

IMPACTO DO NÍVEL DE CERTIFICAÇÃO LEED NO VALOR DE LOCAÇÃO DE ESCRITÓRIOS EM EDIFÍCIOS CORPORATIVOS

Impact of the LEED certification level on the value rent in offices buildings

Elcio Lyndon da Silva Júnior

<http://orcid.org/0000-0002-3486-9228> 

Universidade de Pernambuco (UPE), Recife, Brasil.

elcio.silvajr@outlook.com.br

Lutemberg de Araújo Florencio

<http://orcid.org/0009-0006-3478-8272> 

Banco do Nordeste do Brasil (BNB), Recife, Brasil.

lutembergflorencio@yahoo.com.br

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani

<http://orcid.org/0000-0002-4016-5198> 

Universidade de Pernambuco (UPE), Recife, Brasil.

emilia.rabbani@upe.br

RESUMO

Este artigo visa analisar se a pontuação atingida no processo de certificação Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) constitui uma característica relevante para a formação dos preços praticados no mercado de locação de edifícios corporativos certificados da cidade de São Paulo, Brasil. O Método Comparativo Direto de Dados de Mercado, com tratamento científico dos dados, foi utilizado com base em uma amostra de 59 edifícios certificados da cidade. O modelo inferido aponta para variações de valor na ordem de +0,225%, para cada ponto adicional obtido. Os resultados indicam que a pontuação LEED pode ser considerada estatisticamente relevante para explicar a variação dos preços no mercado analisado, sendo o estudo importante para subsidiar a tomada de decisão de empreendedores e investidores do setor de real estate.

Palavras-Chave: Sustentabilidade no mercado imobiliário; Edifícios de escritórios para locação; Engenharia de avaliações.

ABSTRACT

This article aims to analyze whether the score achieved in the Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) certification process constitutes a relevant characteristic for the prices that are practiced in the rental market of certified corporate buildings in the city of São Paulo, Brazil. With the use of scientific treatment of the data, the Direct Comparative Method of Market Data utilized was based on a sample of 59 certified buildings in the city. The inferred model points to value variations in the order of +0.225%, for each additional point obtained. The results indicate that the LEED score can be considered statistically relevant to explain the variation of prices in the analyzed market, and the study is important to support the decision-making of entrepreneurs and investors in the real estate sector.

Keywords: Sustainability in the real estate, Office buildings for rent, Engineering appraisal.

Preenchimento dos Editores

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Submetido em 27/04/2024

Publicado em 02/06/2024

Comitê Científico Interinstitucional

Editor-Responsável: Carlos Augusto Zilli

Avaliado pelo Sistema Double Blind Review

(SEER/OJS – Versão 3)



1. INTRODUÇÃO

É de saber comum que as atividades humanas afetam significativamente as características sociais e ambientais do planeta. Para Duplessis (2002), uma construção é considerada sustentável quando as premissas do desenvolvimento sustentável permeiam todo o ciclo de vida da construção, desde a extração e beneficiamento das matérias-primas, passando pelo planejamento, projeto e construção de edifícios e infraestruturas, até o fim de sua vida útil, onde ocorre a desconstrução com a devida gestão dos resíduos de demolição. No entanto, a autora reforça que o conceito de construção sustentável pode ser analisado por diversas perspectivas e, portanto, não há um consenso para a questão, sendo objeto de debate internacional mais amplo.

Assim, evidencia-se que a sustentabilidade das construções pode ser entendida através de uma abordagem mais profunda, levando em consideração uma série de fatores relacionados não apenas aos impactos diretos e/ou indiretos da construção no meio ao qual está inserida, mas também às consequências de um conjunto de ações em questões globais como pobreza, saúde, fome, degradação ambiental etc.

Para Jasimin e Ali (2014), a solução da sustentabilidade na construção de edifícios verdes contempla a consideração de fatores ambientais, sociais e econômicos ao longo de seu ciclo de vida. Tal percepção está fundamentada no conceito de *Triple Bottom Line* (Tripé da Sustentabilidade), introduzido por Elkington (1994), em um artigo que relata as primeiras percepções sobre o “consumismo verde” e movimentações empresariais em busca da integração com o aspecto ambiental, social e econômico.

A demanda por produtos verdes tem crescido desde então, inclusive na indústria da construção civil. Países com mercado imobiliário mais maduro, como EUA, Reino Unido, Austrália, Europa, Japão e Coréia, vêm avançando nas construções sustentáveis desde a década de 90.

Economias também consideradas grandes como China, Índia e outras emergentes como Vietnã e Oriente Médio também estão tomando iniciativas para incorporar soluções verdes nos empreendimentos (ISMAIL; MAJID, 2014).

As certificações de sustentabilidade são mecanismos que contribuem satisfatoriamente com a avaliação da sustentabilidade alcançada pelos empreendimentos.

De acordo com o Comitê Avaliação de Sustentabilidade (2009, p.3), os sistemas de certificação e avaliação de sustentabilidade “não são os únicos instrumentos para a identificação dos caminhos para a promoção da sustentabilidade no ambiente construído”.

No entanto, levando em consideração as rigorosas exigências prescritivas que os empreendimentos são submetidos no processo de obtenção das principais certificações existentes, espera-se uma elevada correlação entre a sustentabilidade real alcançada (em seu conceito mais amplo e teórico) e a sustentabilidade efetivamente registrada pela instituição certificadora.

Diversos estudos apontam para impactos positivos das certificações no valor de imóveis em todo mundo, o que sugere a hipótese de que o mercado imobiliário, de maneira geral, considera como relevante obtenção de certificações de sustentabilidade para a formação dos preços, como estudado por Wiley, Benefield e Johnson (2010), Eichholtz, Kok e Quigley (2010), Reichardt *et al.* (2012), Fuerst e Mcallister (2011), Costa *et al.* (2018), Robinson e McCallister (2020), dentre outros pesquisadores.

A certificação LEED é a de maior representatividade a nível nacional (COSTA *et al.*, 2018), com a primeira certificação no Brasil emitida no ano de 2007 (HONDA, 2016) e, atualmente, com 816 empreendimentos certificados, em diversos setores da economia, sendo 477 (58%) localizados no Estado de São Paulo conforme dados disponibilizados pela GBC Brasil (2022a).

Seu processo de certificação passa por uma avaliação rigorosa de critérios específicos. Ao final, o empreendimento recebe uma pontuação que, nos critérios atuais, varia de 40 a 110 pontos, podendo ser classificado em uma das quatro categorias (*Certified, Silver, Gold e Platinum*).

Os critérios de avaliação vão se tornando tão mais exigentes quanto maior foi a pontuação requerida, de modo que, conforme presumido por Fuerst e Macallister (2011), custos adicionais crescem à medida que o nível de certificação aumenta.

Portanto, entender como a variação na pontuação obtida no processo de certificação impacta os preços dos imóveis no mercado imobiliário é fundamentalmente importante para subsidiar a tomada de decisão de empreendedores e investidores do setor de *real estate*.

Nesse contexto, este artigo objetiva analisar se a pontuação atingida no processo de certificação LEED constitui uma característica relevante que impacta na formação dos preços praticados no mercado de locação de edifícios corporativos certificados da cidade de São Paulo/ SP, Brasil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. CERTIFICAÇÃO LEED

O certificado LEED possui significativa relevância dentre as certificações existentes no mundo. A criação do LEED deu-se início durante a crescente demanda por criar edifícios mais eficientes que se evidenciou na década de 90. Nesse contexto, houve a fundação da *United States Green Building Council* (USGBC), que veio a desenvolver a primeira versão do LEED (v1.0) em 1998.

