PEDRO CÉSAR ALMEIDA, MATHEUS MENEZES OLIVEIRA, JOYCE CORRENA CARLO E DELLY OLIVEIRA FILHO

Influência de Medidas de Conforto Térmico, Eficiência Energética e sistemas fotovoltaicos no potencial valorativo de edificações

Influence of thermal comfort, energy efficiency and photovoltaic systems on the valuation potential of buildings

Pedro César Almeida

É Arquiteto e Urbanista (2014) e Mestre em Arquitetura e Urbanismo (2017) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Atua profissionalmente como professor no Centro Universitário UNIFIPMoc, Faculdades Integradas do Norte de Minas - FUNORTE e Faculdade Vale do Gortuba - FAVAG, onde leciona disciplinas nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil. Desenvolve trabalhos de pesquisa nas áreas de adequação ambiental e eficiência energética na arquitetura. Tem experiência profissional tendo desenvolvido projetos arquitetônicos residenciais e comerciais e projetos de paisagismo residenciais e institucionais.

Is an Architect and Urban Planner (2014) and holds a Master's degree in Architecture and Urbanism (2017) at the Universidade Federal de Viçosa (UFV). He teaches Architecture and Urbanism and Civil Engineering at Centro Universitário UNIFIPMoc, Faculdades Integradas do Norte de Minas - FUNORTE and Faculdade Vale do Gortuba - FAVAG. He also conducts environmental adaptation and energy efficiency research in architecture and has professional experience developing residential and commercial architectural and landscape projects.

pedro.arqufv@gmail.com.br

Matheus Menezes Oliveira

Possui graduação (2016) e mestrado (2017) em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é doutorando do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa. Tem experiência na área de Arquitetura Bioclimática, Comportamento Ambiental do Espaço Construído, Simulação Termoenergética e Conforto Térmico.

Architect and Urbanist at the Federal University of Viçosa (2016) master's degree (2017) in Architecture and Urbanism at the Federal University of Viçosa. He is currently a doctoral student at the Postgraduate Program in Architecture and Urbanism (PPG.au/DAU-UFV) at the Environmental Performance of Constructed Space. Has experience in Bioclimatic Architecture, Environmental Behavior, Thermoenergetic Simulation and Thermal Comfort.

matheus.meneses@gmail.com

Joyce Correna Carlo

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais (1997), especialização em Análise Urbana pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999) e mestrado (2002) e doutorado (2008) em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina. Tem pós-doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina e é professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa desde agosto de 2009. Tem experiência na área de Arquitetura Bioclimática, Eficiência Energética e Simulações Termo-energéticas e de Iluminação, tendo realizado consultorias e projetos arquitetônicos.

Architect and Urbanist at the Federal University of Minas Gerais (1997), Specialist in Urban Analysis at the Federal University of Minas Gerais (1999), master's degree (2002) and Ph.D. (2008) in Civil Engineering at the Federal University of Santa Catarina. Post-doctorate at the Federal University of Santa Catarina and professor in the Architecture and Urbanism Department at the Federal University of Viçosa, since August 2009. Has experience in Bioclimatic Architecture, Energy Efficiency, Thermal Energy simulations and Daylighting simulations, making consulting services and Architectural Designs.

joycecarlo@ufv.br

Delly Oliveira Filho

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1979), mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais (1983), e doutorado em Electrical Engineering - McGill University (1995). Realizou em 2004 treinamento na área de Geração Distribuída de Energia Elétrica em nível de pós-doutorado na Iowa State University, EUA. Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal de Viçosa e tem experiência nas áreas de Engenharia Elétrica, Engenharia Agrícola e Ambiental e Engenharia Mecânica.

Electrical engineer at the Federal University of Minas Gerais (1979), a master's degree in Mechanical Engineering from the Federal University of Minas Gerais (1983), and Ph.D. in Electrical Engineering - McGill University (1995). Conducted in 2004 training in the area of Distributed Electric Power Generation at the post-doctoral level at Iowa State University, USA. He is currently Professor at the Federal University of Viçosa and has experience in the areas of Electrical Engineering, Agricultural and Environmental Engineering and Mechanical Engineering.

delly@ufv.br

Resumo

Em uma análise de viabilidade de sistemas de geração de energia fotovoltaica, normalmente são averiguados apenas os custos de instalação, manutenção, operação e a precificação da energia gerada. No entanto, há outros benefícios associados ao uso desses sistemas, como a possível valorização da edificação. As pesquisas relacionadas a esse tipo de valorização são escassas, e fazem parte de um cenário recente no Brasil, com uma carência de estudos e registros no país quanto às transações comerciais de tais imóveis e do conhecimento da população sobre a geração de energia fotovoltaica. Portanto, esse artigo tem como objetivo identificar a valorização de edificações que possuem Medidas de Conforto Térmico, Medidas de Eficiência Energética (MEE), e sistemas de geração de energia fotovoltaica a partir de questionários com investidores em potencial e de um estudo de caso realizado com investidores em uma edificação real. Foi possível observar que, grande parte dos investidores em potencial tem baixo nível de conhecimento a respeito da adoção de sistemas de geração de energia fotovoltaica, embora reconheça suas vantagens. O principal motivo de interesse de consumidores em potencial na instalação desses sistemas foi a redução de custos de operação, identificada nos questionários e no estudo de caso. Também foi identificada uma tendência de que o conhecimento desses sistemas levou a uma maior disposição para pagar mais por imóveis com essa tecnologia, em torno de 5 a 10%. Portanto, este trabalho contribui para o entendimento dos investimentos fotovoltaicos em geração distribuída após os regulamentos da ANEEL de 2012 e 2015.

Palavras-chave: Disposição em pagar. Balanço energético. PBE Edifica. Viabilidade econômica.

