

O IMPACTO DA IMPLEMENTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA URBANA-SANITÁRIA SOBRE O MERCADO IMOBILIÁRIO: Modelagem Estatística Aplicada em Belém/PA

Trabalho de Avaliação

Erico Gaspar Lisboa
Elizeu Cordeiro de Souza Neto
Gabriel Almeida Silva

João Pessoa – PB
2025

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



O IMPACTO DA IMPLEMENTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA URBANA-SANITÁRIA SOBRE O MERCADO IMOBILIÁRIO: Modelagem Estatística Aplicada em Belém/PA

RESUMO

Ainda que implantar infraestruturas urbanas-sanitárias nas cidades possam valorizar o setor imobiliário, a geração de odores ofensivos pela operação de estações elevatória (EEE) e de tratamento de esgoto (ETE) podem ter impactos positivos e negativos sobre o valor de imóveis situados em zonas que lhes sejam circunvizinhas. Para tanto, assume-se que, para avaliar tais impactos pela implementação do sistema de tratamento coletivo de esgoto, a partir EEE e ETE, se faz necessário desenvolver metodologia baseado na teoria hedônica. Portanto, define-se zonas de impacto, condições de bem-estar urbano e características físicas de imóveis. Complementarmente, define-se procedimento por interpolação espacial para mapear áreas de (des)valorização pela implementação de EEE e ETE. Aplicado à Zona de Gestão Sede ETE-Sul, que integra o plano municipal de saneamento Belém/PA, observou-se tendência média de imóveis até 500m das EEE e ETE ficarem mais baratos entre R\$ 332,62/m²-R\$ 1.130,92/m². E, em média, entre 500-1.500m da ETE, imóveis tenderam a ficar mais caros até R\$ 209,47/m², e mais baratos até R\$ 759,55/m². Além dos 500m da EEE e 1.500m da ETE, houve tendência média dos imóveis encarecerem entre R\$ 197,01/m²-R\$ 2.085,95/m². Assim, aferir impactos econômicos da implementação destas infraestruturas pode auxiliar o planejamento urbano, sendo preponderantes ao mercado imobiliário das cidades.

Palavras-chave: Urbana-sanitária; Implementação; Impacto; ETE; Imóveis.

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	4
2. O SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO DE BELÉM/PA.....	5
3. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24
5. CONCLUSÃO.....	32
6. REFERÊNCIAS.....	33

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



1. INTRODUÇÃO

A implementação de infraestruturas urbanas-sanitárias proporciona bem-estar aos habitantes das cidades (De Noronha; Vaz, 2020). Entretanto, da totalidade dos esgotos gerados pelos principais centros urbanos do Brasil, pouco mais de 50% tiveram tratamento. Ainda que este cenário possa colocar em causa o bem-estar urbano, na região norte próximo dos 22% dos esgotos são tratados (SNIS, 2023).

Para colmatar este cenário, o Plano Nacional do Saneamento Básico previu mais de R\$ 500 bilhões para universalizar o saneamento de cidades brasileiras, incluindo tratar esgotos (PLANSAB, 2020). Assim, implementar infraestrutura sanitária no meio ambiente urbano pode gerar impactos positivos (amenidades) que, além de melhorar a qualidade ambiental, de vida, promover a saúde pública de seus habitantes, ainda pode valorizar o setor imobiliário das cidades (e.g., Kaye, 2000; Lins, 2010; Castanheira e Baydum, 2015; Seabra, 2016; Lisboa, 2023).

Entretanto, impactos negativos (desamenidades) podem ser desenvolvidos, acometendo às pessoas a síndrome NIMBY (*Not In My Back Yard*), referido por Pereira (1999), que revela as insatisfações de vizinhança com transtornos e.g., ruídos, odores, gases, e consequente desvalorização de imóveis, e.g., Reichert et al. (1992); Park (2005); Sucker et al. (2008a); Sucker et al. (2008b); Invernizzi et al. (2016).

Por outro lado, poucas são as pesquisas que se dedicaram na constatação e estimação de impactos pela implementação de sistemas de tratamento coletivo, principalmente relacionados a implantação e operação de estações elevatórias (EEE) e para tratamento de esgotos (ETE), sobre o setor imobiliário, quer pela proliferação de insetos, quer pela dispersão e acumulação de bioaerossóis e odores ofensivos, em áreas que lhe sejam circunvizinhas (e.g., Batalhone et al., 2002; Muhammad, 2017; Poy, 2017; Demircan, 2018).

Ainda que estudos sobre a influência de (des)amenidades sobre preços de imóveis invariavelmente recorreram a modelagens baseadas na teoria dos preços hedônicos (Rosen, 1974); em cidades amazônicas como Belém/PA, tais estudos ainda são rarefeitos. Duarte et al. (2013), Rocha e Magalhães (2013); Soares (2018); Lima (2021); Lisboa et al., (2023; 2024) investigaram a influência da violência urbana e regularização fundiária, questões de infraestrutura, áreas

verdes, risco de inundações e impacto de alagamentos e bem-estar urbano, sobre o preço de bens imóveis, respectivamente.

Considerando a importância destes estudos para auxiliar a avaliação de bens, a gestão e planejamento urbano, políticas de saneamento e avaliar quais os custos sociais de (des)amenidades (externalidades) ambientais, escolheu-se Belém/PA pois não se encontraram pesquisas que avaliassem o impacto da implementação de ETE e EEE sobre o setor imobiliário. Ainda que o atual plano de saneamento da cidade tenha sido elaborado, esses impactos gerados às populações circunvizinhas, sobretudo quanto a (des)valorização imobiliária, não foram avaliadas por PMSB (2020).

Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar o referido impacto, considerando a influência do potencial de dispersão e acumulação do odor pela ação do vento (PDAO) e da distância dos imóveis até as ETE e EEE, em função das características físicas dos imóveis e condições de bem-estar urbano. Para tanto, inicialmente, apresenta-se a síntese histórica das fases da implementação do sistema de esgotamento sanitário de Belém/PA, atualmente delimitado por PMSB (2020) em regiões, bacias e sub-bacias de esgotamento, onde 5-ETE e 61-EEE perfazem as zonas de gestão-ZG (Sede, Outeiro e Mosqueiro).

Em seguida desenvolveu-se e aplicou-se metodologia hedônica na área da ZG- Sede-ETE-Sul. Aditado da influência dos ventos, os principais resultados indicaram uma tendência média de desvalorização de casas até 500m das EEE e ETE entre 19,21%-78,93%. Entre 500-1.500m da ETE, áreas tenderam a se valorizar, no mínimo, entre 2,79%-39,27%, e desvalorizar, em média, entre 6,35%-79,75%. Em geral, além dos 500m da EEE e 1.500 m da ETE, houve tendência de valorização média entre 7,22%-87,64%.

2. O SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO DE BELÉM/PA

Para compreender qual o impacto da implementação do sistema de tratamento coletivo de esgoto, a partir de EEE e ETE, é necessário relacioná-lo aos investimentos neste setor. Lisboa (2023) classificou a primeira fase de investimentos advindo da economia da borracha (1906-1915), onde Belém/PA foi considerada uma das capitais mais desenvolvidas do Brasil, por possuir luz elétrica e sistema de abastecimento de água; ficando conhecida como Paris da América (*Paris n'América*).

Inspirado nos ideais de Saturnino de Brito, fundos da economia gomífera foram utilizados para conceber o primeiro sistema de esgotamento sanitário de Belém/PA. Abrangendo cerca de 7 km², o projeto da empresa inglesa, *Fox & Partner*, atenderia 105.000 habitantes (Silva, 2005).

Silva (2005) referiu que este sistema foi composto de rede coletora, 3-EEE e 1- ETE, onde efluentes, pós-tratamento, seriam lançados na baía do Guajará. Esta concepção foi alterada, sendo que os esgotos passariam a ser lançados na própria baía, a 450m da sua margem, em trecho no rio Guamá (Figura 1A).

Embora tenha sido construído cerca de 57% da rede coletora, os emissários e as EEE foram apenas projetados (Silva, 2005), pois a execução completa do sistema dependia da economia gomífera. Com o declínio do seu monopólio, que perdeu fôlego para a exploração do látex da Malásia, Sri Lanka e África tropical; a execução de projetos sanitários de Belém/PA ficou estagnada até 1955.

Pós 2ª guerra mundial, outra empresa britânica, *Byington & Cia*, concebeu sistema de esgoto sanitário abrangendo 366,6km² para 427.000 habitantes (30 anos de horizonte de projeto). É nesta época que Lisboa (2023) considerou a segunda fase de investimentos no setor de esgoto, marcado pelo urbanismo e plano diretor (alinhando-se a 2ª fase do planejamento urbano).

A contratação da *Byington & Cia* foi viabilizada pelo Departamento de Água e Esgotos (DAE) de Belém. Assim, a concepção deste novo projeto foi quem primeiramente considerou a delimitação de 4-BES (bacias de esgotamento sanitário), onde 438km de rede coletora e 3-EEE destinavam efluentes para lançamento subaquático final na foz do canal do Una, antecedido por um sistema de condicionamento (Barbosa; Silva, 2002) (Figura 1B).

Alinhando-se a criação das empresas públicas do Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto de Belém (SAAEB) e Companhia de Saneamento do estado do Pará (COSANPA), o projeto *Byington & Cia* foi alterado (Silva, 2005). Lisboa (2023) considerou que este contexto se alinhou à fase do planejamento integrado e “superplanos”, característicos da 3ª fase do planejamento urbano.