Desde então a referida certificação vem crescendo e amadurecendo em seus critérios, ampliando sua abrangência para outras regiões e setores do mercado. Ao longo do tempo versões foram sendo lançadas, com o propósito de elevar o nível dos edifícios verdes, de modo que atualmente a certificação encontra-se na sua versão “v4.1”, que considera as lições aprendidas com as versões anteriores e integram melhorias que visam tornar o LEED um sistema mais inclusivo e com critérios que permitem examinar mais profundamente os edifícios existentes, projetos residenciais e cidades para desenvolver soluções que atendem a mercados exclusivos (USGBC, 2022).

No Brasil, a certificação é implementada pela *Green Building Council Brasil* (GBC Brasil), que possui como missão a transformação sustentável da indústria da construção civil, garantindo o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, impactos socioambientais e uso de recursos naturais (GBC Brasil, 2022b).

De acordo com GBC Brasil (2022b), o processo de certificação LEED passa pelas etapas de escolha da tipologia da certificação, do registro do projeto e posterior auditoria documental do projeto e da obra a ser realizada. Existem 4 tipologias possíveis, cada tipologia é analisada em 8 áreas, conforme apresentado na figura 1.

Na medida em que o empreendimento aplica os critérios estabelecidos pelo sistema LEED, os pontos são contabilizados e, ao final, o empreendimento é classificado em *Certified*, *Silver*, *Gold* ou *Platinum*, conforme a figura 2.



Figura 1 - Tipologias das certificações LEED (adaptado de GBC Brasil, 2022b).



Figura 2 - Níveis de certificação LEED (adaptado de GBC Brasil, 2022b).

2.2. PRINCÍPIOS PARA ANÁLISE DE VALOR

Engenharia de Avaliações é amplamente utilizada em diversos mercados, com a premissa de aplicar técnicas confiáveis para suportar a tomada de decisões em operações que envolvam movimentação de capital como aportes financeiros, financiamentos e empréstimos bancários.

Para Dantas (2012), a Engenharia de Avaliações é uma especialidade que reúne conhecimentos na área de engenharia, arquitetura e outras áreas das ciências sociais, exatas e da natureza, com o objetivo de determinar (tecnicamente) o valor de um bem, de seus direitos, frutos e custos, sejam eles imóveis, móveis, máquinas, equipamentos, marcas, patentes, softwares etc.

Portanto, a avaliação de bens é tratada como um processo multidisciplinar de estimativa de valor, sendo sua prática regulamentada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), no âmbito da NBR 14653 – composta por 7 partes. Este conjunto de normas prevê 4 métodos para estimar o valor de um bem, a saber: (i) Método Comparativo Direto de Dados de Mercado (MCDDM); (ii) Método involutivo; (iii) Método evolutivo; e (iv) Método da capitalização da renda.

A análise de valor pela comparação de dados de mercado, tende a resultar em estimativas de valor de mercado mais precisas, em razão da sua própria natureza metodológica de percepção mais intuitiva (observação e comparação direta de eventos reais ocorridos no mercado em análise). Portanto, em um mercado com disponibilidade de dados suficientes para construção de amostras representativas, tanto em termos qualitativos como quantitativos, é preferível a utilização do MCDDM, inclusive, esta é uma orientação constante na NBR 14653-1 (ABNT, 2019).

O MCDDM, via tratamento científico dos dados, tem suporte no método científico para inferir modelos matemáticos que representam – ainda que de maneira simplificada – o comportamento do mercado. Assim, para Dantas (2012), a introdução da metodologia científica no trabalho avaliatório objetiva orientar o avaliador, a realizar a escolha, a coleta, a análise e o tratamento das informações necessárias para construção de modelos que expliquem, de maneira satisfatória, a variabilidade observada nos preços, no mercado que se estuda. Nesse contexto, o trabalho de avaliações segue as etapas do método científico, que, de acordo com Florencio (2010), contempla as seguintes etapas: (i) Observação do fenômeno, (ii) Planejamento da pesquisa, (iii) Processamento e edição das informações, (iv) Processamento e análise dos dados, (v) Verificação do ajuste da técnica de análise escolhida e (vi) Redação do relatório de pesquisa.

Para Damodaran (2012), a chave para investir com sucesso em ativos, sejam eles financeiros ou reais, não está apenas na compreensão do seu valor, mas nas suas fontes de valor. Nesse contexto, entender como o valor de um bem se relaciona com suas características (intrínsecas e/ou extrínsecas) é fundamental para a tomada de decisão no mercado imobiliário.

A abordagem dos preços hedônicos, proposta por Lancaster (1966) e Rosen (1974), com base em regressão linear múltipla, tem se mostrado eficiente para suportar construção de modelos matemáticos no MCDDM. De acordo com Rosen (1974), a dependência entre o preço do bem e suas características pode ser expressa por (1):

$$p(z) = p(z_1, \dots, z_n) \quad (1)$$

onde: $p(z)$ equivale ao preço em função das n características z .

Os modelos obtidos são, na verdade, uma representação simplificada do mercado, uma vez que considera apenas um conjunto de informações conhecidas (amostra), ou seja, não leva em consideração todas as informações da população, o que demanda cuidados científicos na sua construção, para fornecer respostas confiáveis e válidas (DANTAS, 2012).

Assim, Dantas (2012) esclarece que quando se pretende explicar o comportamento do mercado, com base em uma amostra de “ m ” elementos e “ k ” características consideradas influenciadoras, utiliza-se o modelo de regressão linear geral, que consiste em uma função linear, conforme apresentado em (2),

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{ij} + \beta_2 X_{ij} + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i \quad (2)$$

sendo $i = 1, 2, \dots, m$ e $j = 1, 2, \dots, k$.

Onde Y_i é a variável dependente, construída com base nos preços observados no mercado; X_{ij}, \dots, X_{ik} são as variáveis independentes utilizadas; β_0, \dots, β_k são os parâmetros da população a serem estimados com base no método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO); $\varepsilon_i, \dots, \varepsilon_n$ são os erros aleatórios do modelo, atribuídos a questões como a variação do comportamento humano e a não consideração de variáveis independentes pouco importantes, por exemplo.

O processo de modelagem ainda contempla uma etapa de validação do modelo, de forma que após inferida a equação de regressão, deve-se verificar se esta equação apresenta coerência com comportamento do mercado. Desse modo, de forma objetiva, a validação deve passar pelo menos pelos seguintes pontos:

- ✓ Análise do coeficiente de determinação do modelo, da distribuição dos resíduos, dos testes de hipóteses que verificam a significância individuais dos parâmetros e a significância geral do modelo;
- ✓ Verificação de pontos que destoam da massa de dados, outliers e/ou influenciantes;
- ✓ Verificação dos pressupostos básicos do modelo de regressão, a saber: distribuição normal dos resíduos (normalidade), resíduos com variância constante (homoscedasticidade), ausência de autocorrelação dos resíduos, ausência de forte dependência linear entre duas ou mais variáveis independentes (colinearidade ou multicolinearidade);
- ✓ Verificação da adequação teórica e lógica do modelo, através de análise de sensibilidade do modelo, projeção de valores e análise da coerência dos sinais das variáveis independentes utilizadas.