Abstract

The typical aspects verified in an availability analysis of photovoltaic systems are limited to the costs of installation, the maintenance and the operation, as well as the energy's tariff. However, other beneficial factors are related to the application of the photovoltaic systems, for instance, a probable influence on the value of a real state. The studies related to this type of valuation are scarce and are recent in Brazil, with a lack of studies in the country regarding the commercial transactions of such properties and the population knowledge about photovoltaic power generation. Therefore, this article aims to identify the valuation of buildings that have Thermal Comfort Measures (TCM), Energy Efficiency Measures (EEM) and photovoltaic systems (PV) through interviews with potential investors and a case study conducted with real investors. It was observed that most of the potential investors have a low level of knowledge regarding the use of photovoltaic systems, although they reckon its advantages. The main reason for the interest of potential consumers in the installation of the PV systems is the reduction of operating costs, identified in the questionnaires and the case study. A trend has also been identified that knowledge of these systems has led to a greater willingness to pay more for properties with this technology, around 5 to 10%. Therefore, this work contributes to the understanding of photovoltaic investments regarding distributed generation after ANEEL's regulations of 2012 and 2015.

Keywords: Willingness to pay. Energy balance. PBE Edifica. Economic feasibility.

Resumen

En un análisis de viabilidad de los sistemas de generación de energía fotovoltaica, normalmente solo se determinan los costos de instalación, mantenimiento, operación y precio de la energía generada. Sin embargo, existen otros beneficios asociados al uso de estos sistemas, como la posible valoración del edificio. La investigación relacionada con este tipo de valoración es escasa, y es parte de un escenario reciente en Brasil, con falta de estudios y registros en el país sobre las transacciones comerciales de dichos inmuebles y el conocimiento de la población sobre la generación de energía fotovoltaica. Por tanto, este artículo tiene como objetivo identificar la valoración de edificios que cuentan con Medidas de Confort Térmico, Medidas de Eficiencia Energética (MEE) y sistemas de generación de energía fotovoltaica a partir de cuestionarios con potenciales inversores y un caso de estudio realizado con inversores en edificio real. Fue posible observar que gran parte de los potenciales inversores tiene un bajo nivel de conocimiento sobre la adopción de sistemas de generación de energía fotovoltaica, aunque reconociendo sus ventajas. El principal motivo del interés de los potenciales consumidores por la instalación de estos sistemas fue la reducción de los costos operativos, identificados en los cuestionarios y en el caso de estudio. También se identificó una tendencia de que el conocimiento de estos sistemas condujo a una mayor disposición a pagar más por propiedades con esta tecnología, alrededor del 5 al 10%. Por tanto, este trabajo contribuye a la comprensión de las inversiones fotovoltaicas en generación distribuida después de la normativa ANEEL de 2012 y 2015.

Palabras clave: Disposición a pagar. Equilibrio energético. PBE Edifica. Viabilidad económica.

Introdução

Devido à grande parcela de responsabilidade da construção civil nos impactos ambientais, as certificações de sustentabilidade e etiquetas de eficiência energética têm apresentado um grande crescimento no cenário mundial (SILVA, 2010). Porém, a interface entre sustentabilidade e construção civil é complexa, dada a grande quantidade de agentes interessados desde o início do empreendimento até à sua aquisição pelo usuário final.

Em empreendimentos cuja a principal finalidade é a geração de renda através da venda ou locação, o aumento do interesse de consumidores e sua disposição para pagar mais por edificações com eficiência energética comprovada pode exercer grande influência na adoção de Medidas de Eficiência Energética (MEE). Dentre os benefícios de imóveis eficientes estão: i) redução do consumo de energia, o que implica em redução de custos de operação; ii) aumento das informações do imóvel, sobretudo em relação às características de comportamento ambiental e consumo de energia; iii) redução da taxa de vacância; iv) marketing de sustentabilidade agregado; v) aumento do valor de venda ou de aluguel; e vi) benefícios sociais e ambientais (STEIN et al., 2014).

Nesse contexto de valorização de empreendimentos que incorporam MEE, destaca-se o potencial da instalação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída. Este sistema agrega benefícios econômicos e aumenta a satisfação do proprietário em virtude da contribuição para a redução do impacto ambiental com a geração local de energia (GUO et al., 2014). Outro destaque são as etiquetas de eficiência energética de edificações, implementadas pelo Inmetro como mecanismos de informação por meio de classificação dos níveis de eficiência energética de uma edificação (CARLO; LAMBERTS, 2010). Ambos fazem parte de um cenário recente no Brasil, respectivamente 2009 (INMETRO, 2013) e 2012 (ANEEL, 2012) com uma carência de estudos e registros no país quanto às transações comerciais de tais imóveis e do conhecimento da população sobre a geração de energia fotovoltaica.

Valorização de Edificações Sustentáveis

A maior parte dos estudos referentes à valorização de edificações que possuem características sustentáveis são baseados na análise comparativa de um histórico de registros de transações comerciais de imóveis (FUERST et al., 2015; DASTRUP et al., 2011), ou ainda por meio de simulação estatística com dados obtidos através desses registros (STEIN et al., 2014; CAJIAS; PIAZOLO, 2013).

No contexto brasileiro, a valorização de imóveis que possuem tecnologias sustentáveis, como geração de energia fotovoltaica, pode ser analisada a partir do método de avaliação de preferências de consumidores. Este método é baseado na aplicação de questionários ou entrevistas a consumidores em potencial, com perguntas sobre a disposição para pagar mais (willingness to pay) por imóveis desse tipo (BIGERNA; POLINORI, 2014). Yamamoto (2015) e Guo et al. (2014) aplicaram tais métodos para identificar como a energia fotovoltaica valoriza edificações e influencia a tomada de decisão na implantação desses sistemas no Japão e China respectivamente, e identificaram uma disposição do consumidor em pagar mais devido à redução do impacto ambiental.

No Brasil, dois estudos sobre a valorização de edificações sustentáveis utilizaram como método questionários e entrevistas com consumidores em potencial. O primeiro verificou o envolvimento dos investidores e consumidores em relação aos aspectos da sustentabilidade nas edificações. Viram que 47% dos consumidores estão dispostos a pagar até 8% a mais por uma construção sustentável (FEBRABAN, 2010). O segundo estudo constatou que há conhecimento e interesse dos brasileiros pela microgeração de energia fotovoltaica, visto que 74% dos respondentes afirmaram saber sobre o

assunto e 62% demonstram interesse em instalar o sistema na própria residência (DATAFOLHA, 2015).