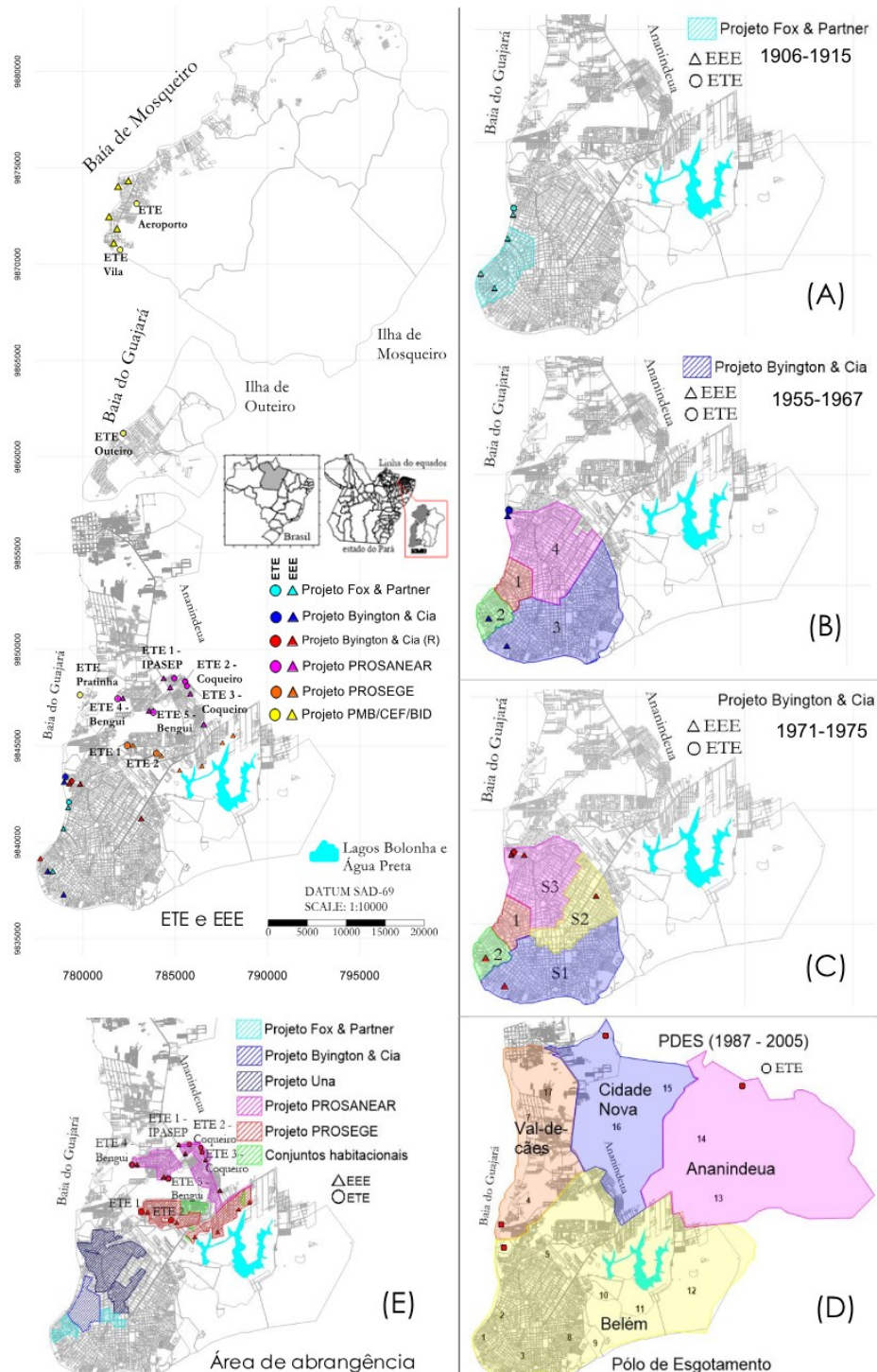


Figura 1: Fases do sistema de esgoto sanitário de Belém/PA (1906 – 2020).

Por esta reformulação, se fez necessário incluir nova BES, passando o projeto a dispor de 5-EEE, onde a bacia 3 e 4 do projeto original foi delimitado por três sistemas: S1, S2 e S3 (Figura 1C). Além

de inconsistências sobre taxa de crescimento populacional, Silva (2005) referiu que uma das empresas responsáveis pelo projeto sugeriu estudos complementares sobre os potenciais impactos de lançamento de efluentes na baía do Guajará. Assim, em meados de 1975, o DAE contratou o consórcio “Saturnino de Brito e Censa-Hidroconsult”.

A respeito dos projetos concebidos pelas referidas empresas inglesas, Silva (2005) ressaltou que até 1971, o coletor tronco e o emissário com lançamento subaquático, a EEE final e cerca de 16km de rede de esgoto havia sido construído. Alinhado ao Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), levantamentos de campo entre 1984-1987 pela COSANPA, para auxiliar a elaboração do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Belém e Ananindeua (PDES), constatou que havia 56km de rede coletora, mais de 3km de interceptores, 1-EEE final de lançamento do Una e cerca de 0,3km de extensão do emissário subaquático.

Pelo PDES, 17-BES e 4-polos de esgotamento sanitário foram propostos para Belém e Ananindeua, atendendo 2.452.059,0 habitantes (Figura 1D). Além de não contemplar distritos de Outeiro, Mosqueiro e Icoaraci, o PDES não foi utilizado para compor o projeto de esgotamento sanitário da bacia do Una, Programa de Saneamento para Populações de Baixa Renda (PROSANEAR) e Ação Social em Saneamento (PROSEGE), projetados e executados isolados e pontualmente (Silva, 2005), alinhando-se a 4ª fase do planejamento urbano “Plano sem Mapas” (Gremaud, 2010; Furtado, 2012).

O Projeto UNA foi considerado uma das maiores intervenções urbano-sanitárias da América-latina, financiado pelo Banco Interamericano de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD). A fase-1, finalizada em 1997, e se estendeu até 2002, abrangendo 366,4 km², atendendo 143.855 habitantes, com sistema de 26.736 tanques sépticos, cujos efluentes seria lançado nos canais de drenagem. Este projeto ainda contemplou rede coletora que encaminharia os efluentes até 1-EEE (Portela, 2004) (Figura 1E).

Pelos investimentos do BIRD, Caixa Econômica Federal (CEF) e do governo do estado Pará, o PROSANEAR foi desenvolvido em 1993. Algumas alterações quanto ao sistema de esgotamento sanitário foram realizadas em 1997, que beneficiaria 126 mil habitantes em 9,58km² de Belém e Ananindeua.

Silva (2005) ainda referiu que, no âmbito do PROSANEAR, além de quilômetros de rede, 8-EEE e 5-ETE: ETE 1–IPASEP; ETE 2–Coqueiro; ETE 3–Coqueiro; ETE 4– Benguí; e, ETE 5–Benguí deveriam ser implementadas. Embora as ETE tenham sido projetadas com a tecnologia UASB+biogás, apenas a ETE 5–Benguí funcionava de forma precária (Figura 1E).

O PROSEGE previu mais de 115 km de rede coletora, 6-EEE e 2-ETE (ETE 1 e 2) para 8 km² (Cosanpa, 1999; Silva, 2005). A ETE 1 seria operacionalizada por tecnologia UASB+lodos ativados, auxiliada por 1-EEE. A ETE 2 seria implementada com UASB, seguido de tratamento físico-químico, onde funcionaria com o auxílio de 5-EEE. As duas estações ficaram inoperantes (PMSB, 2020).

Além destes projetos, sistemas isolados de esgotamento sanitário foram construídos em conjuntos habitacionais, edificadas entre 1960 e 1987, fora dos limites da 1ª légua patrimonial de Belém/PA, como COHAB (glebas 1, 2 e 3), Costa e Silva e BASA. A ETE implantada no COHAB, que deveria tratar esgotos por UASB+filtração aerada+cloração, e desaguar o efluente no sistema de drenagem urbana, ficou inoperante. A rede coletora dos conjuntos Costa e Silva e BASA lançavam efluentes sem tratamento no igarapé Água Cristal (Silva, 2005).

O SAAEB, ligada à Prefeitura Municipal de Belém (PMB), junto com a CEF, financiaram a implantação de 2-ETE, com tecnologia lagoa aerada, e 5-EEE, para tratar esgotos do distrito de Mosqueiro. Entretanto, como foi referido por PMSB (2014- I) e PMSB (2020), o péssimo estado de conservação das instalações eletromecânicas das EEE e a inoperância das ETE, condicionaram o não funcionamento do sistema.

Pela SAAEB, no distrito de Icoaraci e Outeiro foram implantados 2-ETE, cujas tecnologias foram UASB. A este propósito, os efluentes tratados da ETE de Outeiro seria lançado no igarapé Águas Boas. No distrito de Icoaraci, a ETE da Pratinha lançaria seus efluentes na baía do Guajará. PMSB (2020) referiu que ambas as estações foram desativadas.

No final de 2008, algumas iniciativas no âmbito da participação popular podem ser consideradas positivas, como a criação da agência municipal de regulação dos serviços de água e esgoto da cidade de Belém (AMAE) (PMSB, 2020).