3. METODOLOGIA

A análise de mercado realizada nesta pesquisa foi suportada por procedimentos avaliatórios, a partir da estimação de equações de preços hedônicos, cujos fundamentos vem da aplicação do método científico. Utilizou-se o Método Comparativo Direto de Dados de Mercado (MCDDM), com técnicas de inferência estatística para o tratamento científico dos dados, sendo estes obtidos para a formação de uma amostra representativa do segmento de mercado que se pretende estudar. Portanto, trata-se de uma pesquisa aplicada, explicativa, com abordagem matemática através de modelagem estatística.

Com o objetivo de orientar as análises dos dados estudados neste trabalho, foram definidas as seguintes hipóteses:

• Hipótese de nulidade:

H_0 – o nível de certificação alcançado não tem efeito sobre o preço de aluguel;

• Hipótese de pesquisa:

H_1 – o nível de certificação alcançado tem efeito sobre o preço de aluguel.

A pergunta que se busca responder é se o nível alcançado no processo de certificação (*Certified*, *Silver*, *Gold* ou *Platinum*, correlacionados com a pontuação atingida) tem efeito significativo sobre o valor de aluguel do bem imóvel (situação na qual ocorreria a rejeição de H_0 , em favor da hipótese alternativa H_1). A hipótese foi testada através de uma variável denominada Nível de Certificação (cuja apresentação será feita na sequência), através do teste “t-*student*”. Além do teste “t”, a significância do modelo também foi testada, utilizando-se o “teste F de Snedecor”, cuja hipótese nula definida é: o conjunto de variáveis explicativas não é importante para explicar a variabilidade observada dos preços.

A amostra na qual se fundamenta a modelagem foi obtida com base em dados de edifícios com certificação LEED do mercado imobiliário de Edifícios de Escritórios para Locação (EEL) da cidade de São Paulo/SP, em razão da maior maturidade deste mercado a nível nacional. No tocante aos aspectos geográficos da cidade, registra-se que São Paulo é subdividido em 22 (vinte e duas) regiões, a saber: Paulista, Vila Olímpia, Berrini, Santo Amaro/Campo Belo, Saúde/Jabaquara, Chácara Santo Antônio, Pinheiros, Nova Faria Lima, Chucrí Zaidan, Alto de Pinheiros/Perdizes, Moema/Vila Mariana, Panamby Morumbi, Faria Lima, Tatuapé/Carrão, Interlagos; Belém/Mooça, Centro, Leopoldina/Barra Funda, Ipiranga/Sacomã, Zona Norte, Butantã/Jaguaré e Itaquera/São Mateus. Tais regiões possuem delimitações reconhecidas pelo mercado imobiliário local, conforme apresentado na figura 3.

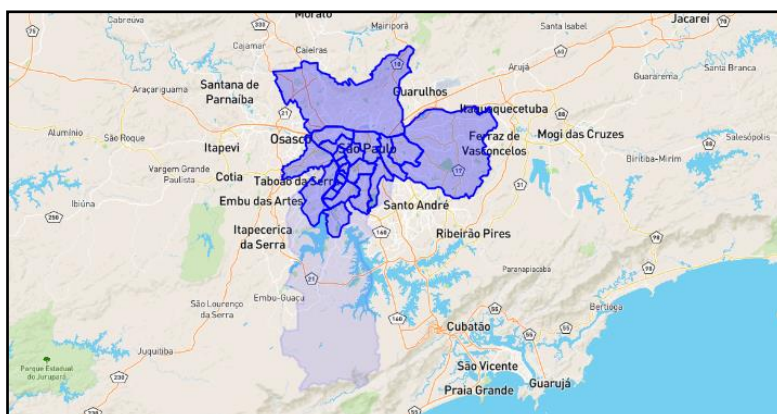


Figura 3 - Delimitação das regiões de conhecimento do mercado imobiliário de São Paulo (adaptado de Buildings, 2022).

A construção dos modelos de preços hedônicos se deu com base em um conjunto de dados obtidos juntos à empresa *Buildings* – especializada em pesquisa imobiliária e detentora da plataforma *CRE Tool*, sistema de *big data* do mercado de *Real Estate* (BUILDINGS, 2021) com significativa relevância a nível nacional.

Após uma pré-seleção dos dados obtidos na referida plataforma, cujos critérios estão apresentados na sequência, e posterior tratamento e caracterização da amostra com técnicas da estatística descritiva, foi feito um cruzamento com a relação de empreendimentos com certificação LEED publicada e atualizada regularmente pela GBC Brasil. O referido procedimento teve o intuito de confrontar as informações relativas à certificação, fornecidas pela *Buildings*, com as efetivamente registradas pela GBC Brasil, tais como: data da certificação, nível e pontuação atingida.

Os dados usados foram extraídos da plataforma em abril de 2022. No período em que se realizaram as pesquisas, a plataforma *CRE Tool* registrava informações detalhadas de 2.882 edifícios de escritórios na cidade de São Paulo/SP, dos quais 153 eram edifícios com certificação LEED. Para o testar a hipótese investigada na pesquisa, optou-se por considerar uma subamostra com apenas edifícios certificados, contendo elementos, tanto quanto possível, semelhantes entre si.

Portanto, com base em todo conjunto de informações sumarizadas pela plataforma, considerou-se os seguintes critérios de seleção: edifícios efetivamente certificados (LEED); de perfil *corporate*; de classes de padrão AAA, AA, A, BB e B; com Área Locável disponível; com informações completas de preço pedido de locação e IPTU; e contidos nas regiões: Paulista, Vila Olímpia, Berrini, Chácara Santo Antônio, Pinheiros, Nova Faria Lima, Chucui Zaidan, Alto de Pinheiros/Perdizes, Moema/Vila Mariana, Faria Lima e Leopoldina/Barra Funda.

Os critérios foram definidos com o objetivo de construir uma subamostra equilibrada e com edifícios com características semelhantes, de modo que uso de regressão linear clássica seja eficiente para alcançar o objetivo do estudo. Para fins de contextualização, este recorte amostral resultou em uma subamostra de 59 edifícios, o que representa 1.291.777,50 m² de área locável total, sendo 337.073,14 m² de área vaga (vacância em torno de 26,09%).

Apesar das semelhanças entre esses edifícios, inevitavelmente alguns atributos destoam entre eles, se fazendo necessário controlar como que tais diferenças interferem na variabilidade dos preços. Para isso, o presente estudo considerou as variáveis apresentadas no quadro 1 como eletivas para serem testadas na composição do modelo de regressão. A tabela 1, por sua vez, apresenta um resumo das principais características da amostra.

Com o objetivo de obter percepções iniciais sobre o conjunto de dados utilizado, avançou-se com a análise exploratória dos dados, onde foram analisadas questões como equilíbrio amostral, tendência e dispersão dos pontos em função da variável dependente, identificação de possíveis pontos atípicos etc.

O processo de modelagem e a validação dos modelos foram realizados no software comercial “Sisdea”, com auxílio do “MS Excel” (editor de planilhas da Microsoft) e do “R” (*software* livre para análise de dados), sendo suportada pela abordagem dos preços hedônicos, proposta por Lancaster (1966) e Rosen (1974), com base em regressão linear múltipla, cujos parâmetros da população foram estimados com base no método dos MQO.