Os resultados e conclusões das pesquisas realizadas pela FEBRABAN (2010) e Datafolha (2015) indicam uma tendência positiva de crescimento do interesse de consumidores e investidores com relação ao avanço da sustentabilidade em edificações e também sobre a possibilidade de microgeração de energia fotovoltaica. Todavia, tais resultados não são suficientes para afirmar que há uma influência da instalação de sistemas de geração distribuída fotovoltaica na valorização de um imóvel visto que uma das pesquisas foi feita quando a RN nº482/2012 (ANEEL, 2012) e RN 687/2015 (ANEEL, 2015) ainda não haviam sido instituídas, e a outra não tratou propriamente sobre a influência desse tipo de tecnologia na valorização do imóvel.

Medida de Eficiência Energética: geração distribuída de energia fotovoltaica

A Resolução Normativa Nº 482/2012, da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012), alterada pela Resolução Normativa Nº 687/2015 (ANEEL, 2015), determina que as concessionárias de energia elétrica devam se adequar à possibilidade de microgeração e minigeração distribuída pelos consumidores (ANEEL, 2015), tais como a energia fotovoltaica conectada à rede de distribuição de energia, que é uma alternativa de baixo impacto ambiental.

A microgeração e minigeração de energia elétrica conectada à rede pode contribuir com aspectos importantes da geração de energia: (i) atendimento ao crescimento de carga constante nos sistemas de distribuição de eletricidade e aumento da capacidade da rede, com alterações mínimas em redes de transmissão; (ii) ampliação do uso de fontes renováveis; (iii) aumento da eficiência energética; (iv) redução das emissões de gases de efeito estufa; (v) aumento da confiabilidade local para garantir a qualidade de energia para os clientes (ANEEL, 2015).

As constatações levantadas provocam questionamentos sobre o conhecimento, a valorização e o nível de atratividade de instalação de sistemas fotovoltaicos com geração distribuída em edificações no Brasil. Logo, este artigo tem como objetivo analisar o potencial de influência de Medidas de Conforto Térmico e de Eficiência Energética, com foco na instalação de sistemas fotovoltaicos, sobre o valor de edificações.

Procedimentos Metodológicos

O método foi dividido em duas etapas. A primeira, dedicada aos questionários, teve como finalidade a identificação do perfil e opiniões dos respondentes em relação à importância e valorização dada aos sistemas de geração de energia fotovoltaica. A segunda etapa consiste em um estudo de caso a partir da simulação termoeenergética de uma edificação real, para a análise entre Medidas de Conforto Térmico (MCT), Medidas de Eficiência Energética (MEE) e sistema de geração distribuída de energia fotovoltaica na tomada de decisão dos proprietários

Questionários aplicados em consumidores em potencial

A estrutura do questionário foi composta por três categorias de perguntas: a primeira com perguntas sobre informações gerais em relação às certificações e etiquetagem; a segunda com perguntas especificamente sobre aspectos relacionando a valorização imobiliária a partir da adoção de sistemas de geração de energia fotovoltaica; e a terceira com perguntas relacionadas ao perfil do consumidor em potencial e qual seria sua eventual motivação na adoção de sistemas de geração de energia fotovoltaica. Em todas as perguntas havia a opção “Não Desejo Responder” (NDR).

A aplicação de questionários foi realizada de forma pessoal e virtual. Os questionários foram aplicados no Aeroporto Internacional Tancredo Neves, na região metropolitana de Belo Horizonte MG, como forma de alcançar um público de diferentes regiões do país. A aplicação dos questionários virtuais aconteceu através de pedidos para participação na pesquisa enviados por e-mail.

O levantamento da proporção amostral foi feito com base em cálculo de amostragem simples, considerando distribuição binomial, uma vez que não se conhece o perfil exato de consumidores em potencial e sua população. Assim, foi determinado o número mínimo de 271 pessoas a participarem do estudo, com intuito de alcançar 90% de confiabilidade, com erro amostral de $\pm 5\%$.

Simulação Termoenergética

Caracterização da edificação

O projeto de um edifício escolar tipo creche, anexo à Igreja Presbiteriana, localizado na cidade de CIDADE foi utilizado como caso base. A edificação estava na fase inicial de construção em 2017 [1 e 2]. O edifício possui dimensões de 15,00m x 15,00m por 12,00m de altura, totalizando 900m² de área construída, divididos em quatro pavimentos. A escolha desta edificação como objeto de estudo ocorreu devido ao interesse dos proprietários na implantação de sistema de geração de energia fotovoltaica, MME e comprovação da eficiência energética da edificação.

FIGURA 1 – Imagem do projeto do edifício de ensino da IPV

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

FIGURA 2 – Edifício de ensino da IPV em fase inicial de construção.

Fonte: Autores (2019)

Para a comprovação da eficiência energética da edificação, foi adotado o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), por simulação termoenergética em edificação naturalmente ventilada. Neste caso, a avaliação para etiquetagem do RTQ-C foi realizada a partir da análise da eficiência do sistema de iluminação artificial, e do conforto nos ambientes não condicionados (INMETRO, 2013), com base na ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013).

Modelagem computacional

As simulações foram realizadas no software Energy Plus, versão 8.4, com o arquivo climático de CIDADE-MG TMY3. A cidade está situada na Zona Bioclimática 3 (ABNT, 2005), a 649m de altitude e apresenta clima tropical de altitude, com temperaturas médias mensais variando entre 15,3°C e 22,2°C durante o ano. A simulação foi realizada com o modelo de rede AirflowNetwork, para avaliar a ventilação natural e o desempenho térmico da edificação. O modelo computacional possui 58 zonas térmicas, totalizando uma Área Útil (AU) de 900m² [3 e 4].

FIGURA 3 – Modelo térmico do edifício - Perspectiva das fachadas Sudoeste e Noroeste

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

FIGURA 4 – Modelo térmico do edifício - Perspectiva das fachadas Nordeste e Sudeste.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Os materiais construtivos da edificação foram identificados de acordo com o projeto e configurados com transmitância dos componentes construtivos de 1,85 e 1,82W/m²K, e capacidade térmica de 105 e 169kJ/m²K das paredes e da cobertura, respectivamente. O comportamento dos usuários em relação à abertura e fechamento das janelas dos ambientes de permanência prolongada foi configurado conforme a temperatura operativa de 22°C e 18°C, respectivamente (INMETRO, 2013).

