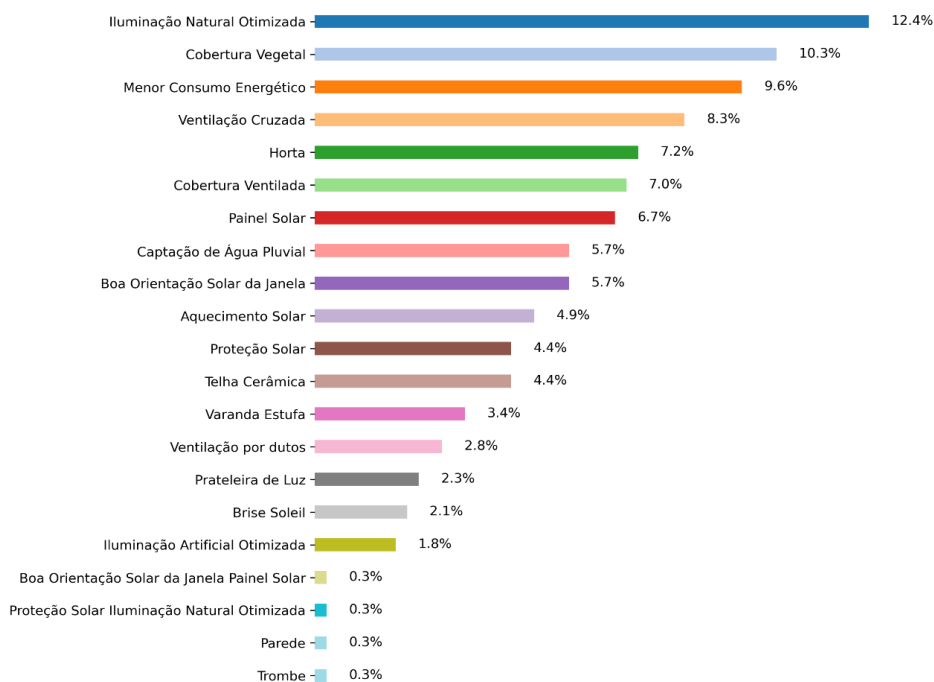
Além disso, os profissionais demonstram maior conhecimento sobre edificações sustentáveis específicas, incluindo o próprio Laboratório Casa Sustentável da UFJF, e maior capacidade de associar corretamente os recursos sustentáveis às diferentes fases do ciclo de vida da edificação, especialmente projeto, construção e seleção de materiais. A percepção sobre o caráter sustentável do Laboratório é predominantemente positiva e acompanhada de sugestões mais precisas quanto às estratégias necessárias para garantir esse desempenho.

Gráfico 02: Resultados dos recursos listados e a edificação apresentada da Percepção da Sustentabilidade por profissionais.



Fonte: Os autores. (2026)

Gráfico 02: Resultados dos recursos listados e a edificação apresentada da Percepção da Sustentabilidade por não profissionais.



Fonte: Os autores. (2026)

Por outro lado, os participantes leigos apresentam uma compreensão mais simplificada e pragmática da sustentabilidade, centrada na preservação do meio ambiente e na economia de recursos naturais. As características mencionadas tendem a se relacionar a tecnologias visíveis e facilmente reconhecíveis, como energia solar, reaproveitamento de água, economia de energia e ambientes bem ventilados. O conhecimento sobre edificações sustentáveis específicas é mais limitado, e a associação dos recursos às fases do ciclo de vida ocorre de forma mais generalizada, com predominância da fase de seleção de materiais.

De forma geral, ambos os grupos demonstram valorização da sustentabilidade no ambiente construído; contudo, os profissionais apresentam uma visão mais sistêmica e integrada, enquanto os leigos se apoiam em atributos perceptíveis e resultados práticos. Essa diferença revela a influência direta da formação técnica na leitura e na interpretação dos atributos sustentáveis, reforçando a importância de estratégias de comunicação mais claras e acessíveis para ampliar a compreensão da sustentabilidade entre diferentes perfis de usuários.