Quadro 1 - Variáveis estudadas na pesquisa.

Variável	Descrição
Preço total médio pedido (PT) ¹	Variável dependente, quantitativa, contínua, que representa o valor médio de locação (total). O preço unitário médio, fornecido pela <i>Buildings</i> , registra para cada edifício a média dos preços pedidos, por m ² , pelos proprietários de cada conjunto disponível para locação. O Preço Total (PT), por sua vez, foi construído pelos autores através do produto entre preço unitário médio e a área média dos conjuntos do edifício.
Conjuntos (CJ)	Variável independente, quantitativa, discreta, que computa a quantidade de conjuntos existentes no edifício. Entende-se por “conjunto” a quantidade das partes locáveis da laje do edifício, conforme os critérios de comercialização definidos pelo proprietário.
Área média do conjunto (AC)	Variável independente, quantitativa, contínua, construída com base na média das áreas de todos os conjuntos existentes no edifício.
Área locável total (AT)	Variável independente, quantitativa, contínua, que representa a área bruta locável do edifício, indica a soma das áreas dos conjuntos que existem para locação, sendo elas disponíveis ou não.
Classe (CL)	Variável independente, qualitativa, discreta, construída com base na informação da classe do edifício (fornecida e metrificada pela <i>Buildings</i>). Utilizada para capturar o efeito do padrão do empreendimento, conforme os extratos e substratos de classes usualmente utilizadas no mercado imobiliário de edifícios

¹ Consigna-se que as variáveis PT e AC consideram informações médias, de preços e áreas dos conjuntos, respectivamente. As referidas informações foram consideradas no estudo desta forma por serem as efetivamente disponíveis no banco de dados.

	corporativos, seguindo o sistema próprio da <i>Buildings</i> . A variável foi definida com o critério: “B” (cod. 1); “BB” (cod. 2); “A” (cod. 3); “AA” (cod. 4) e “AAA” (cod. 5).
Idade (I)	Variável independente, quantitativa, discreta, que representa a idade do edifício. Medida a partir do ano de construção ou do ano de uma grande reforma, revitalização ou modernização (<i>retrofit</i>), fornecida <i>Buildings</i> .
Vacância (V)	Variável independente, quantitativa, discreta, que representa a taxa de desocupação (percentual vago) do edifício. É fornecida pela fornecida pela <i>Buildings</i> , cujo valor é obtido pela razão entre a área vaga para locação e a área bruta locável do edifício.
Nível da Certificação (NC)	Variável independente, quantitativa, discreta, utilizada para capturar o efeito do nível de certificação alcançado pelo edifício. Construída com base no registro da pontuação atingida no processo de certificação do edifício, conforme as informações publicadas pela GBC Brasil.
Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU)	Variável independente, do tipo proxy, contínua, que representa o valor mensal pago de IPTU por metro quadrado do conjunto disponível para locação, utilizada para contribuir na explicação do efeito da localização do imóvel. O IPTU é calculado pela prefeitura da cidade, mas a quantia paga nos edifícios constituintes da amostra foi fornecida pela <i>Buildings</i> .
Região (R)	Consiste em um conjunto de 4 (quatro) variáveis que agrupam as 11 (onze) Regiões de interesse desse estudo. Trata-se de uma dicotomia em grupo, de modo que cada região é resolvida com combinações de “0” e “1”.

Tabela 1 - Estatística descritiva para as principais variáveis estudadas.

Variável	Observ.	Repres. (%)	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Desv. Padrão	Coef. Variação	Corr. com PT	Corr. com PU
Variáveis quantitativas:										
PT médio (R\$/m²/mês)	59	-	334946,22	9371,23	89704,04	70562,32	64584,84	0,72	-	-
PU médio (R\$/mês)	59	-	220,00	39,22	112,23	105,14	36,42	0,32	-	-
Conjuntos (und)	59	-	201,00	10,00	34,12	28,00	28,77	0,84	-0,30	-0,14
Área média do conj. (m²)	59	-	2294,57	161,90	785,63	661,30	470,06	0,60	0,87	0,09
Área locável total (m²)	59	-	66507,11	5753,58	21894,53	17319,84	13331,02	0,61	0,56	0,10
Idade (anos)	59	-	38,00	1,00	11,76	9,00	8,97	0,76	-0,12	-0,26
Vacância (%)	59	-	100,00	1,93	26,95	17,86	25,02	0,93	-0,03	-0,40
Nível de certificação	59	-	89,00	24,00	61,14	64,00	11,84	0,19	0,09	0,08
Variáveis qualitativas:										
Classe	59		5,00	2,00	3,68	4,00	1,02	0,28	0,39	0,19
AAA	17	28,81%								
AA	13	22,03%								
A	22	37,29%								
BB	7	11,86%								
B	0	0,00%								
Nível de certificação (cod. alocados):										
<i>Certified</i>	2	3,39%								
<i>Silver</i>	10	16,95%								
<i>Gold</i>	42	71,19%								
<i>Platinum</i>	5	8,47%								
Variável proxy:										
IPTU (R\$/m²/mês)	59	-	27,83	4,76	13,34	12,98	4,78	0,36	0,32	0,48
Variáveis qualitativas - Regiões (dicotomia em grupo)*:										
Regiões	59	-								
Nova Faria Lima / Pinheiros	17	28,81%								
Vila Olímpia / Berrini	11	18,64%								
Paulista / Moema / Vila Mariana	9	15,25%								
Chucri Zaidan	13	22,03%								
Leopoldina / Barra Funda / Chácara Santo Antônio	9	15,25%								

*agrupadas com base nas Regiões 2.0 da *Buildings*

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sobre o conjunto de dados selecionados, promoveu-se uma análise exploratória, onde observou-se aspectos como o comportamento da variável dependente em relação a cada variável independente, medidas de posição e dispersão dos dados, intervalo de domínio de cada variável, existência de pontos atípicos etc. Na sequência os parâmetros populacionais do modelo foram estimados e analisados.

4.1. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

Analisando a tabela 1 percebe-se altos coeficientes de variação das variáveis selecionadas, o que indica uma considerável heterogeneidade dos dados – mesmo adotando critérios com o objetivo de trabalhar com uma amostra mais homogênea possível. Além disso, quanto às correlações das variáveis explicativas com as explicadas, percebe-se que PT apresenta maiores correlações, o que explica, a princípio, o melhor ajustamento desta variável percebido na etapa de modelagem, conforme apresentado adiante.

Dando destaque à variável NC, cabe esclarecer que a opção de ser considerada a pontuação atingida (variável quantitativa) no lugar do patamar de nível obtido (*Certified*, *Silver*, *Gold* e *Platinum*) se deu por questões de equilíbrio amostral – apenas 2 edifícios receberam o selo “*Certified*” e 5 o selo “*Platinum*”, o que ocasionaria em descumprimento das orientações normativas, no âmbito da NBR 14653-2 (ABNT, 2011), no que diz respeito à micronumerosidade. Além disso, percebe-se que esta variável (NC) tem baixa correlação linear com o preço total médio (PT), o que indica um poder explicativo potencialmente baixo.

Dando sequência na análise, apresenta-se na figura 4 até a figura 10, os diagramas de dispersão das variáveis testadas.