O padrão de uso de cada ambiente foi definido a partir de entrevistas com proprietários e usuários da igreja. O levantamento também serviu de base para a definição do número de pessoas por ambiente, das taxas metabólicas [5], da potência dos equipamentos [6] e do tipo de iluminação.

FIGURA 5 – Ganho de calor por atividade metabólica.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Atividade	Grupo	Tipo de atividade	Metabolismo	W/m ²
Alta intensidade	1	Ensaio de teatro	3,4	200,0 ¹
Média alta intensidade	2	Preleção	1,6	93,0 ²
Média intensidade	3	Convívio em pé	1,2	69,8 ²
Baixa intensidade	4	Sentado	1,0	58,2 ²

FIGURA 6 – Ganho de calor por equipamentos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Equipamento	Potência (W)
Data Show	200 (Modelo Epson Powerlite X36+ 3600 Lumens Xga)
Frigobar	80 (Modelo Consul CRC12 120 Litros)
Equipamento de Som	150 ³
Ventilador de parede	100 ³
Iluminação de teatro	Utilização esporádica
Micro-ondas	1000 ³
Computador	250 ³
Chuveiro	5500 (Modelo Ducha Lorenzetti Maxi)
Elevador ⁴	Potência do motor: 4.800 / Demanda em espera: 80

1 (ASHRAE, 2013).

2 (ISO7730, 2005)

3 (ABRAHÃO, 2015)

4 Modelo Schindler 3300- definido pela comissão responsável pela edificação.

Proposição de Medidas de Eficiência Energética e Medidas de Conforto Térmico

Embora ao edifício original seja naturalmente ventilado, ele foi avaliado por condicionamento natural e artificial, com Medidas de Conforto Térmico (MCT) e Medidas de Eficiência Energética (MEE) para envoltória e sistemas, que inclui o sistema fotovoltaico. As MCT para a envoltória foram propostas de acordo com a análise de ganhos térmicos decorrentes da simulação da edificação real, como Caso Base. Os ganhos e perdas foram comparados aos resultados do percentual de horas em conforto (POC) e percentuais e desconforto por frio e por calor. Após definidas as principais intervenções para melhoria no desempenho da edificação, estas foram gradualmente incorporadas ao caso base para produção das alternativas que proporcionem mais horas em conforto.

O sistema de geração de energia fotovoltaico e as MEE foram inseridas na simulação após a inserção das MCT. Estas, tiveram com o objetivo aumentar a eficiência energética, considerando as limitações devido à edificação já se encontrar na fase inicial de construção no início dessa pesquisa.

O sistema fotovoltaico, as MEEs e MCT foram orçados no mercado local para criação dos indicadores de custos, como payback e custo da energia conservada para uma vida útil de 30 anos. Para o cálculo dos indicadores econômicos considerou-se uma taxa de reajuste da tarifa de energia de 4,8% ao ano (ANEEL, 2017) e taxa de desconto de 8% (CESP, 2016).

Reunião com a comissão de proprietários

Reuniões com a comissão de proprietários foram utilizadas para observar as preferências na tomada de decisão dos investidores, partir da incorporação do sistema fotovoltaico das MEEs e MTC à edificação e os benefícios econômicos e de ganho de conforto térmico.

Resultados e Discussões

Questionários

Foram realizadas quatro visitas ao Aeroporto Internacional Confins - Tancredo Neves, na qual foram obtidas o total de 243 respondentes do questionário proposto. O número de respondentes dos questionários virtuais foi de 73, totalizando 316 respondentes ao todo. Embora o objetivo inicial de atingir pessoas de todos os estados, o resultado dessa pesquisa possui expressividade para o cenário de Minas Gerais, uma vez que a maioria dos respondentes é mineira (62%).

A partir de análise dos resultados, pode-se constatar que 56% dos respondentes se enquadram na faixa etária abaixo de 50 anos e nível de escolaridade com ensino superior completo ou pós-graduação de 53,4%.

Os resultados relativos à renda mensal indicaram que se trata de um público, predominantemente, da classe média alta e classe alta [7].

FIGURA 7 – Renda mensal familiar dos respondentes.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

O público mostrou baixo nível de conhecimento da resolução normativa e da etiquetagem: 52,1% declararam conhecimento mínimo da primeira, e 68,1% da segunda. Por outro lado, 77,9% dos participantes declaram que a implementação de inovações sustentáveis nas construções possui nível máximo de importância.

Na etapa seguinte do questionário, os respondentes foram divididos entre um grupo de consumidores em potencial, que fariam uma possível aquisição imobiliária para uso (62,8%), e um grupo de consumidores que fariam para investimento (37,2%). Os dois conjuntos somados, compõem o total do universo amostral. A divisão entre os dois grupos foi feita a partir da escolha do próprio respondente, uma vez que não houve diferença entre os questionários aplicados. A partir da escolha entre “possível aquisição imobiliária para uso” ou “consumidores que fariam para investimento” eram encaminhados para responder diferentes perguntas. 79,7% das pessoas que pretendem comprar imóveis para uso acreditam que um sistema fotovoltaico de geração de energia pode valorizar o imóvel, enquanto 93% dos investidores afirmaram que o imóvel valoriza. Tais dados revelam que há por parte dos respondentes, uma associação acentuada entre implementação de sistemas de geração de energia fotovoltaica em edificações e a disposição para pagar mais por desses imóveis [8].

FIGURA 8 – Disposição para pagar mais por imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Ao todo, 73,7% dos respondentes que fariam aquisição de imóvel para uso declararam que estariam dispostos a pagar algum valor a mais por imóveis desse tipo, sendo que a maior parte (30,3%) pagaria de 5 a 10% a mais do valor do imóvel. Com relação aos investidores, a quantidade de pessoas que pagaria algo a mais também obteve bastante expressividade, chegando a 74,8%. Semelhantemente, as opções mais escolhidas pelos investidores também foi a de pagar de 5 a 10% a mais do valor do imóvel (30,3%).