Portanto, Lisboa (2023) considerou que, pós-criação da AMAE, se inicia a 3ª fase dos investimentos no setor do esgotamento sanitário de Belém/PA. Pelo financiamento do programa de aceleração do crescimento–PAC (2007–2010), com contrapartida do BIRD, se desenvolveu o Programa de Saneamento Básico da Bacia da Estrada Nova (PROMABEN).

O PROMABEN-I delimitou a bacia da estrada nova em quatro sub-bacias. As sub-bacias 1 e 2 foram respectivamente contempladas pelas intervenções no sistema de drenagem e esgotamento sanitário (PMSB, 2020). O PROMABEN-II previu a implementar 4-EEE e 1-ETE na sub-bacia 1, para atendimento de 84.789 habitantes até 2040, sendo financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), BIRD e do governo do estado do Pará (PMSB, 2020).

Paralelamente, a PMB, com a maior parte do financiamento advindo do governo federal, no âmbito do PAC (2007-2010), também viabilizou a construção do conjunto habitacional “Vila da Barca”. Como parte da 1ª etapa desta obra, 1-ETE foi projetada para tratar esgotos pela tecnologia UASB.

A 2ª etapa previu aumento da capacidade operacional desta ETE, para atender cerca de 12 mil habitantes. Entretanto, pós-visitação para levantamento situacional, cujo efluente destinava-se à baía do Guajará, PMSB (2020) concluiu que esta ETE operava com sugestiva ineficiência do tratamento.

Outros conjuntos habitacionais foram construídos a partir de 2009, durante a implementação do programa federal de habitação “Minha Casa, Minha Vida”, onde se previu construir ETE multifamiliares. Nesta oportunidade, ETE dos condomínios “Quinta dos Paricás”, “Portal do Tenoné”, “Viver Primavera” e “Viver Maracá”, tratavam esgotos pela tecnologia UASB+filtro anaeróbio+cloração.

Pelo diagnóstico do sistema de esgotamento de Belém/PA, realizado por PMSB (2014-I; 2014-II), foi constatado a inoperância e ineficiência de várias ETE, implantadas desde o PROSEGUE, PROSANEAR e aquelas implantadas pela PMB, incluindo as que foram projetadas pelo PDES.

Considerando que o referido sistema de esgotamento apresentava concepção descentralizadora, i.e., para cada BES havia ETE correspondente, aumentando custos de operação e manutenção, PMSB (2014-II) recomendou novos estudos, sugerindo a centralização

das BES, reduzindo o número de ETE. Assim, o atual plano de saneamento de Belém delimitou 36 bacias e 64 sub-bacias de esgotamento; e, com 5-ETE e 61-EEE enquadradas em três zonas de gestão – ZG (Sede, Outeiro e Mosqueiro) (PMSB, 2020).

Pela nova concepção, tecnologias de tratamento a serem implementadas nas 5-ETE foi UASB+lodos ativados. Entretanto, impactos sócio-urbanísticos gerados às populações circunvizinhas a ETE e EEE não foram efetivamente considerados por PMSB (2020) (e.g., geração de odores). Por esta limitação, este trabalho propões delimitar zonas onde populações circunvizinhas as ETE e EEE estão direta e indiretamente expostas aos referidos impactos e, por metodologia hedônica aferiu-se sua influência sobre o setor imobiliário

3. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

O procedimento metodológico com base na teoria hedônica foi desenvolvido em quatro etapas. Na primeira definiu-se o método estatístico de regressão linear. Em seguida, pela segunda etapa, definiram-se o procedimento de coleta dos dados e as variáveis a serem consideradas.

Pela terceira etapa desenvolveu-se procedimento para estimar a influência de impactos da implantação e operação do sistema de tratamento coletivo de esgotos sobre o setor imobiliário, pela implementação de estações de tratamento (ETE) em áreas urbanas. A caracterização da área de estudo foi a última etapa (Figura 2).



Figura 2: Etapas metodológicas.

3.1. MÉTODO ESTATÍSTICO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

O método estatístico utilizado neste trabalho recorre a regressão linear múltipla. Este método é o mais utilizado para avaliação de bens imóveis, e está normatizada pela NBR 14.653/2 (ABNT, 2011), implementado a partir de quatro procedimentos básicos: seleção de variáveis independentes, predição, estimação de regressores (parâmetros) das variáveis independentes; inferência propriamente dita (Figura 3).

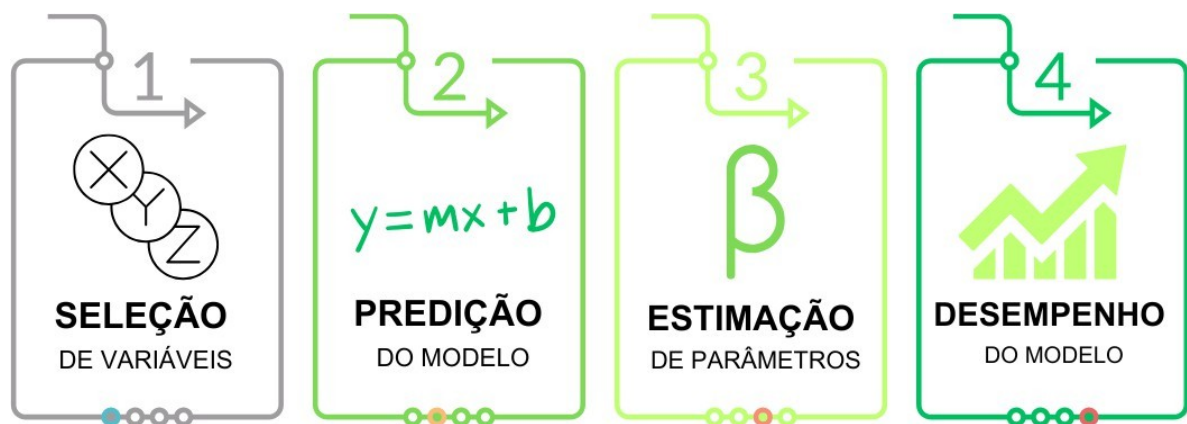


Figura 3: Procedimentos para implementação do método de regressão linear.

O primeiro procedimento consiste em selecionar variáveis independentes (X_i) ($i=1,2,\dots,n$) que influenciam na estimação da variável dependente (Y_i). Assim, é usual utilizar técnicas como coeficiente de correlação (R), determinação (R^2) e ajustado (R^2_a), o quadrado médio dos erros; estimativa do C_p de *Mallows* (Mallows, 1995); informação de *Akaike*, etc. Ainda assim, a seleção automática pode ser realizada por “*Forward*”, “*Backward*” e “*Stepwise*” (Montgomery et al. 2006).

O segundo procedimento é caracterizado pela predição, pelo que se obtém o modelo matemático, cuja variação de Y_i seja explicada por n -variáveis X_i . Pela extração de amostras da população se estima os parâmetros de X_i , possibilitando explicar o comportamento de Y_i por:

$$\hat{Y}_i = \beta_0 \pm \sum_{i=1} \beta_i X_i + \varepsilon_i$$

Onde β_0 e β_i se refere aos parâmetros das variáveis X_i . O termo ε_i se refere ao erro (ou resíduo) na estimativa de Y_i representado pela função $\hat{Y}_i$. Assim, é esperado que a diferença (ΔY) entre Y_i e $\hat{Y}_i$ seja 0, em que $\Delta Y^2 = (Y_i - \hat{Y}_i)^2$ é o desvio quadrático total. Pelas amostrais, pode-se, depois de ajustes, obter relação satisfatória entre Y_i e X_i por $\hat{Y}_i$.

O terceiro procedimento dedica-se em estimar os referidos parâmetros, β_0 e β_i , pelo método MQO. Assume-se que tais parâmetros devem ser BLUE (*Best Linear Unbiased Estimator*), i.e., que tenham menor variância entre estimadores (parâmetros) lineares não-viesados, não violando as denominadas hipóteses de Gauss-Markov (HGM), as quais sejam:

- o modelo de regressão é linear nos parâmetros;
- amostragem é aleatória;
- erros homocedásticos; e,
- variáveis independentes não são colineares entre si.

O quarto procedimento inclui efetuar a análise da variância (ANOVA), cujo desempenho do modelo é avaliado, e a significância (α) de β_0 e β_i e da função $\hat{Y}_i$. O desempenho está relacionado a soma do quadrado dos erros (SQE) = $\left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \right]$ e devido a regressão (SQR) = $\left[\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 \right]$

Em que $\bar{Y}$ é o valor médio da i-amostras. A soma dos quadrados totais (STQ) é igual à soma de SQE e SQR. Analisa-se ainda se os erros têm distribuição normal pela regra 3σ e, caso essa regra seja violada, faz-se a teste qui-quadrado.

Pela relação entre SQR e STQ se calcula R^2 , indicando a preciso do modelo $\hat{Y}_i$ para explicar Y_i , e R^2_a . O termo α de β_0 e β_i é aferida pelo teste Student (teste-T), sendo $\alpha \leq 5\%$ aceitável. O teste Fisher-Snedecor (teste-F) avalia α de $\hat{Y}_i$, onde o modelo é relevante quando $1\% < \alpha \leq 5\%$.