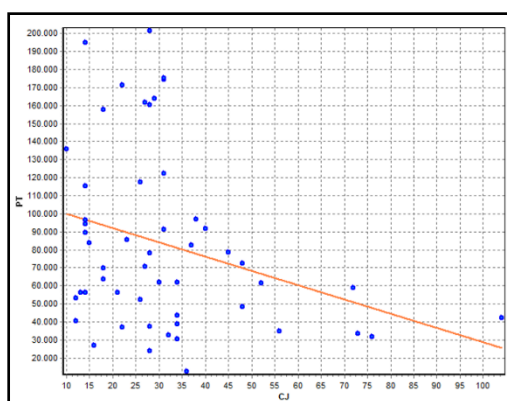


Figura 4 - Gráfico de dispersão entre o “Preço total médio” e “Conjuntos”.

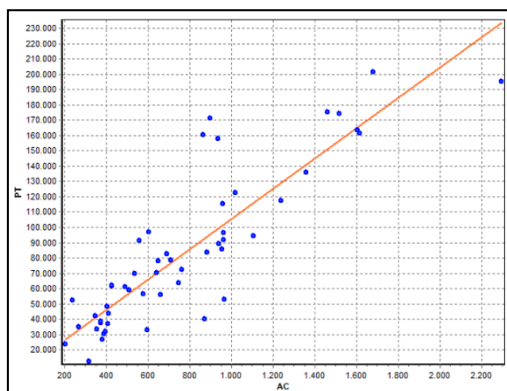


Figura 5 - Gráfico de dispersão entre o “Preço total médio” e “Área média do conjunto”.

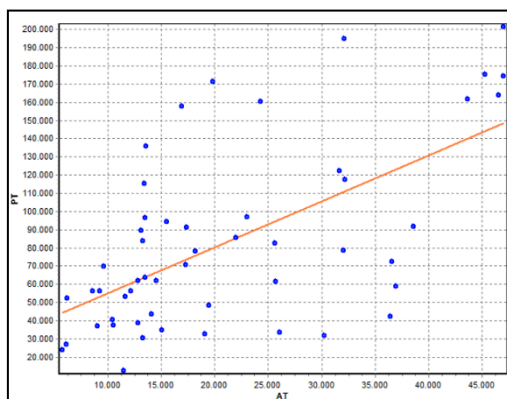


Figura 6 - Gráfico de dispersão entre o “Preço total médio” e “Área locável total”.

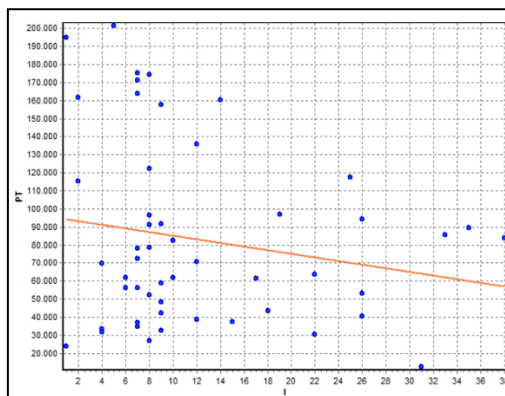


Figura 7 - Gráfico de dispersão entre o “Preço total médio” e “Idade”.

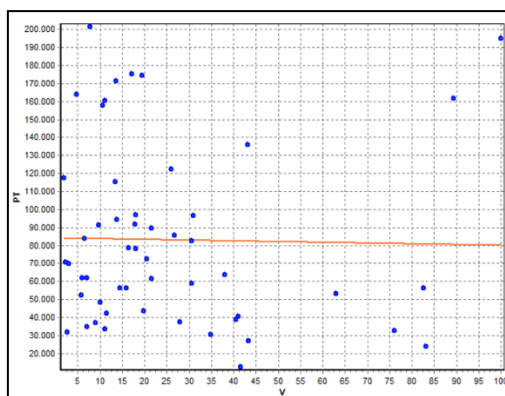


Figura 8 - Gráfico de dispersão entre o “Preço total médio” e “Vacância”.

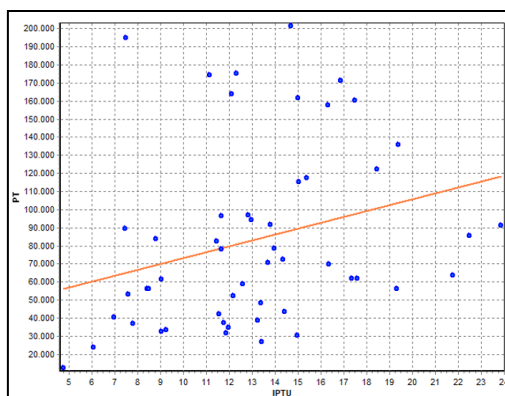


Figura 9 - Gráfico de dispersão entre o “Preço total médio” e “IPTU”.

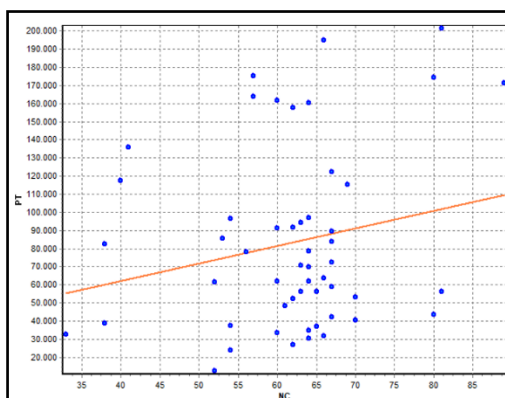


Figura 10 - Gráfico de dispersão entre o “Preço total médio” e “Nível Certificação”.

De forma geral, percebe-se que os pontos apresentam tendências coerentes com o comportamento usualmente observado para estas variáveis no mercado imobiliário.

Ainda cabe destacar a significativa dispersão (com exceção da figura 5) e a baixa intensidade (ex. figura 8) de algumas variáveis.

Analisando a figura 10, pode-se perceber que os pontos estão fortemente dispersos, aparentemente sem forma funcional definida, mas com uma tendência média crescente, de intensidade moderada, em função de PT. Apesar de se tratar de uma percepção preliminar, pode-se dizer que o mercado parece responder de forma positiva com relação aos maiores níveis de certificação.

Sobre as variáveis qualitativas, percebe-se na tabela. 1 que tanto a variável “Classe” como as variáveis de Região (dicotomia em grupo) apresentam um bom equilíbrio amostral, evidenciando que a maior parte dos edifícios certificados são pertencentes ao mercado de alto padrão (classes AAA, AA e A) e em regiões de maior relevância na cidade como a Nova Faria Lima, Pinheiros, Vila Olímpia e Berrini (juntas somam 47,45% da amostra).

Para fins de registro, figura 11 representa a relação da variável CL com PT, cujo comportamento guarda coerência com a expectativa de mercado e, no que diz respeito à localização desses edifícios, a figura 12 demonstra a maior concentração de dados nas regiões supracitadas.

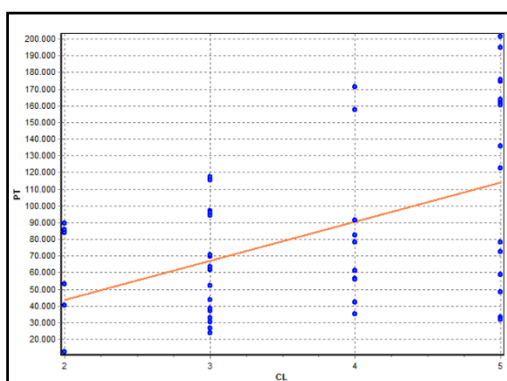


Figura 11 - Gráfico de dispersão entre o “Preço total médio” e a variável “Classe”.