A disposição para pagar mais por imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica apresentou relação com algumas características específicas dos consumidores em potencial, como nível de conhecimento sobre a RN nº482 (ANEEL, 2012). Dos respondentes que afirmaram que pagariam acima de 10% até 15%, 40% tinham conhecimento de algum dos benefícios da resolução normativa. Ou seja, o aumento do conhecimento sobre a resolução que possibilita a geração de crédito de energia, pode interferir diretamente na valorização do sistema e consequentemente, no aumento da disposição dos consumidores em pagar mais por imóveis com geração de energia fotovoltaica.

Com relação ao público que pretende adquirir imóvel para uso, os principais motivos apontados para essa valorização foram: redução de custos de operação; consciência ecológica; independência energética; e, aumento do valor para venda. O número de respondentes que assinalou a opção "aumento do valor de venda" se destacou, uma vez que se trata de consumidores em potencial de edificações para uso próprio. Ou

seja, mesmo que a possibilidade de venda do imóvel não seja iminente, a possibilidade de aumento do valor de venda é um dos principais fatores considerados pelos consumidores em potencial [9].

FIGURA 9 – Motivos de valorização dos imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica - uso.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Com relação aos investidores, os principais motivos apontados foram: redução de custos de operação; consciência ecológica; aumento do valor de venda; e, independência energética [10]. Destaca-se o baixo número de respostas referentes às opções "aumento de visibilidade" e "aumento do valor do aluguel", o que apresenta um contraste em relação a revisão de literatura, que apresenta essas vantagens como um dos principais motivos de valorização de edificações sustentáveis (STEIN et al., 2014).

FIGURA 10 – Motivos de valorização dos imóveis que possuem geração distribuída de energia fotovoltaica - investimento.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Foi possível constatar que o conhecimento relacionado a microgeração de energia por parte dos entrevistados, apontado na pesquisa do Datafolha em 74%, foi consideravelmente menor em relação ao encontrado nessa pesquisa, em que 52,1 % dos entrevistados afirmou desconhecer a resolução normativa.

Embora a média de conhecimento dos entrevistados sobre a energia fotovoltaica seja baixa, os resultados indicam uma tendência que a população valorize imóveis que possuem geração de energia fotovoltaica, uma vez que a maior parte dos consumidores em potencial manifestaram disposição para pagar mais por tais imóveis. Os principais motivos considerados pelos consumidores em potencial foram a redução de custos, consciência ecológica, aumento do valor para venda e independência energética.

Simulação Termoenergética de uma edificação real

A média do consumo energético da edificação foi levantada a partir dos resultados da simulação do caso base [11]. Destaca-se a grande parcela do consumo de energia final da edificação relativo ao sistema de iluminação (64%), o que indica a relevância de uma proposta de MEE voltada para esse sistema. Ressalta-se também a pequena parcela do

consumo de energia para uso de chuveiro elétrico (3%), abaixo da quantidade mínima de 10%, sugerida no RTQ-C para proposição de sistema de aquecimento solar de água (INMETRO, 2013).

	Consumo médio mensal (kWh/mês)	Consumo por ano (kWh/ano)	Custo médio mensal (R\$/mês)	Custo por ano (R\$/ano)	Usos finais da energia (%)
Iluminação	1843	22112	1.518,00	18.221,00	64
Equipamentos	801	9614	660,00	7.922,00	28
Elevador	166	1994	137,00	1.643,00	6
Chuveiro	84	1004	69,00	827,00	3
TOTAL	2894	34724	2.384,00	28.613,00	100

FIGURA 10 – Consumo de energia do Edifício – Caso Base.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

A simulação e cálculo de horas ocupadas em conforto foram realizados conforme os parâmetros estabelecidos pela ASHRAE 55 (ASHRAE, 2013), considerando os critérios para 90% de aceitabilidade. O Equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente (EqNumV) apresentou pontuação regular, de aproximadamente 4,1, equivalente ao nível "B" da classificação do RTQ-C.

FIGURA 11 – Percentual de horas em conforto e desconforto dos ambientes de permanência prolongada – Caso Base.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Essa pontuação constitui-se da média ponderada do POC dos ambientes de permanência prolongada, pela área de cada um. O POC, juntamente com o percentual de desconforto por frio e por calor de cada ambiente, foi identificado com intuito de avaliar mais precisamente os fatores que influenciaram os padrões de conforto [11].

Ambientes de permanência prolongada	POC (%)	Percentual de desconforto por frio (%)	Percentual de desconforto por calor (%)
Sala multiuso 1	89,5	4,3	6,2
Sala multiuso 2	80,7	0	19,3
Sala multiuso 3	81,6	2,0	16,4
Sala multiuso 4	78,2	14,4	7,4
Sala multiuso 5	87,9	1,7	10,4
Sala multiuso 6	84,4	6,1	9,5
Recepção	68,1	25,2	6,7
Sala multiuso 7	79,5	15,1	5,4
Sala multiuso 8	81,3	12,4	6,4
Sala multiuso 9	61,3	36,6	2,1
Sala multiuso 10	69,8	23,1	7,1
Sala multiuso 11	82,3	10,7	7,0
Sala multiuso 12	69,4	26,7	3,9
Sala multiuso 13	57,3	38,8	3,9
Capela	69,2	29,8	1,0
Média ponderada total	76,3	15,9	7,9

LEGENDA: ■ Nível A ■ Nível B ■ Nível C ■ Nível D ■ Nível E ■ Frio | ■ Calor

Com exceção das salas multiusos 1, 2 e 3, que possuem elevado ganho de calor pelo número de usuários, uma vez que são utilizadas como salas de aula, as salas voltadas para a fachada sudoeste apresentam menores POC, devido principalmente à condição de desconforto por frio. A quantidade de ganho de calor por radiação solar não é suficiente para manter a temperatura operativa do ambiente dentro dos limites de conforto, sobretudo no inverno. A comparação entre os ganhos térmicos da sala multiuso 13, onde foi constatado o menor valor de POC, com a sala multiuso 08, mostra o baixo índice de ganho de calor por radiação nas salas da fachada sudoeste, indicados por ganhos pela janela e radiação no piso [12].