Cumprindo estes procedimentos, recorre-se ao *software* SisDEA® para modelagem estatística verificando: não violação das HGM; e, desempenho pela análise de R^2 e R^2_a , e, termos α de β_0 e β_i e $\hat{Y}_i$, pelo teste-T e teste-F, respectivamente. Adota-se não tolerar $R^2 < 0,81$, e $0,49 < R^2_a < 0,81$ (Lisboa et al., 2024).

Para não violar HGM avalia-se: a ocorrência de homocedasticidade pelo teste de White (White, 1980). Recorre-se a estatística VIF (Variance Inflation Factor) para avaliar não-colinearidades entre X_i (Poitras, 2006). Ainda se avalia a presença de erros padrões atípicos (“outliers”) e influenciantes pela estatística de Cook (Gazola, 2002).

3.2. DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS E COLETA DE AMOSTRAS

As variáveis, X_i , foram definidas como exógenas e endógenas. As endógenas estão relacionadas as características físicas e intrínsecas de bens imóveis (e.g., área privativa, número de suítes, padrão construtivo). As exógenas estão relacionadas a localização, bem-estar, qualidade da vizinhança, etc; (Lisboa et al., 2024).

As variáveis exógenas estão associadas as externalidades positivas (amenidades) e/ou negativas (desamenidades), posto que transcendem as fronteiras físicas de imóveis, inexistindo curvas de “oferta vs. demanda” para precificar sua influência, denominando-as “variáveis de não-mercado” (Lisboa et al., 2024).

Embora não haja dúvida que variáveis endógenas influenciam na formação do preço de mercado, aferir a influência das externalidades na precificação de um imóvel ainda é condição limitante (Lisboa et al., 2023). Para superá-la, é recorrente adotar metodologia hedônica pela utilização da regressão estatística linear (Rosen, 1974).

Considerando que o objetivo deste trabalho é avaliar a influência dos impactos da implantação e operação de estações (ETE e/ou EEE) sobre o setor imobiliária da cidade de Belém, “*locus*” onde será realizado o estudo de caso, inicialmente, a preparação dos dados e procedimento necessário.

Para tanto, considerou-se a premissa da aleatoriedade na coleta amostral, cujos imóveis foram levantados em plataforma “web” de anúncios de venda. Baseado em Yang et al., (2021), o preço de oferta foi reduzido em 10%, pois esses preços podem estar superestimados (condição definida como elasticidade dos negócios imobiliários) (Nór, 2014).

Recorreu-se as variáveis disponíveis em plataforma de vendas de imóveis, pois em países em desenvolvimento há barreiras no fornecimento de dados por agências imobiliárias e órgãos públicos, além de inexistirem incentivos à consolidação de portais de registros de transações imobiliárias (Abidoye; Chan, 2018; Lima, 2021).

Assumiu-se o pressuposto que as amostras de casas estão em condições de habitabilidade, onde a depreciação física não foi considerada variável e que o seu valor seja função de variáveis de mercado (endógeno) e “não-mercado” (exógeno).

A amostra extraída da população de casas residenciais considerou a área privativa, suítes, padrão construtivo, o impacto da

implementação de ETE e EEE de esgotos (EEE), pela distância e potencial de dissipação e acumulação de odores pelo vento (PDAO), condição de bem-estar urbano, e preço das casas (Tabela 1)

Tabela 1: Definição e caracterização das variáveis utilizadas.

Variáveis	Termos	Unidades	Natureza
Área privativa	X_1	m ²	Quantitativa
Nº de suítes	X_2	número	Quantitativa
Padrão Construtivo	X_3	R\$/m ²	<i>Proxy</i>
PDAO-Vento	X_4	-	<i>Dummy</i>
Distância da ETE e EEE	X_5	-	Código alocado
IBEU	X_6	-	Código alocado
Preço Unitário	Y_i	R\$	Quantitativa

O padrão construtivo foi associado ao custo unitário básico da construção (CUB): R\$ 2.023,63/m² (Baixo-1), R\$ 2.432,71 (Médio-2); e, R\$ 3.088,17 (Alto-3) de fevereiro/2024 (Sinduscon-PA, 2024). Não se considerou aplicar métodos de depreciação física e funcional do bem imóvel, pois se passaria a estimar custo de reedição (Lopes; Alonso, 2014), assumindo-se o custo de reprodução do imóvel.

Acerca de variáveis independentes de “não-mercado”, considerou-se o impacto de implementar o tratamento coletivo de esgotos por EEE e ETE, e as condições de bem-estar urbano, tem tendência de influenciar na valoração de casas, de forma positiva ou negativa.

Para as condições de bem-estar urbano (X_6), adotou-se o índice IBEU considerando três magnitudes: Pobre (P)-(1): $0,001 < \text{IBEU} < 0,700$, Regular (R)-(2): $0,701 < \text{IBEU} < 0,800$ e Boa (B)-(3): $0,801 < \text{IBEU} < 1,00$. O IBEU não considerou vivências de desconforto, tensão, insegurança, medo, felicidade, etc, identificados nos diferentes contextos sociais das metrópoles, pela segregação residencial e segmentação territorial (Ribeiro; Ribeiro, 2013; Lisboa et al., 2024).

Assumindo que algumas pessoas manifestavam a síndrome NIMBY, considerou-se que os impactos negativos pela operação de EEE e ETE mais frequentes foram: proliferação de odores e desvalorização dos imóveis.

Os impactos positivos da operação de ETE e EEE foram associados a melhoria da qualidade ambiental (rios), saúde pública e na qualidade da vida urbana (e.g., Lins, 2010; Iftekhar et al., 2018; Lisboa, 2023). Para avaliar a influência destes impactos considerou-se três magnitudes:

- Alto(A): zona de impacto direto (ZID) de raio ≤ 500 m, cuja externalidade da operação de ETE/EEE é negativa (Código 1).
- Moderado(M): zona de impacto e benefício indireto (ZIBI) de raio entre 500m-1.500m, onde a externalidade da operação de ETE/EEE é negativa, ainda que a população exposta se beneficie do impacto positivo pela implantação da ETE (Código 2).
- Baixo(B): zona de benefício direto (ZBD) para distâncias da ETE > 1.500 m, posto que a população apenas se beneficia do impacto positivo pela implementação da ETE (Código 3).

Assumiu-se que estes impactos são influenciados pelo potencial de dispersão e acumulação de odores (PDAO), associado às magnitudes da direção e intensidade da velocidade dos ventos (e.g., Kaye; Jiang, 2000; Lisboa, 2023).

Nas ZID, ZIBI e ZBD, quando imóveis situados nos quadrantes da rosa dos ventos de maior frequência de direção e intensidade, maior o PDAO advindo de EEE e ETE (código “0”); e, quando maior for maior PDAO atribui-se o código “1”

3.3. INFLUÊNCIA DE ETE/EEE SOBRE O VALOR DE IMÓVEIS

Para aplicação do procedimento para valorar imóveis, recorreu-se a regressão linear para estimar Y_i em função de $X_1, X_2, \dots, X_n$ e suas influências. Considerando que amostras foram coletadas no mercado imobiliário, adotou-se ao método MQO para obter β_0 e β_i . E, para que as últimas fases da regressão estatística linear sejam satisfeitas, estimou-se o preço de imóveis pelas atuais condições de (des)amenidade. Assim, para estimar a influência destas condições, recorre-se a formulação proposto por Lisboa et al., (2024):

$$I_i = \left[1 - \left(\frac{\hat{Y}_i'}{\hat{Y}_i} \right) \right] \times 100$$

Onde “I_i” é a influência que pode ser positiva (+) e negativa (-), máxima [I_{i(máx)}] e mínima [I_{i(mín)}], do odor no valor de imóveis, que serão interpolados por método geoestatístico. E, $\hat{Y}_i$ é preço estimado para imóveis pelo modelo produzido. O $\hat{Y}_i'$ é estimativa do preço do imóvel pelo modelo, aferindo-se a influência das condições quanto ao impacto da geração de odor na ZID, ZIBI e ZBD (Figura 4):

- I_{i(máx)} e I_{i(mín)} do impacto “B” substitui-se o código (3)→(1) e (3)→(2), respectivamente.
- I_{i(máx)} e I_{i(mín)} do impacto “M” substitui-se o código (2)→(1) e (2)→(3), respectivamente.
- I_{i(máx)} e I_{i(mín)} do impacto “A” substitui-se o código (1)→(3) e (1)→(2), respectivamente

Para compreender e avaliar a distribuição espacial da influência relativa e do valor unitário nominal, recorre-se a interpolação pelo método de Krigagem Ordinária (e.g., Journel, 1988; Druck et al. 2004). Assim, utilizou-se o algorítmico do *software Golden Surfer*® (Versão 9.13). Assumiu-se que a variografia sugeriu homogeneidade e estacionariedade da média (ausência de deriva espacial), não sendo realizado ajustes o semivariograma experimental.