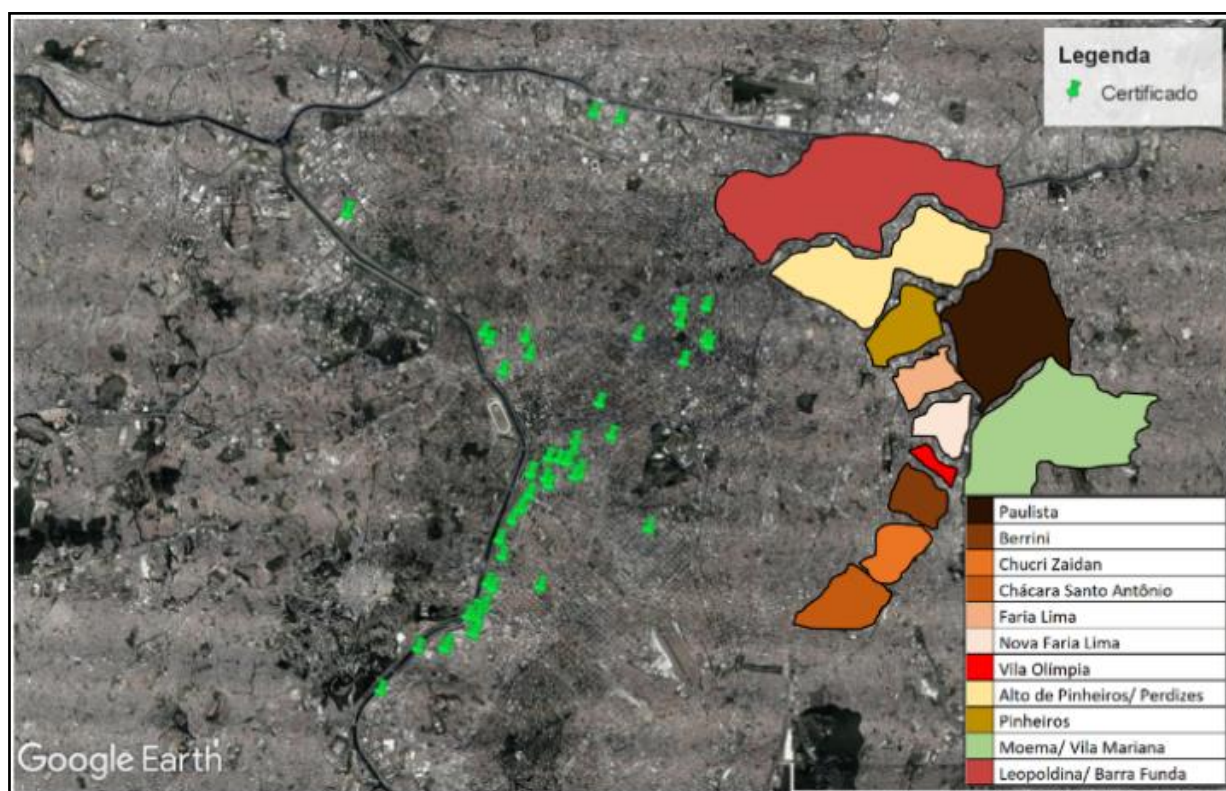


Figura 12 - Distribuição geográfica edifícios certificados.

4.2. ESPECIFICAÇÃO E ANÁLISE DO MODELO DE REGRESSÃO

Realizada a análise exploratória, para testar estatisticamente a hipótese da pesquisa, procedeu-se com a modelagem estatística, com base na construção de modelos clássicos de regressão linear.

Inicialmente, cabe pontuar que tanto a variável PT como a variável PU foram testadas isoladamente como variáveis dependentes nesta etapa de modelagem, sendo a variável PT efetivamente considerada, em função do seu melhor ajuste estatístico em relação à PU. Em (3) está representada a forma do modelo inferido com base no conjunto de dados,

$$\begin{aligned} \ln(PT) = & +3,411858518 + 1,050698506 \ln(AC) - 0,007728520511 (I) - 0,001444849153 (V) & (3) \\ & + 0,3024698396 \ln(CL) + 0,002250254242 (NC) + 0,009142468451 (IPTU) \\ & + 0,6238892941 (R1) + 0,4224669217 (R2) + 0,5334808015 (R3) \\ & + 0,261391979 (R4) + \varepsilon \end{aligned}$$

onde ε é o erro associado. As variáveis (entre parênteses) são as que apresentaram significância e comportamento coerente com a lógica do mercado e, portanto, foram as efetivamente eleitas para compor o modelo. No que se refere às variáveis “R1, ..., R4”, cabe esclarecer que são as variáveis de localização que captam o efeito da Região (R), conforme agrupamentos já descritos. Como foi aplicada transformação logarítmica na variável dependente PT, o valor estimado na escala original desta variável (R\$/mês) é obtido aplicando-se a função exponencial (inversa do logaritmo) em ambos os lados da equação.

Registra-se que o modelo apresentado em (3) teve o pressuposto básico da normalidade dos resíduos atendido. A verificação da normalidade dos resíduos nesta pesquisa foi realizada pelo exame visual do histograma dos resíduos amostrais padronizados e pelo teste de aderência de Shapiro Wilk. Com o objetivo de acentuar a relação linear das variáveis, considerou-se as transformações logarítmicas na variável dependente PT e na independente AT.

Dos 59 que compõem o conjunto de dados, 53 foram efetivamente utilizados na construção do modelo, os 6 dados excluídos apresentaram-se significativamente discrepantes da massa de dados e poderiam não representar o comportamento médio do mercado. Ao analisar a Equação (1), percebe-se que das 12 variáveis explicativas (independentes) inicialmente eleitas (a saber: CJ, AC, AT, CL, I, V, NC, IPTU e as 4 variáveis R, todas apresentadas no Quadro 1), foram usadas 10 para compor o modelo, sendo as variáveis CJ e AT excluídas no processo de modelagem.

O modelo inferido com base neste conjunto de dados, se mostrou significativo ao nível de significância de 1%, com poder de explicação (coeficiente de determinação) igual a 97,07%. Sobre as variáveis estudadas, identifica-se que todas apresentam níveis de significância dentro do limite considerável aceitável para trabalhos de avaliações de imóveis, com base no estabelecido na NBR 14653-2 (ABNT, 2011). No entanto, a variável NC se mostrou com significância consideravelmente superior às demais variáveis, na ordem de 17,85% (valor-p). A tabela 2 sumariza o ajuste para o modelo.

Tabela 2 - Ajuste estatístico do modelo inferido.

Variável	Estatística t	Valor-p (%)	Transf.
Intercepto	12,16	0,00	ln(y)
AC	28,57	0,00	ln(x)
AT	-1,92	6,15	x
CJ	-1,67	10,31	x
CL	2,32	2,50	ln(x)
NC	1,37	17,85	x
IPTU	1,99	5,28	x
R1	8,70	0,00	x
R2	5,98	0,00	x
R3	6,37	0,00	x
R4	3,76	0,05	x

Portanto, os resultados apontam que só foi possível rejeitar H_0 , em favor de H_1 , a um nível de significância de 17,85%. Apesar da significância mais elevada desta variável, o resultado indica que o nível de certificação atingido influi positivamente na formação dos preços.