FIGURA 12 – Ganhos térmicos anuais das salas multiuso 13 e 18

A fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Com relação ao restante dos ambientes não condicionados, apenas a capela e as salas multiuso 4 e 7 não apresentaram nível "A" do EqNumV. No entanto, essas salas multiuso apresentaram elevado POC, de 78,2% e 79,5%, respectivamente. Elas apresentaram maiores perdas térmicas pela ventilação, devido à maior área de janelas operáveis, e assim, maior número de horas em desconforto por frio no período de inverno [13].

FIGURA 13 – Ganhos térmicos anuais das salas multiuso 4 e 5

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Portanto, os ambientes onde a classificação do EqNumV foi inferior ao nível "A" apresentaram maior parte das horas em desconforto devido ao frio. Baseado na análise de ganhos térmicos foi constatado que esses ambientes apresentaram menor ganho de calor proveniente da radiação solar ou por baixa ocupação, fazendo com que a temperatura operativa ficasse abaixo do intervalo de conforto no inverno. Também foi possível perceber que a ventilação natural foi o principal fator de perda de calor nesses ambientes.

Proposição de Medidas de Conforto Térmico

As Medidas de Conforto Térmico (MCT) foram determinadas a fim de elevar o ganho de calor através de radiação solar do edifício e evitar perdas por ventilação [14].

Medidas	Descrição	Justificativa
1	Alteração da pintura da fachada quanto aos locais onde foi proposto pintura em cor verde escuro ($\alpha=0,7$) e em branco ($\alpha=0,3$)	Maior parte dos ambientes, onde foi proposto a pintura de cor verde escuro, apresentam poucas horas de desconforto por frio, enquanto os ambientes onde foi proposto a pintura de cor branca, possuem maior porcentagem de horas em desconforto por frio
2	Proposta de pintura de toda parede externa com cor bege perola, com absorvância solar $\alpha=0,5^1$	Aumento da absorvância solar com intuito de promover maior ganho térmico através da radiação do edifício como um todo
3	Proposta de pintura de toda parede externa com cor verde escuro, com absorvância solar $\alpha=0,7$	Aumento da absorvância solar com intuito de promover maior ganho térmico através da radiação do edifício como um todo
4	Alteração do tipo de abertura das janelas pivotantes para maxin-ar das salas multiuso 4, 7, 9, 10, 12 e 13, recepção e capela	Redução da perda de calor através da ventilação natural dos ambientes que apresentaram elevada porcentagem de horas em desconforto por frio
5	Aumento de 24% do percentual de abertura das paredes voltadas para fachada Noroeste das salas multiuso 9 e 12	Aumento do ganho de calor por radiação solar nos ambientes onde há elevada porcentagem de horas em desconforto por frio
6	Proteção solar com instalação de dispositivos de sombra, com ângulo horizontal de 17° , nas janelas da fachada Nordeste	Redução do ganho de calor no período de maior incidência de radiação solar, durante o verão, nos ambientes voltados para a fachada nordeste

FIGURA 14 – Ganhos térmicos anuais das salas multiuso 4 e 5.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Inicialmente, a medida 2 apresentou maior aumento no índice de EqNumV, comparado ao caso base. Embora algumas medidas tenham reduzido o número de horas em desconforto por frio ou calor, as mudanças no desempenho ambiental da edificação, em sua maioria, não foram significativas ao ponto de alterar o valor final do EqNumV. Em seguida, foi realizada a simulação da associação entre cada medida proposta com a medida 2. A soma da medida 2 com a medida 4 proporcionou a combinação que apresentou taxa de EqNumV mais elevada [15] e que foi posteriormente associada as MEE.

CASOS		EqNumV	Pontuação Total	Desconforto por frio (%)	Desconforto por calor (%)	Medida adotada
BASE		4,10 - B	4,38 - B	15,9	7,9	
CASO BASE +	Medida 1	4,10 - B	4,38 - B	15,9	7,9	
	Medida 2	4,24 - B	4,43 - B	13,4	10,2	CASO 1
	Medida 3	3,89 - B	4,30 - B	15,2	10,2	
	Medida 4	4,10 - B	4,38 - B	17,3	6,1	
	Medida 5	4,10 - B	4,38 - B	15,7	8,2	
	Medida 6	4,01 - B	4,34 - B	17,7	6,8	
1 +	Medida 4	4,31 - B	4,45 - B	16,3 ¹	8,1	CASO 2
	Medida 5	4,01 - B	4,34 - B	16,2	8,9	
	Medida 6	4,19 - B	4,41 - B	13,5	10,5	
2 +	Medida 5	4,19 - B	4,41 - B	16,1	8,1	
	Medida 6	4,07 - B	4,37 - B	16,6	6,9	

1 Embora o valor de POC tenha reduzido, o valor de EqNumV aumentou devido ao método de cálculo do RTQ-C, no qual são considerados equivalentes numéricos ao invés de médias ponderadas, influenciando a análise de conforto, como já foi constatado por Nakamura et al. (2013).

FIGURA 15 – Análise das medidas passivas de desempenho.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Após essas medidas, foram propostas Medidas de Eficiência Energética (MEEs) [16].

	Descrição	Justificativa
MEE 1	Sistema de iluminação eficiente	Redução do consumo energético - No projeto elétrico original, a potência de projeto indica lâmpadas fluorescentes compactas ou T10, resultando em 11,1 W/m², equivalente ao nível B do EqNumDPI. Foram propostas lâmpadas mais eficientes, do tipo LED e fluorescente T8, reduzindo a carga até 8,2 W/m², referente ao nível A do EqNumDPI
MEE 2	Geração distribuída de energia fotovoltaica	O edifício apresenta condições favoráveis de geração desse tipo de energia, já que possui ampla área de cobertura com baixo nível sombreamento por parte das edificações vizinhas
MEE 3	Elevador com nível "A" de eficiência energética	Redução do consumo energético - O elevador especificado no projeto original corresponde ao nível "B" de eficiência energética conforme a norma alemã VDI 4707 (2009), considerada pelo RTQ-C. Foi proposto incorporação de um regenerador de energia, fazendo com que o elevador corresponda ao nível "A" de eficiência energética

FIGURA 16 – Análise das medidas passivas de desempenho.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

A simulação da geração de energia fotovoltaica foi realizada considerando um sistema de placas fotovoltaicas de silício policristalino, formado por 72 módulos de 280W, instalado na cobertura da edificação, com inclinação de 20° voltado para face Nordeste e área de 118,0m². Em [17 e 18], a geração de energia anual é identificada, bem como o consumo direto do sistema fotovoltaico através da concessionária de energia.