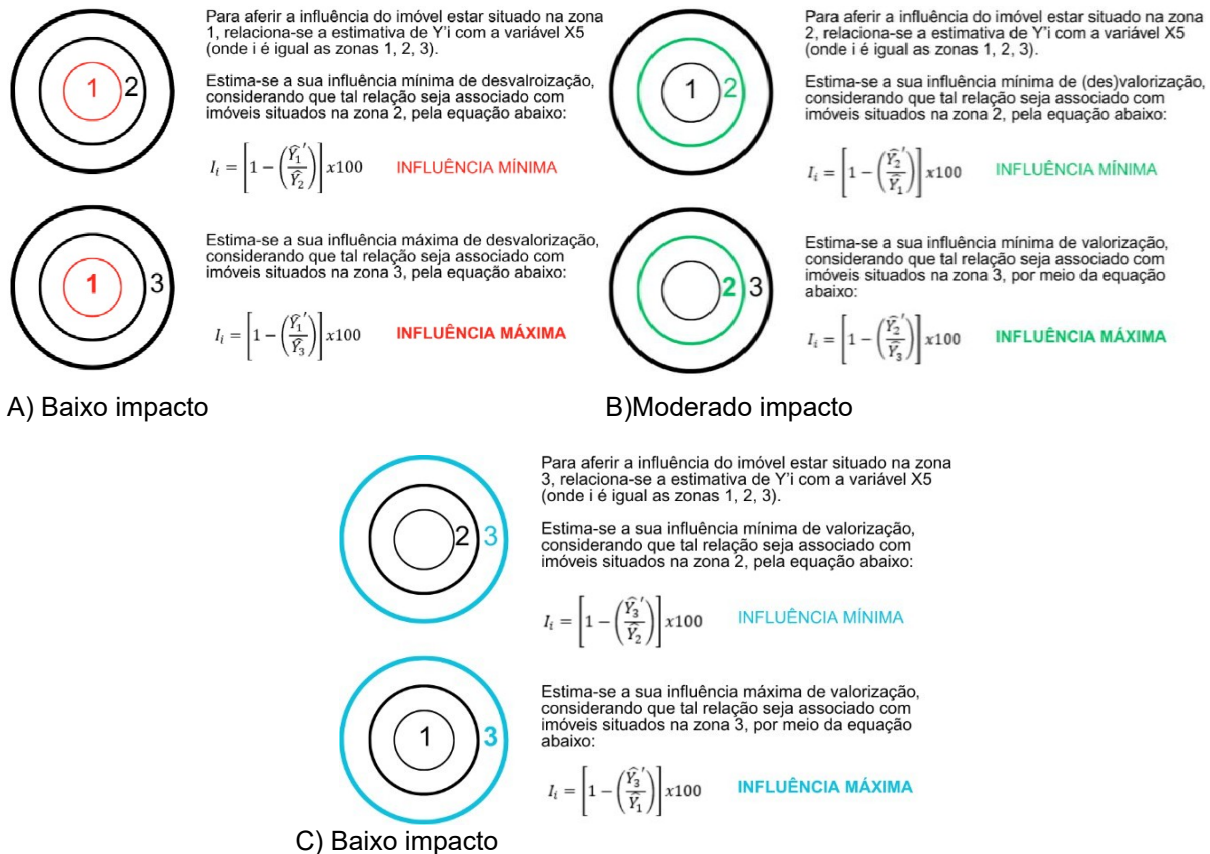


Figura 4: Influência das distâncias por zonas de impacto.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O *ranking* do saneamento das cidades, proposto pelo Instituto Trata Brasil, e divulgado pelo Ministério das Cidades, apontou que a cidade de Belém/PA faz o tratamento de pouco mais de 2,38% de todo o esgoto gerado da área urbana. Esta situação colocou a capital paraense na 97ª posição, dentre as cem principais cidades do Brasil, impondo-lhe a pior condição de saneamento (SNIS, 2023).

O novo plano de saneamento básico de Belém/PA adotou a concepção de centralizar bacias de esgotamento sanitário, reduzindo ETE e aumentando EEE. Atendendo a sugestão de PMSB (2014), delimitou-se 5 regiões, 36 bacias e 64 sub-bacias de esgotamento; e, 5-ETE e 61-EEE enquadradas em 3-zonas de gestão-ZG (Sede, Outeiro e Mosqueiro) (PMSB, 2020) (Figura 5).

A tecnologia UASB+lodo ativado, reconhecida pela geração de odor (Souza, 2010), foi a alternativa adotada para operar na ETE-Sul

com capacidade de 900 L/s, e implantada em área urbana (PMSB, 2020). Delimitando-se ZID e ZIBI pelas 9-EEE, inseridas no bairro totalmente (1), (4), (6), (7), (8), (10) (11), e, parcialmente em (2), (3), (5), (9) e (12), a Tabela 2 apresenta área, IBEU e população.

Nessa área urbana de Belém/PA, cuja ZG-Sede-ETE-Sul é de 23,23 km², o impacto da implementação de ETE e EEE pode ser potencializado pela frequência e direção da velocidade do vento. Assim, pela rosa dos ventos, assumiu-se que o potencial de dispersão e acumulação do odor (PDAO), advindo destas estações, pode valorizar ou desvalorizar imóveis que lhes sejam circunvizinhos.

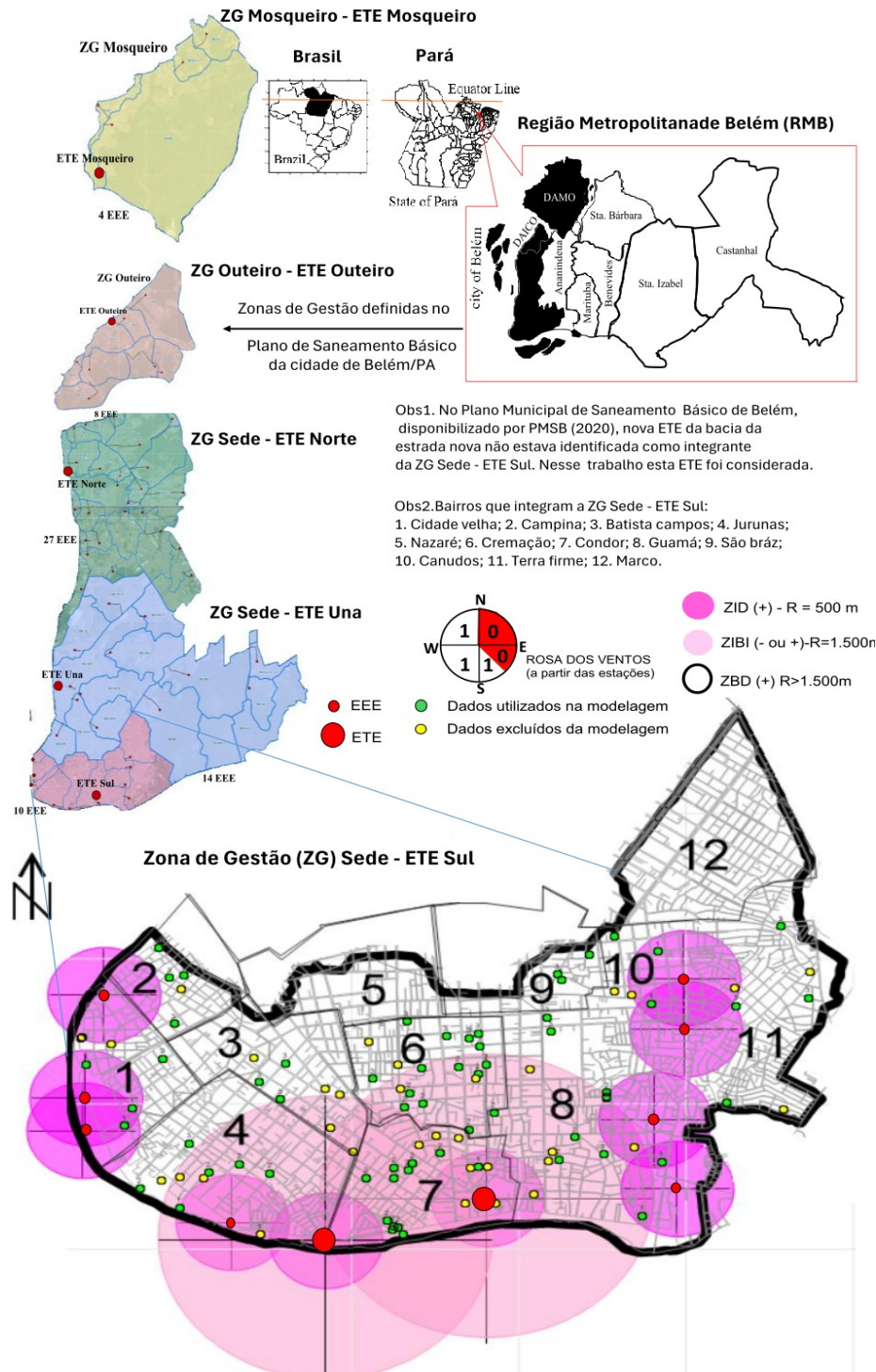


Figura 5: ZG-Sede-ETE-Sul do Plano de Saneamento Básico da cidade de Belém/PA.

Tabela 2: Definição e caracterização das variáveis utilizadas.

ID	Bairros	Área(ha)	IBEU-Código	População
(1)	Cidade Velha	125,79	0,800-2-(R)	12.128
(2)	Campina	102,81	0,850-3-(B)	6.156
(3)	Batista campos	142,71	0,800-2-(R)	19.136
(4)	Jurunas	235,82	0,642-1-(R)	64.478
(5)	Nazaré	151,32	0,888-3-(B)	20.504
(6)	Cremação	147,51	0,730-2-(R)	31.264
(7)	Condor	170,88	0,638-1-(P)	42.758
(8)	Guamá	417,54	0,572-1-(P)	94.610
(9)	São Braz	162,63	0,865-3-(B)	19.936
(10)	Canudos	77,73	0,790-2-(R)	13.804
(11)	Terra firme	243,66	0,492-1-(P)	61.439
(12)	Marco	489,23	0,829-3-(B)	65.844

Para auxiliar a compreensão sobre como a dispersão e acumulação de gases liberados, a partir da operação das ETE e EEE pode impactar as populações circunvizinhas, atribui-se tais características a frequência e direção da velocidade dos ventos. Assim, fez-se necessário recorrer a estudos que pudessem disponibilizar dados, de modo que fosse possível definir o PDAO na cidade de Belém/PA, os quais foram ilustradamente resumidos pela Figura 6.