Outro aspecto a ser analisado é o “acréscimo de valor” desta variável, que indica a proporção de prêmio verde que se obtém em função da pontuação atingida no processo de certificação. A equação responde com um acréscimo de valor na ordem de 0,225% para a variável “Nível de Certificação (NC)”, para o caso em questão, isso significa que ao variar hipoteticamente uma unidade na pontuação LEED, o modelo responde com uma variação positiva de 0,225% no valor.

Nesse contexto, apenas para fins exemplificativos, selecionou-se aleatoriamente 10 elementos da amostra com níveis de certificação LEED diferentes e comparou-se o valor estimado pelo modelo para o

edifício (em sua condição original) com o valor estimado ao se variar a pontuação obtida (NC) em 10 unidades, mantendo-se constante todos os demais atributos. Desta forma, procura-se apresentar uma percepção mais palpável sobre o impacto em termos de valor de aluguel que um edifício conhecido (certificado) teria na condição hipotética de obter mais 10 pontos na referida certificação LEED. Os resultados das aplicações estão dispostos na figura 13.

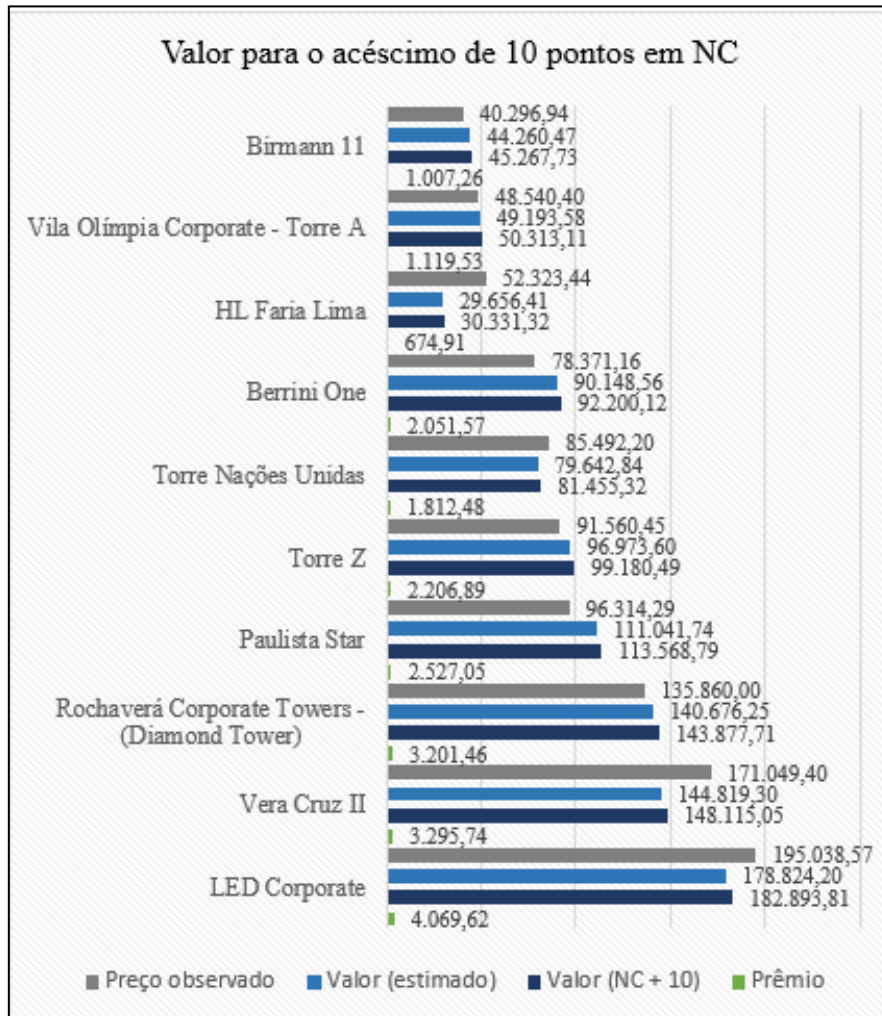


Figura 13 - Gráfico de barras que ilustra o impacto em termos de valor de aluguel que edifícios certificados teriam se obtivessem mais 10 pontos no processo de certificação LEED.

Percebe-se, por exemplo, que o valor médio de locação originalmente estimado pelo modelo² para o edifício “Torre Nações Unidas”, de R\$ 79.642,84, sofreria um acréscimo médio de R\$ 1.812,48 (variação percentual de +2,28%, como para todos os demais) na hipótese deste crescer mais 10 pontos na certificação LEED originalmente obtida. O referido edifício situa-se na região Berrini, possui classe BB e obteve sua certificação validada em setembro de 2021. No processo de certificação, obteve 53 pontos, portanto, trata-se de um edifício certificado no nível “Silver”. No exemplo hipotético, sua estimativa de valor foi feita considerando 63 pontos como entrada na variável NC, o que representaria um nível “Gold”, de acordo com a versão LEED atual.

Entender o comportamento dos preços na variação da pontuação obtida no processo de certificação é fundamentalmente importante, principalmente diante da hipótese de que custos adicionais aumentam à medida que o nível de certificação aumenta (presumido por Fuerst e Mcallister, 2011). Os resultados obtidos neste estudo apontam para rejeição H₀, sendo possível afirmar, a um nível de confiança de 81,15%, que o nível de certificação alcançado tem efeito sobre o preço de aluguel. Desse modo, o modelo inferido responde com prêmios na ordem de 0,225% para cada acréscimo de uma unidade aplicado sobre a variável que registra a pontuação atingida no processo de certificação LEED dos edifícios.

² Considerando os atributos deste edifício como entrada no modelo apresentado em (3). Como foi aplicada transformação logarítmica na variável dependente PT, o valor estimado na escala original desta variável (R\$/mês) é obtido aplicando-se a função exponencial (inversa do logaritmo) em ambos os lados da equação.

Não se encontrou estudos nacionais que se propuseram testar se o valor do aluguel dos edifícios LEED aumentam com o nível de certificação. No entanto Fuerst e Mcallister (2011) chegaram a testar os níveis de certificação (*Certified, Silver, Gold* ou *Platinum*), cujos resultados apontaram para tendências positivas dessa variável, porém, não apresentaram níveis de significância estatística aceitáveis para os parâmetros estabelecidos nos seus estudos.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo permitiu avaliar a relação existente entre o nível de certificação LEED e os preços médios de locação no mercado de edifícios corporativos da cidade de São Paulo/SP. Diante da lacuna existente de análises semelhantes na literatura, este artigo contribui com o segmento de mercado estudado, na medida em que contempla resultados obtidos com dados reais, através do uso da metodologia científica aplicada à engenharia de avaliações.

O modelo de regressão inferido compreende as diferentes características dos EEL, através de variáveis que captam o efeito dos atributos físicos e de localização dos escritórios, com base em uma amostra de 59 edifícios certificados situados em 11 regiões de São Paulo/SP. A equação obtida relaciona o Preço total médio ofertado (construída através do produto entre preço unitário médio e a área média dos conjuntos do edifício) com as variáveis testadas que se mostraram mais significativas, a saber: área média dos conjuntos (m²), área locável total (m²), número de conjuntos (unid.), classes (AAA, AA, A e BB), nível de certificação (pontuação LEED), IPTU (R\$/m²) e as outras 4 variáveis de localização (dicotomia em grupo).