4. Análises dos Resultados e Discussões

Com base nos perfis dos participantes, observa-se uma amostra caracterizada por ampla diversidade demográfica, social e profissional. A distribuição de gênero mostra-se relativamente equilibrada, com predominância semelhante entre participantes do sexo masculino e feminino. As faixas etárias abrangem desde jovens adultos até indivíduos com mais de 60 anos, com maior concentração entre 26 e 40 anos. O grau de instrução é variado, incluindo desde ensino médio até doutorado e especialização, sendo predominante a presença de participantes com ensino superior completo ou incompleto e formação em nível de pós-graduação. As ocupações são heterogêneas, contemplando profissionais de diferentes áreas de atuação, como segurança pública, saúde, educação, engenharia, arquitetura, marketing, logística, contabilidade e atividades autônomas, além de estudantes. A renda familiar também apresenta ampla variação, distribuindo-se por todas as faixas indicadas no questionário, o que reforça a diversidade socioeconômica da amostra.

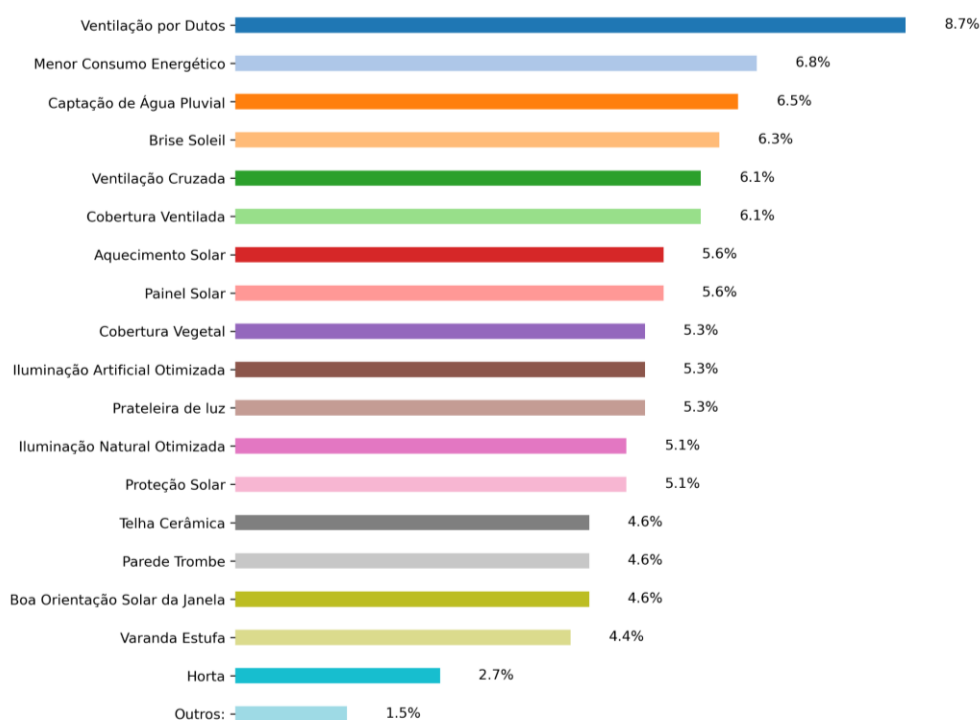
No que se refere ao conhecimento técnico em sustentabilidade, verifica-se uma divisão equitativa entre os participantes, sendo metade composta por indivíduos com formação ou atuação técnica na área, como arquitetos, engenheiros, estudantes de arquitetura e doutorandos em engenharia civil, e a outra metade por participantes sem esse conhecimento específico. Essa configuração possibilita a comparação entre diferentes níveis de familiaridade com o tema. Em relação à importância atribuída à sustentabilidade em ambientes construídos, praticamente a totalidade dos participantes reconhece sua relevância, com apenas um caso isolado de resposta negativa, o que chama atenção por se tratar de uma participante com formação técnica na área.