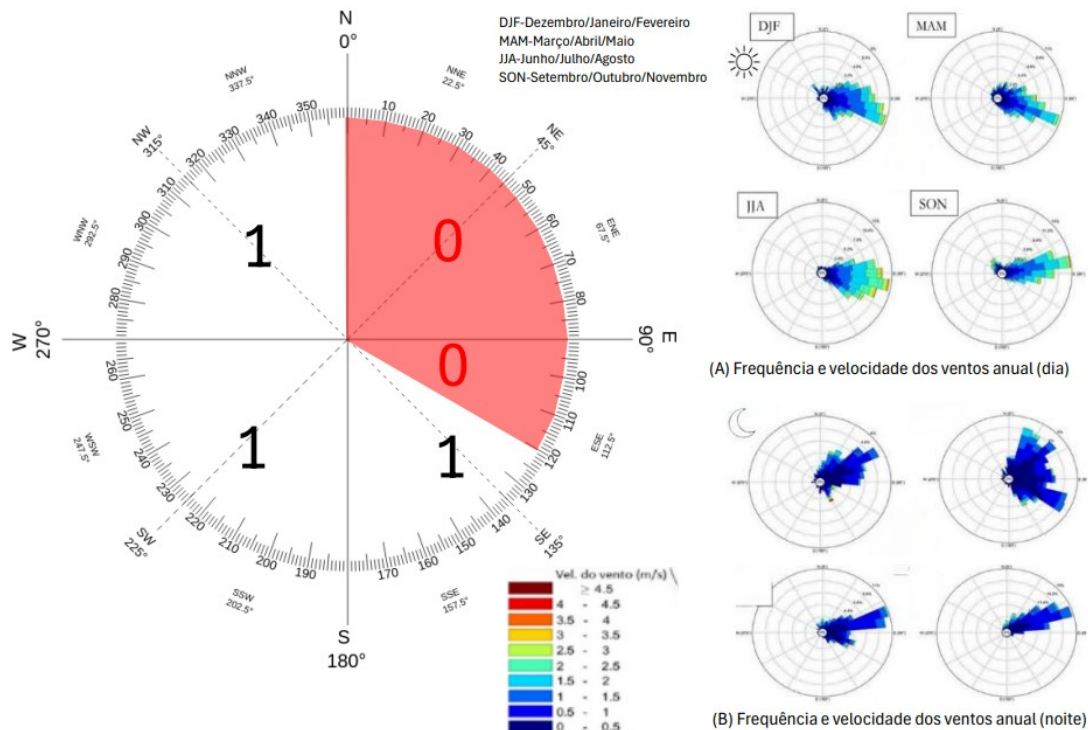


Figura 6: PDAO dos ventos de Belém/PA

Bastos et al., (2002) analisaram 100 anos de dados (no período entre 1896-1996) e concluíram que a primeira e segunda predominância dos ventos em nordeste (NE) e leste (E), caracterizando-se como ventos fracos, são de velocidade média de 1,3 m/s (dias com maior pluviosidade) 1,6 m/s (dias com menor pluviosidade).

Nechet et al., (2005) estudaram a predominância dos ventos entre 1981-2000. A frequência dos ventos apresentara predominâncias: 90°(E), 60°(NE) e 120°(Sudeste – SE). Moreira et al., (2019) avaliaram que os ventos se comportaram por ciclos, cuja velocidade em 2015 variou de 0,75 m/s (diurno) a 2,5 m/s (noturno), e média de 1,75 m/s ao ano.

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponibilizou as normais climatológicas do Brasil entre 1991-2020, cuja velocidade média anual em Belém/PA foi de 1,5 m/s. Assim, com bases nesses estudos, definiu-se que cerca de 75% dos ventos com maior frequência apresentaram direção entre 30° e 120°.

Portanto, de 0°-120° atribui-se o código “0”, considerando que o potencial de acumulação do odor se dá pela baixa frequência, direção e velocidade dos ventos. Assim, adotou-se que, imóveis situados

nesses quadrantes tem forte tendência de desvalorização, estando mais expostos a esta externalidade.

Para os demais quadrantes das rosas do vento, 120°-360°, atribui-se o código “1”, quando o potencial de dispersão do odor se dá pela alta frequência, direção e velocidade dos ventos. Logo, imóveis situados nesses quadrantes tem forte tendência de valorização, conforme ilustração da Figura 5.

A atribuição “*dummy*” para variável que se refere ao PDAO, se baseou na escala de Beaufort (Nery, 2013). Assim, quando a força do vento for “calma”, gases tendem a subir verticalmente, atribuindo-lhe o código “0”. Se a força do vento for “aragem”-“brisa forte”, gases tendem a dispersar horizontalmente - código “1”.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. MODELAGEM ESTATÍSTICA

A modelagem utilizou 85 amostras de área privativa (X_1), número de suítes (X_2), padrão construtivo (X_3), PDAO pela frequência, direção e velocidade dos ventos (X_4), distância da ETE e EEE por zonas de impacto (X_5), IBEU (X_6) e o preço de casas em oferta (Y_i), indicaram $\alpha \leq 5\%$.

Pelo *software* SisDEA® o modelo de melhor poder de explicação e desempenho estimou R , R^2 e R^2_a em 0,9137; 0,8349; e, 0,8181, respectivamente, associando-lhes SQR, SQE e STQ iguais a $4,51 \times 10^{11}$, $2,28 \times 10^{12}$ e $2,73 \times 10^{12}$.

Assim, mais de 83% da variação do preço de mercado das casas localizados na ZG-Sede-ETE-Sul são explicados linearmente pelas variáveis independentes. E, menos de 17% destas variações podem estar associadas a outras variáveis. A consistência e sensibilidade do modelo foram verificadas pela variação de Y_i em relação a X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_6 , cujos parâmetros estão na Tabela 3.

Tabela 3: Análise de variância (ANOVA), estatísticas e regressão linear.

Variáveis	Modelo	Intervalo	$\alpha(\%)$	$\beta_i(x10^3)$	População
Área privativa	$X_1^{1/2}$	34-750	0,00	18,292	4,70
Nº de suítes	X^2	0-5	0,00	67,278	5,71
Padrão Construtivo	X_3^2	2.023,63-3.088,17	0,00	0,0316	4,68
PDAO-Vento	X_4	0-1	0,34	78,820	3,83
Distância da ETE e EEE	$1/X_5^2$	1-3	0,02	-138,010	2,73
IBEU	$1/X_6^2$	1-3	0,01	-123,989	-5,26
Preço Unitário	Y_i	13.500,0-828.000,0	1,25	-167,597	-167,59

Além da coerência quanto as demais variáveis, quanto maior for o potencial de acumulação de odores pela ação do vento e mais próximo estiver da ETE e EEE ($\leq 500m$), menor será o preço de casas.

Considerando 10% em torno da média, X_4 e X_5 influencia em $\hat{Y}_i$ em 32,20% e 1,83%, respectivamente.

E, X_1 , X_2 e X_3 influenciaram no preço de casas em 18,70%, 13,74%, 6,89% e 3,34%, respectivamente. A análise gráfica da consistência e compatibilidade com o comportamento de X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_6 com $\hat{Y}_i$ está ilustrado na Figura 7.