Através do teste *t-Student* (significância individual do parâmetro) pôde-se afirmar a um nível de confiança de 82,15%, que a pontuação atingida no processo de certificação, no mercado em estudo, tem efeito sobre o preço de aluguel, resultando em prêmios na ordem de 0,225% para cada ponto adicional obtido. Portanto, esses resultados indicam que a referida variável pode ser considerada estatisticamente relevante para explicar a variação dos preços no mercado analisado.

Cabe reiterar a dificuldade de realizar estudos dessa natureza, haja vista a escassez de dados para análise. O estudo do mercado imobiliário (ou de um segmento de mercado) via regressão linear é mais preciso na medida em que se dispõe de dados semelhantes e em quantidade suficiente para construir uma amostra representativa do mercado. Sobre isto, registra-se que a limitada quantidade de dados, bem como a forma como as informações estão disponíveis (ex.: informações médias de preços [PT] e áreas [AC] dos conjuntos), são fatores restritivos desta pesquisa, que inclusive dificultam a realização de investigações mais específicas. Embora os resultados apresentados estejam fundamentados em metodologia científica, em conformidade com os normativos nacionais pertinentes, as análises prospectivas, de natureza probabilística, não asseguram de maneira indubitável a ocorrência dos cenários projetados na dinâmica real de mercado. Não obstante, as evidências aqui expostas revelam o potencial da certificação LEED em termos de áreas médias e preços médios, contribuindo para que investidores e incorporadores possam analisar se os custos adicionais para se obter níveis de certificações mais elevados acompanham os prêmios em termos de valor de mercado.

Por fim, a metodologia aqui empregada pode ser utilizada como referência para estudos similares, analisando, por exemplo, o impacto em termos de valores de compra e venda e o comportamento de outras certificações, em regiões e seguimentos de mercado diferentes. Estudos desta natureza são de grande relevância para acelerar o crescimento sustentável da construção civil, ou pelo menos contribuir para que tal crescimento seja feito de uma maneira consciente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Avaliação de Bens parte 1**: procedimentos gerais (NBR 14653-1). Rio de Janeiro, 2019. 29p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Avaliação de Bens parte 2**: imóveis urbanos (NBR 14653-2). Rio de Janeiro, 2011. 54p.

BUILDINGS (Brasil). **O BigData do mercado de Real Estate**. 2019. Disponível em: <https://cretool.buildings.com.br/>. Acesso em: 19 dez. 2021.

BUILDINGS (Brasil). **Plataforma CreTool**. 2022. Disponível em: <https://app.cretool.com.br/>. Acesso em: 10 março 2022.

COMITÊ AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE. **Posicionamento CBCS**: Avaliação de Sustentabilidade de Empreendimentos. São Paulo: Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, ago. 2009. 4p. Disponível em:

<http://www.cbcs.org.br/website/posicionamentos/show.asp?ppsCode=3361A8D7-AF19-42C9-B24A-D606CD143AFB>. Acesso em: 18 dez. 2021

COSTA, O.; FUERST, F.; ROBINSON, S.; SILVA, W.M. Green label signals in an emerging real estate market.: a case study of sao paulo, brazil. **Journal Of Cleaner Production**, Brazil, v. 184, p. 660-670, fev. 2018. ISSN 0959-6526. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.281>. Acesso em: 29 nov. 2021.

DANTAS, R. A. **Engenharia de Avaliações**: uma introdução à metodologia científica. 3. ed. São Paulo: Pini, 2012. 255 p. ISBN 978-85-7266-259-8.

DAMODARAN, A. **Investment Valuation Tools and Techniques for Determining the Value of Any Asset**. 3rd ed. Hoboken, N.J: Wiley, 2012. Print.

DUPLESSIS, C. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**: a discussion document. South Africa: Wssd, 2002. 91 p. Published by the CSIR Building and Construction Technology ISBN 0-7988-5540-1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284193645_Agenda_21_for_Sustainable_Construction_in_Developing_Countries_published_for_CIB_and_UNEP_by_CSIR_Building_and_Construction_Technology_Pretoria. Acesso em: 17 dez. 2021.

EICHHOLTZ, P.; KOK, N.; QUIGLEY, J. M. Doing well by doing good? Green office buildings. **American Economic Review**, v. 100, n. 5, p. 2492–2509, dez. 2010.

ELKINGTON, J. Towards the sustainable corporation: winwin-win business strategies for sustainable development. **California Management Review**. 36(2): 90–101. 1994.

FUERST, F.; MCALLISTER, P. Eco-labeling in commercial office markets: Do LEED and Energy Star offices obtain multiple premiums? **Ecological Economics**, v. 70, n. 6, p. 1220–1230, 15 abr. 2011b.

FLORENCIO, L. A. **Engenharia de Avaliações com Base em Modelos Gamliss**. 2010. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estatística Aplicada, CCEN, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL - GBC BRASIL (Brasil). **Empreendimentos LEED**. 2022a. Empreendimentos Registrados e Certificadas. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>. Acesso em: 10 set. 2022.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL - GBC BRASIL (Brasil). **Sobre nós**. 2022b. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/sobre-nos/>. Acesso em: 10 set. 2022.

HONDA, W. S. **Certificação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Corporativos no Brasil**. 2016. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

ISMAIL, W. N. W.; MAJID, R. A. The Impact of Green Features on property valuation procedure. In: PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL REAL ESTATE RESEARCH SYMPOSIUM (IRES), 7., 2014, Malaysia. **Proceeding**. Putrajaya: National Institute Of Valuation (Inspen), 2014. p. 1-17.

JASIMIN, T. H.; ALI, H. M. The Impact of Sustainability on the Value of Commercial Office Buildings in Malaysia: Russian-Doll Model Approach. **Jurnal Teknologi**, Malaysia, v. 4, n. 71, p. 131-143, out. 2014.

LANCASTER, K. J. A new approach to consumer theory. **Journal of Political Economy**, v. 74, n.1, p. 132-157, 1966

REICHARDT, A. *et al.* Sustainable building certification and the rent premium: A panel data approach. **Journal of Real Estate Research**, v. 34, n. 1, p. 99–126, 2012.

ROBINSON, S.; MCALLISTER, P. Heterogeneous Price Premiums in Sustainable Real Estate? An Investigation of the Relation between Value and Price Premiums. **Journal of Sustainable Real Estate**. <https://doi.org/10.1080/10835547.2015.12091868>, v. 7, n. 1, p. 1–20, 1 nov. 2015.

ROSEN, S.. Hedonic Prices and Implicit Markets: product differentiation in pure competition. **University Of Chicago Press Journals Division**, EUA, p. 34-55, 1974.

UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL – USGBC. **Mission and vision**. 2022. Green building for everyone within a Generation. Disponível em: <https://www.usgbc.org/about/mission-vision>. Acesso em: 15 set. 2022.

WILEY, J. A.; BENEFIELD, J. D.; JOHNSON, K. H. Green design and the market for commercial office space. **Journal of Real Estate Finance and Economics**, v. 41, n. 2, p. 228–243, ago. 2010.