Quanto ao conhecimento de exemplos de construções sustentáveis, os participantes com formação ou atuação técnica tendem a citar referências mais específicas e reconhecidas, incluindo edificações institucionais, projetos desenvolvidos profissionalmente ou soluções

construtivas sustentáveis. Por outro lado, os participantes sem conhecimento técnico prévio demonstram maior dificuldade em apresentar exemplos concretos, recorrendo frequentemente a respostas genéricas ou a referências pontuais, como edificações residenciais com uso de energia solar. Essas diferenças também se refletem nas definições e características atribuídas à sustentabilidade no ambiente construído. Enquanto os participantes com conhecimento técnico apresentam concepções mais abrangentes, sistêmicas e alinhadas a princípios como eficiência energética, gestão de resíduos, conforto ambiental, ciclo de vida da edificação e integração com o entorno, os participantes sem formação específica tendem a adotar definições mais simplificadas, centradas em aspectos perceptíveis e de senso comum, como economia de água e energia, aproveitamento de recursos naturais e respeito ao meio ambiente.

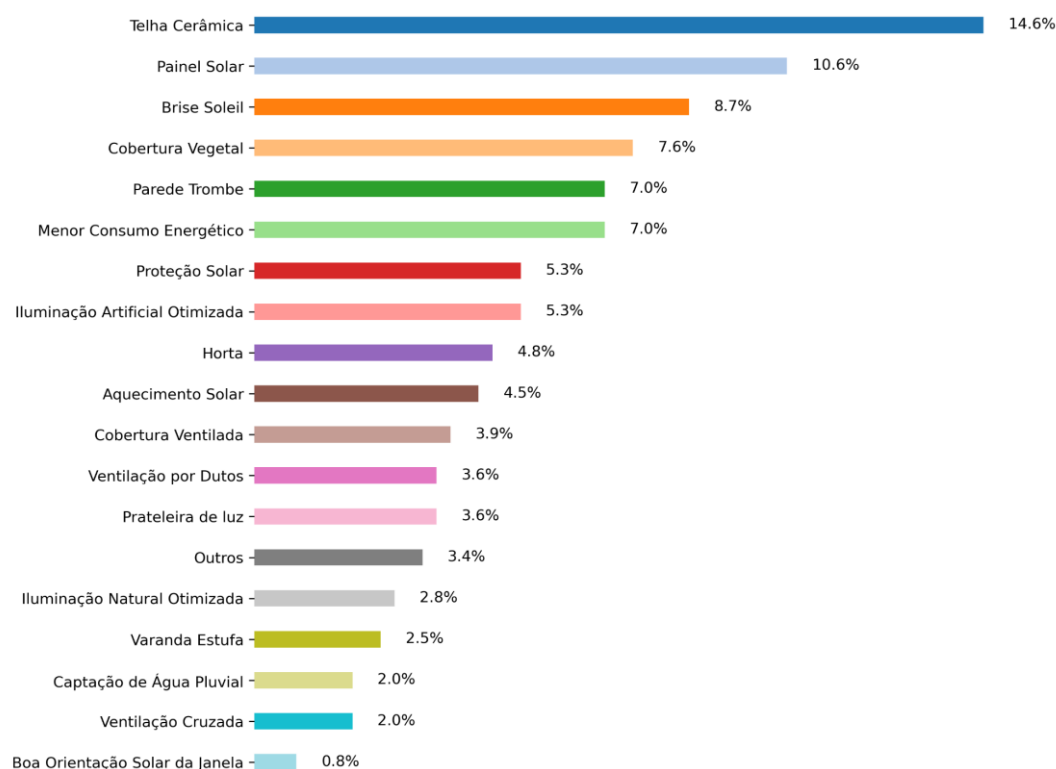
De forma geral, os resultados indicam que, embora a amostra seja diversa em termos demográficos e profissionais, a presença ou ausência de conhecimento técnico em sustentabilidade constitui um fator determinante para a profundidade, a precisão e a complexidade das percepções e respostas relacionadas ao tema. Com base nas respostas à pergunta que relaciona os recursos listados no quadro as fases do ciclo de vida de um produto, observa-se que os participantes associaram tais recursos, de forma predominante, às fases de estratégias construtivas (Gráfico 04) e seleção de materiais (Gráfico 05).