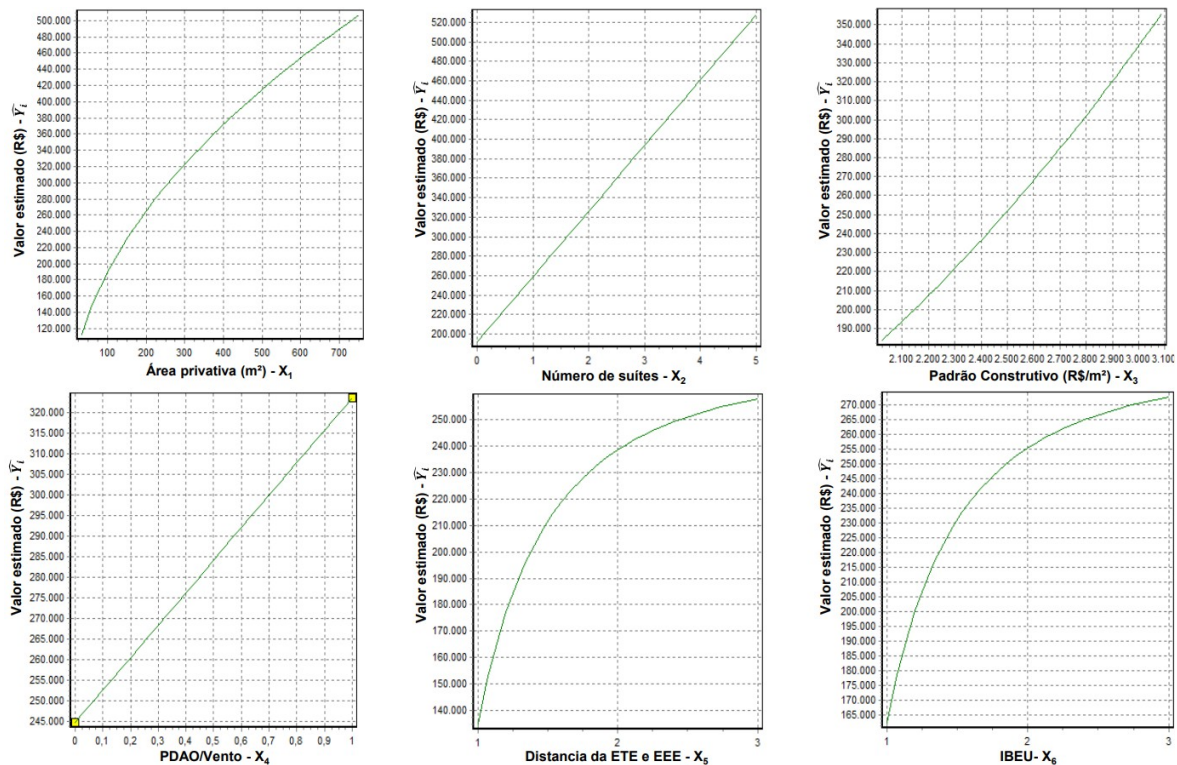


Figura 7: Relação entre as variáveis X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 , X_6 e $\hat{Y}_i$

Pela combinação das variáveis explicativas, o modelo é compatível com a realidade, possibilitando realizar inferência na população de casas inseridas na ZG- ETE-Sul, pois cada variável apresentou $\alpha \leq 5\%$, e confiabilidades superiores a 95%. O modelo global foi confiável em 99% ($\alpha=1\%$), possibilitando inferências (teste- $F=49,73$). No geral, a modelagem não violou as HGM.

Pela regra dos 3σ obteve-se: $1\sigma[66\%]$, $1,64\sigma[96\%]$ e $1,96\sigma[98\%]$, cujos erros foram normalmente distribuídos, não se realizando o teste qui-quadrado. O VIF indicou não colinearidade entre X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 e X_6 ($1 \leq \text{VIF} \leq 10$).

Os erros padrões atípicos foram $<5\%$ da amostra e, pela estatística de Cook, não se detectou dados influenciadores. Embora graficamente a homocedasticidade tenha sido suficiente para validação, realizou-se o teste de White.

4.2. IMPACTO DAS ETE/EEE SOBRE O MERCADO IMOBILIÁRIO

Pelas amostras representativas de imóveis na ZG-Sede-ETE-Sul, notou-se que os preços das casas inseridas na ZID depreciaram seu valor nominal entre 38,41%-99,58%. E, na ZIBI, imóveis apresentaram tendência de desvalorizar e valorizar entre 15,49%-91,34% e 2,79%-39,27%, respectivamente.

Na ZBD, os imóveis se valorizaram entre 2,26%-87,64%. Ainda que em diferentes condições, tais resultados alinharam-se àqueles obtidos por Muhammad (2017). Este autor concluiu que, aluguel de casas aumentou até 12% à 400m de fontes de esgoto a “céu-aberto” em Rawalpindi, no Paquistão.

Em Belém, na ZG-Sede-ETE-Sul, casas na ZID podem se desvalorizar no mínimo entre 32,41% até 99,52%; e no máximo entre 38,41% até 93,43%, seu valor nominal. Em média, imóveis à 500m da EEE e ETE se desvalorizaram entre 19,21% até 78,93%. Tais resultados se aproximaram das conclusões de Poy (2017) que, sem considerar a ação do vento, na cidade de São Paulo, constatou depreciação média de 15% do valor de imóvel próximo a ETE.

Os imóveis localizados além de 500m e até 1.500m da ETE apresentaram tendência de desvalorização média entre 6,35%-79,75%. Na ZIBI, cujo potencial de acumulação/dispersão do odor (PDAO) pode gerar impacto moderado, evidenciou-se regiões que apresentaram tendência de valorização mínima entre 2,79% até 39,27% (Tabela 4).

Tabela 4: Influência da implementação de ETE/EEE pela ZID, ZIBI e ZBD

Zonas de Impacto/Benefício	$I_{\min}(\%)$	$I_{\max}(\%)$	$I_{\text{média}}(\%)$
ZID	32,41 99,52(-)	38,41 93,43(-)	19,21 78,93(-)
ZIBI	02,79 39,27(+)	15,49 91,34(-)	06,35 79,75(-)
ZBD	02,26 27,39(+)	14,44 87,07(+)	07,22 87,64(+)

Estes resultados podem ser explicados pelo que fato de que, ainda que a operação de ETE seja uma externalidade negativa, a implantação de infraestruturas urbano-sanitária pode influenciar na valorização imobiliária.

A este propósito, CNI (2018) referiu que a implantação da ETE pode valorizar em média imóveis em 20%. Alinhando-se ao intervalo

da influência positiva média entre 7,22%-87,64% no valor de casas na ZBD da ZG-Sede-ETE-Sul. Portanto, nesta zona, o impacto da implementação de ETE e EEE é baixo, pois o fator influenciante na valorização é o serviço de saneamento.

Recorrendo a interpolação espacial da influência mínima, máxima e média, 23,18%, 20,68% e 15,45% da ZG-Sede-ETE-Sul tenderam a se desvalorizar pela implementação de ETE e EEE, respectivamente ilustrado na Figura 8.

Alinhando-se a Cameron (2006), pela influência da direção e frequência da velocidade do vento, na ZID, imóveis ao nordeste (N)-(E) à ETE apresentaram maior tendência de desvalorização do que aqueles localizados noutras regiões, quando a influência da implementação de infraestrutura urbano-sanitária foi máxima (Figura 8B).

Contrariamente a esta interpretação, na ZID, em média, na região (N)-(E) onde implementou-se a ETE no bairro 4, por exemplo, a valorização foi tendência, explicado pela especulação imobiliária que considerou ser a implementação de ETE “mais-valia” urbana, ou externalidade ambiental positiva (amenidade) (Figura 8A, 8C). Esta mesma condição, de agregação de valor implícito das infraestruturas urbanas-sanitárias sobre o setor imobiliário, pode estar associada aos resultados obtidos na ZIBI-I e ZIBI-II Nestas referidas zonas indiretas, cuja influência da implementação de ETE é mínima e máxima, notou-se que, na direção (N)-(E), houve zonas de valorização em pouco mais de 30%, respectivamente ilustradas pelas Figura 8A e Figura 8B.

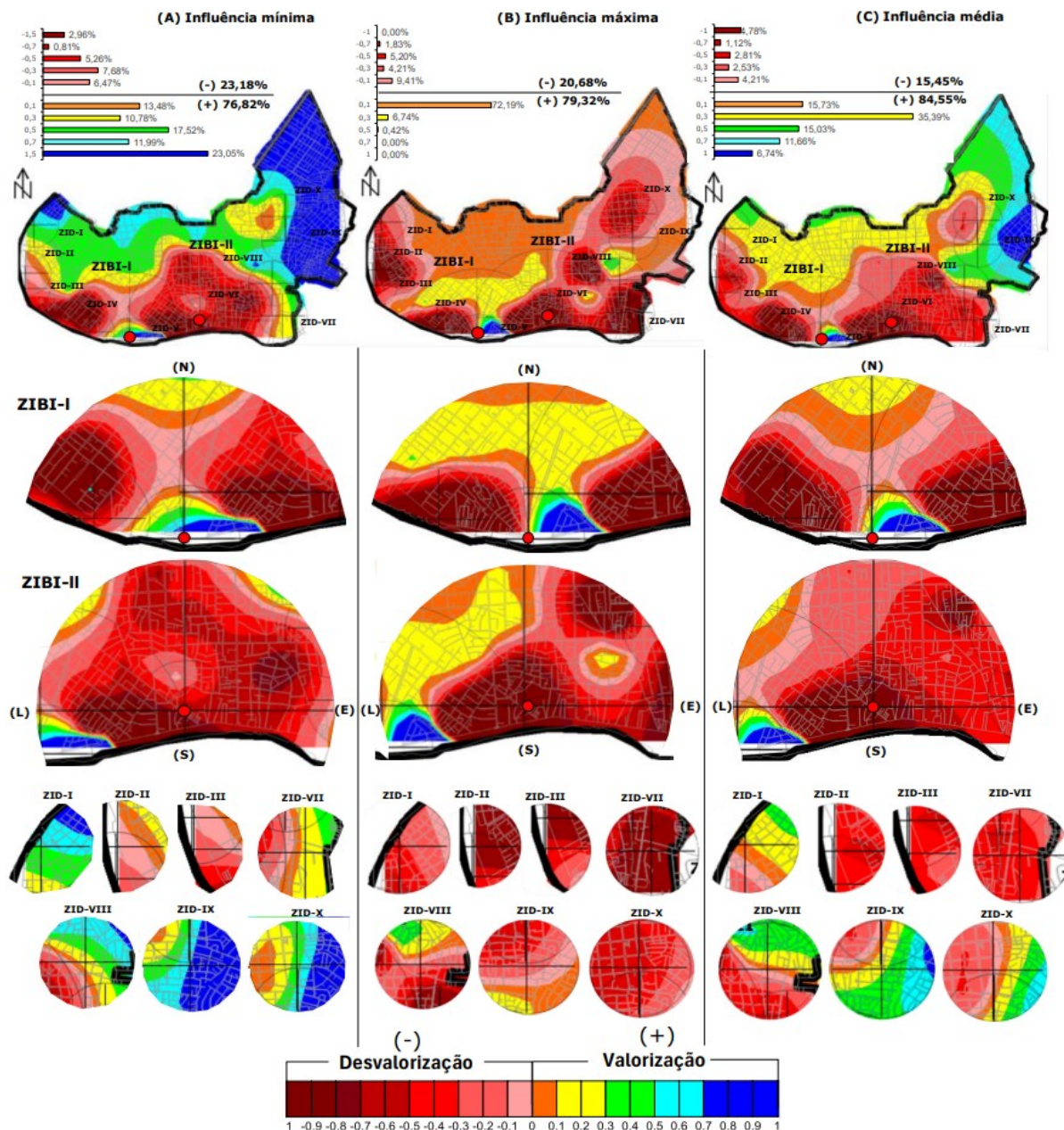


Figura 8: Mapeamento da Influência relativa da implementação de ETE/EEE sobre o valor de imóveis na ZG-Sede-ETE-Sul.