Tipo	kWh	Descrição
Consumo anual bruto pela rede (crédito + faturado)	20219	58% do consumo total
Consumo anual líquido pela rede (faturado)	8026	40% do consumo bruto pela rede
Energia fornecida para a rede (crédito)	12194	60% do consumo bruto pela rede e 46% da energia fotovoltaica
Consumo anual direto da energia fotovoltaica	14505	76% da energia fotovoltaica
Geração fotovoltaica anual	26699	77% do consumo total

FIGURA 17 – Geração fotovoltaica e consumo de energia elétrica do edifício.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

FIGURA 18 – Geração fotovoltaica e consumo de energia elétrica do edifício, relacionado à Figura 17.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Foi simulado um caso no qual a edificação possui condicionamento artificial nos ambientes de permanência prolongada. Essa possibilidade foi considerada com intuito de fornecer dados comparativos para a decisão sobre a implementação das MCT e MEE propostas. Foram considerados modelos de ar-condicionado do tipo split convencional, quente/frio, entre 9.000 e 24.000 BTUs, conforme a área e carga térmica de cada ambiente.

Proposição de Medidas de Conforto Térmico

A análise de viabilidade foi realizada estimando o início das atividades a partir do ano de 2018 [19].

	EqNumV	DPI	Pontuação Total	Diferença de Custo inicial de investimento (R\$)	Payback no tempo (anos)	Taxa Interna de Retorno, TIR (%)	Custo da Energia Conservada no tempo (CEC)	Conta de energia mensal da edificação (R\$)
Caso-base	4,10 - B	4	4,38 - B	-	-	-	-	2.384,00
MCT	4,31 - B	4	4,45 - B	46,00	-	-	-	2.384,00
Caso-base com	-	-	-	24.840,00	-	-	-	3.553,00
MCT + MEE 1 (iluminação)	4,31 - B	5	4,75 - A	2.801,00	1	102,4	0,103	2.131,00
MCT + MEE 2 (geração fotovoltaica)	4,31 - B	4	5,45 - A	123.046,00	6	12,3	0,173	551,00

MCT + MEE 3 (elevador eficiente)	4,31 - B	4	4,81 - A	122.046,00		-	3,947	2.316,00
MCT + MEE 1 (iluminação) +	-	5	-	27.641,00	1	102,4	0,103	3.550,00
MCT + MEE 2 (geração fotovoltaica) +	-	4	-	150.886,00	6	12,3	0,173	1.970,00
MCT + MEE 1 + MEE 2	4,31 - B	5	5,75 - A	125.801,00	5	14,6	0,166	277,00
MCT + MEE 1 + MEE 2 +	-	5	-	153.641,00	5	14,6	0,166	1.696,00

FIGURA 19 – Geração fotovoltaica e consumo de energia elétrica do edifício, relacionado à Figura 17

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Todas MEEs propostas, associadas às MTC, fizeram com que a edificação alcance nível "A" de eficiência energética. A MEE 1 se destacou como medida que apresentou melhores condições de viabilidade econômica, uma vez que possui menor payback e maior taxa interna de retorno (TIR).

Embora o caso simulado com condicionamento artificial possuía equipamentos de refrigeração e climatização com nível "A" de eficiência energética, ele não foi considerado MEE, e sim um caso base alternativo. Assim, não foi calculada a Pontuação Final do RTQ-C.

Proposição de Medidas de Conforto Térmico

Após a apresentação [19] aos proprietários, estes demonstraram interesse na adoção da primeira MCT proposta, relativa à pintura da fachada com a cor bege pérola. No entanto, apresentaram resistência quanto a MCT 4, de alteração do tipo de abertura das janelas. Os principais motivos para essa resistência ocorreram devido à redução da média total de horas em conforto e à sensação térmica de que a temperatura na cidade está mais elevada a cada verão, apesar de os resultados da simulação indicarem que a maior parte dos horários em desconforto foram provocados pelo frio.

Quanto às MEE, os proprietários confirmaram o interesse pela adoção dos conjuntos das medidas que contemplavam a geração de energia fotovoltaica, com destaque da combinação da MEE 1 e 2 (iluminação eficiente e instalação fotovoltaica), sem condicionamento artificial do edifício. O payback e a conta mensal de energia foram os indicadores que tiveram mais destaque na reflexão dos proprietários com relação à análise de viabilidade das MEEs. A redução da conta mensal de energia proporcionado pela MEE 1 e 2 para R\$277,00 foi um fator de grande atratividade, já que há grande preocupação com relação aos custos de operação da edificação. É importante destacar que o payback de cinco anos foi considerado bastante positivo pela comissão, uma vez que o custo da energia conservada está mais baixo que o valor da tarifa média consumida, o que gera benefícios durante grande parte do ciclo de vida da edificação.

Os proprietários fizeram questionamentos sobre as implicações com relação à obtenção da etiqueta de eficiência energética. Apesar da edificação estudada não se enquadrar nos casos de construções que teriam benefícios econômicos diretos através de incentivos fiscais, os membros da comissão reafirmaram a vontade de adotar as MEEs e atingir o nível "A" de eficiência energética. Além dos aspectos econômicos, pode-se perceber que essa intenção também acontece em virtude do princípio ideológico dos proprietários com relação a redução do impacto ambiental do edifício.

Considerações Finais

Nesse trabalho foi avaliada a valorização de edificações que possuem sistemas de geração de energia fotovoltaica sob a perspectiva de investidores em potencial e avaliado também a valorização de edificações com sistemas de geração de energia fotovoltaica, de MEE e MCT em uma edificação real.