Gráfico 04 : Respostas à pergunta que relaciona os recursos listados no quadro as fases do ciclo de vida de um produto: estratégias construtivas.



Fonte: Os autores. (2026)

Gráfico 05 : Respostas à pergunta que relaciona os recursos listados no quadro as fases do ciclo de vida de um produto: seleção de materiais.



5. Conclusão ou Considerações Finais

A aplicação do modelo PERSUS adaptado ao Laboratório Casa Sustentável da UFJF permitiu identificar como a sustentabilidade é percebida e comunicada por diferentes perfis de usuários. A pesquisa demonstrou que a percepção ambiental não é uniforme, ela é profundamente influenciada pelo repertório técnico e profissional dos indivíduos. Enquanto para profissionais a sustentabilidade está ligada a processos complexos e ao ciclo de vida da edificação, para os leigos ela se manifesta predominantemente através de elementos tecnológicos tangíveis e resultados práticos imediatos.

O estudo contribui para o campo do projeto sustentável ao evidenciar que a intenção projetual nem sempre é percebida em sua totalidade pelo usuário final. Como principal produto, a pesquisa valida a eficácia do modelo PERSUS como ferramenta de análise da comunicação da sustentabilidade no espaço construído. As limitações do estudo referem-se ao caráter exploratório da amostra, sugerindo que pesquisas futuras expandem a análise para outros contextos geográficos e tipologias arquitetônicas. Em suma, os resultados oferecem subsídios para que arquitetos e projetistas desenvolvam ambientes que não sejam apenas tecnicamente eficientes, mas que também comuniquem seus valores sustentáveis de forma eficaz a todos os públicos.

Agradecimento

Agradecemos à equipe do Laboratório Casa da UFJF, cujo apoio foi fundamental para o desenvolvimento deste artigo científico. As discussões qualificadas, o compartilhamento de conhecimento e infraestrutura disponibilizada pelo laboratório contribuíram para o amadurecimento teórico-metodológico da pesquisa e para a consolidação das análises no campo do ambiente construído.

Referências

BRAGA, Adriana Viebrantz; CHIARELLI, Lígia Maria de Ávila. Percepção ambiental em comunidades sustentáveis: recomendações de projeto para ecovilas no Rio Grande do Sul. *Revista Projetar – Projeto e Percepção do Ambiente*, Natal, v. 6, n. 1, p. 114–123, 2021. DOI: 10.21680/2448-296X.2021v6n1ID21055. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revprojetar/article/view/21055>.

GIBSON, James J. *The theory of affordances*. In: SHAW, R.; BRANSFORD, J. (org.). *Perceiving, acting, and knowing*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1977. p. 67–82.

HARPER, Kristine H. *Aesthetic sustainability*. London: Routledge, 2018.

KOFFKA, Kurt. *Problems in the psychology of art*. In: BERNHEIMER, R. (ed.). *Art: a Bryn Mawr Symposium*. New York: Oriole Editions, 1940. p. 180–273.

SANTOS, Ivan Mota. Avaliação da percepção dos usuários sobre a comunicação da sustentabilidade em produtos: o modelo Persus. 2012. 104 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

STRAPPINI, Francesca et al. Sustainable materials: a linking bridge between material perception, affordance, and aesthetics. *Frontiers in Psychology*, Lausanne, v. 14, e1307467, 2024. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1307467.

VILLA, Simone Barbosa; ORNSTEIN, Sheila Walbe. *Avaliação pós-ocupação: indicadores de qualidade para o ambiente construído*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

YE, Yang; HUANG, Yi; LI, Shuqi. A multidisciplinary perspective on the relationship between sustainable built environment and user perception: a bibliometric analysis. *Frontiers in Built Environment*, v. 9, art. 1271889, 2023. DOI: 10.3389/fbuil.2023.1271889. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1271889>.