Foi possível observar que grande parte dos investidores em potencial reconhece as vantagens da adoção de sistemas de geração de energia fotovoltaico. Entretanto, quanto maior o conhecimento sobre esses sistemas, maior a disposição em pagar mais por imóveis com esse tipo de tecnologia. Logo, acredita-se que, entre outras medidas, a difusão de informações sobre a geração de energia fotovoltaica seja fundamental para consolidação da adoção desse sistema no País.

A análise termoenergética a partir do estudo de caso evidenciou como as características específicas de cada edificação influenciam na viabilidade de MEEs. Aspectos como formato da edificação e o padrão de consumo de energia foram fatores determinantes na viabilidade econômica das MEEs propostas.

Embora o aumento do conforto térmico e da eficiência energética tenha sido considerado satisfatório, observou-se que a adoção das propostas de MCT não resultou em um EqNumV nível "A", o que ressalta a importância de uma análise de desempenho térmico na fase de concepção do projeto arquitetônico.

As respostas obtidas a partir dos questionários apresentaram alta relação com o estudo de caso, visto que os entrevistados, assim como que os proprietários, também expressaram a importância dada às características de redução do impacto ambiental do edifício, fator que aumenta seu valor subjetivo. Foi identificada uma disposição do mercado para pagar de 5 a 10% a mais no valor da edificação. A média desta disposição se aproxima da Taxa Interna de Retorno (TIR) de 12,3% encontrado no estudo de caso, cujo payback foi de 6 anos. Outras medidas de eficiência energética podem ainda elevar a TIR para até 102%, o que ocorreu com o sistema de iluminação artificial.

É importante destacar que a maior abrangência de respondentes do questionário foi para o estado de Minas Gerais, visto que mais de 60% dos entrevistados é residente no estado. Outra limitação foi o número de estudos de caso investigado, limitado principalmente pela dificuldade de contato com os proprietários para a tomada das decisões propostas. Logo é necessário a aplicação de mais questionários para verificar se as tendências apontadas nesse estudo são válidas para todo o Brasil, assim como a análise se mais estudos de caso, em diferentes estados.

Agradecimentos

Esse trabalho foi financiado pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig-D) e pelo Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico - P&D regulado pela ANEEL, no âmbito do projeto "D0638 - Análise da Viabilidade da Energia Fotovoltaica no Brasil em Face do Marco Regulatório da Geração Distribuída no Setor Elétrico Brasileiro - Aneel RN 482/12", coordenado pela Universidade Federal de Viçosa em parceria com a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

Referências

- ABRAHÃO, K. C. F. J. **Avaliação dos pesos regionais do RTQ-R a partir da Análise da Estrutura do Consumo Residencial de Energia Elétrica por Região Geográfica**. 2015. 242 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em maio de 2017
- _____. **Resolução Normativa nº 687**, de 24 de novembro de 2015. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> Acesso em janeiro de 2017.
- _____. **Unidades consumidoras com geração distribuída**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd.asp>>, Acesso em março de 2017.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta: ASHRAE, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220-3. Desempenho térmico de edificações - parte 3: Zoneamento bioclimáticos brasileiros e diretrizes construtivas para habitação unifamiliar de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.
- BIGERNA, S.; POLINORI, P. Italian households' willingness to pay for green electricity. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 34, p. 110-121, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.002>
- CAJIAS, M.; PIAZOLO, D. Green Performs Better: Energy Efficiency and Financial Return on Buildings. **Journal of Corporate Real Estate**, v. 15, p. 53-72, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1108/JCRE-12-2012-0031>
- CARLO, J.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. **Ambiente Construído**. v. 10, p. 7-26, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000200001>
- COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO - CESP. **Considerações Sobre a Taxa de Desconto nos Modelos de Planejamento do Setor Elétrico**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/CESP%20CP%20006_2014.pdf>. Acesso em novembro de 2016.
- DASTRUP, S.; ZIVIN, J. S. G.; COSTA, D. L.; KAHN, M. E. Understanding the solar Home Price Premium: Electricity Generation and Green Social Status. **Nber Working Paper Serie**, v. 17200, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2012.02.006>
- DATAFOLHA. **Mudanças Climáticas: O que pensa o brasileiro**. 2015. Disponível em: <<https://secured-static.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/image/2015/Maio/datafolha%20clima.pdf>>, Acesso em setembro de 2016.
- FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS - FEBRABAN. **Levantamento sobre Construção Sustentável 2010**. Disponível em: <<https://cmsportal.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/17%C2%BA%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Sustent%C3%A1vel.pdf>> Acesso em setembro de 2016.
- FUERST, F.; MC ALLISTER, P.; NANDA, A.; WYATT, P. Does energy efficiency matter to home-buyers? An investigation of EPC ratings and transaction prices in England. **Energy Economics**, v.48, p. 145-156, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.12.012>
- GUO, X.; LIU, H.; MAO, X.; JIN, J.; CHEN, D.; CHENG, S. Willingness to pay for renewable

electricity: A contingent valuation study in Beijing, China. **Energy Policy**, v. 68, p. 340-347, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.032>

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ-C**. Eletrobrás, Inmetro, 2013. 93p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva: ISO, 2005.

NAKAMURA, N.; MACIEL, L.; CARLO, J. Impactos de medidas de conservação de energia propostas no PBE Edifica para o nível de eficiência energética de envoltórias de um edifício naturalmente condicionado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 105-19, out./dez. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212013000400008>

SILVA, V. Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEED no Brasil com base em dois estudos de caso. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 3, p. 81-97, jul./set. 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212010000300006>

STEIN, M.; BRAUN, W.; VILLÀ, S.; BINDING, V. Monte Carlo Cash Flows and Sustainability: How to Decide on Going Green. **The Journal of Sustainable Real State**, v. 6, n. 1, 2014.

YAMAMOTO, Y. Opinion leadership and willingness to pay for residential photovoltaic systems. **Energy Policy**, v. 83, p. 185-192, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.04.014>

RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: "O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação".

O CADERNOS PROARQ (ISSN 2675-0392) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma **online** a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

Submetido em 10/01/2020

Aprovado em 01/05/2020