Em média, ainda que na região (N)-(E) da ZIBI-I tenham apresentado áreas com tendência de valorização, na ZIBI-II nesta mesma região apresentou tendência de desvalorização superior a 75% (Figura 8C). Nas ZID, que delimitam impactos advindo da operação de EEE, evidenciaram-se distintos comportamentos sobre o mercado imobiliário da ZG-Sede-ETE-Sul.

Considerando que a influência relativa da implementação de ETE/EEE reflete sobre o valor implícito. Em geral, pela influência média, imóveis situados na ZID tenderam a ficar mais baratos de R\$ 332,62/m²-R\$ 1.130,92/m². Nesta zona, delimitada à 500m da ETE, para cada 1m de distância, o metro quadrado das casas tende a ficar mais baratas entre R\$ 0,6652 a R\$ 2,2618.

Na ZIBI, a tendência é de desvalorização e valorização, respectivamente, onde imóveis podem ficar mais baratos em média até R\$ 759,55/m² e mais caros até R\$ 209,47/m². Na ZBD a tendência das casas foi tornaram-se mais caras entre R\$ 197,01/m²-R\$ 2.085,95/m² (Tabela 5).

Tabela 5: Valor unitário da implementação de ETE/EEE pela ZID, ZIBI e ZBD.

Zonas de Impacto/Benefício	Mínimo (R\$/m ²)	Máximo (R\$/m ²)	Média (R\$/m ²)
ZID	304,4 1.035,08 (-)	360,81 1.226,76 (-)	332,62 1.130,92 (-)
ZIBI	138,01 1.592,43(-)	483,62(-) 1.055,63(+)	759,55(-) 209,47(+)
ZBD	53,24 563,77(+)	425,96 3.608,12(+)	197,01 2.085,95(+)

Ainda que se possa considerar que, na ZIBI, o valor unitário das casas tende a ficar mais baratas em R\$ 0,50/m (R\$ 759,55/m²/1.500m), o impacto da implementação de infraestrutura urbano-sanitária nesta zona pode encarecer o metro quadrado das casas residências em cerca de R\$ 0,14/m de distância da ETE (R\$ 209,47/m²/1.500m). Em Narlıdere, província de Izmir, Turquia, Demircan (2018) concluiu que imóveis se valorizavam em 65.200 liras-turcas/100m da ETE (cerca de R\$ 9,0 em conversão atual). Desconsiderando a ação do vento, Demircan (2018) constatou valorização de R\$ 0,09/m, aproximando-se dos resultados da ZIBI.

Pela interpolação espacial de valores unitários, mais de 85% da ZG-Sede-ETE- Sul apresentou máxima valorização, cuja implementação de ETE e EEE sugeriu tendência de casas tornarem-se mais caras. Ao passo que, em mais de 14% da referida, imóveis apresentaram tendência de tornarem-se mais barato (Figura 9A).

Alinhando-se a condição da influência média da implementação de ETE e EEE, mais de 89% da ZG-ETE-Sul apresentaram tendência de tornarem-se mais caros, enquanto 11% desta zona os imóveis podem tornarem-se mais baratos (Figura 9B). Pela máxima influência da implementação das ETE, cerca de 13% e 87% da ZG- Sede-ETE-Sul

apresentaram tendências de tornarem as casas mais baratas e caras, respectivamente (Figura 9C).

Portanto, considerando áreas desvalorizantes e valorizantes, e suas influências e valores unitários nominais (Tabela 5), a implementação da infraestrutura urbanas-sanitárias pode impactar negativamente o setor imobiliário em até cerca de R\$ 7,6 bilhões (pouco mais de 25% do PIB de Belém/PA) (Tabela 6).

Tabela 6: Este é um exemplo de tabela.

Influência	ZG-Sede-ETE-Sul			
	Área (km²)		Impacto no setor imobiliário (R\$)	
	Desvalorizante	Valorizante	Negativo	Positivo
Mínima	5,38	17,85	R\$ 742.493.800,00	R\$ 950.334.000,00
Máxima	4,80	18,43	R\$ 7.643.664.000,00	R\$ 66.497.651.600,00
Média	3,59	19,64	R\$ 2.726.784.500,00	R\$ 40.968.058.000,00

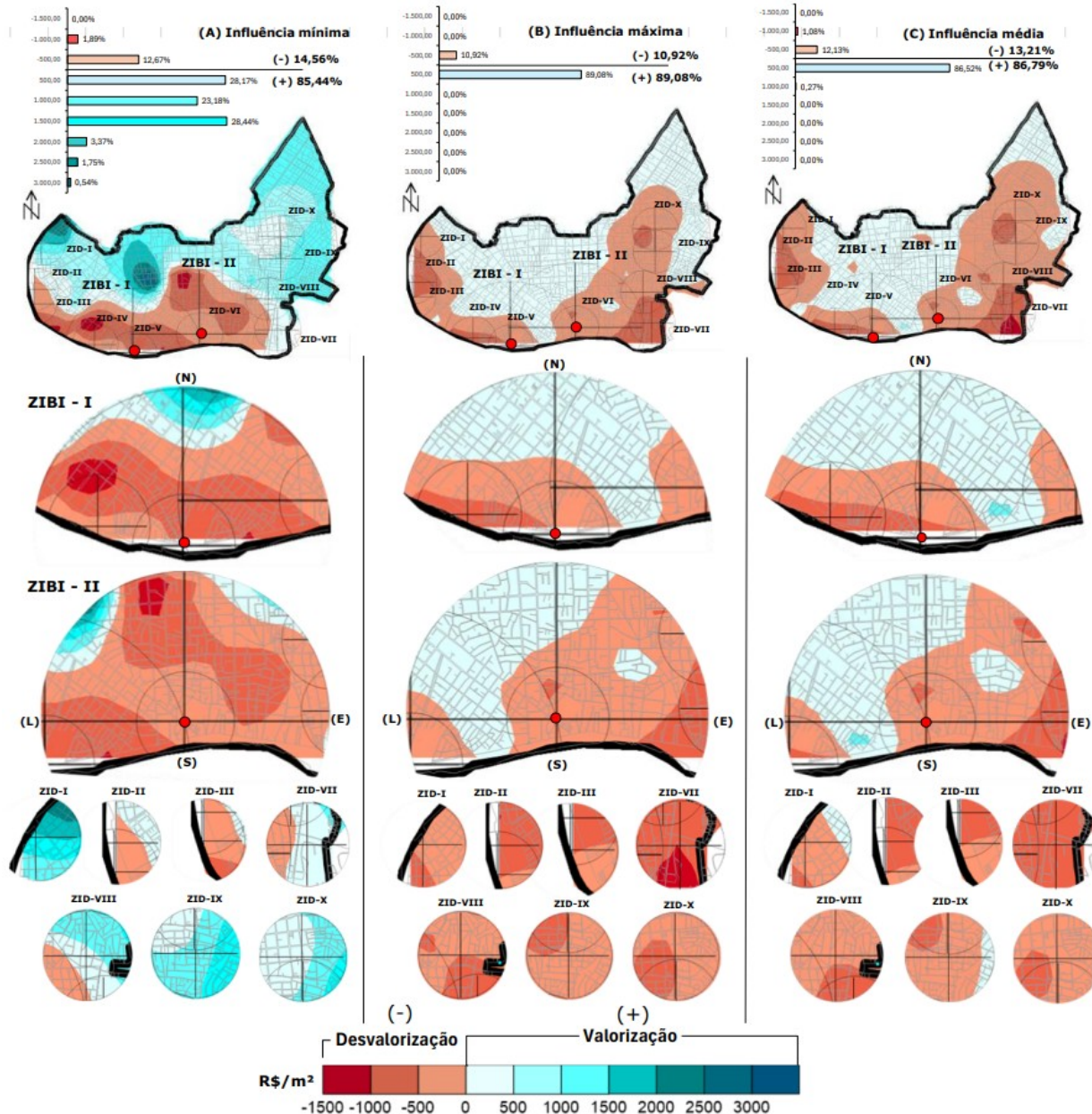


Figura 10: Mapeamento do valor unitário dos imóveis pela implementação de ETE/EEE na ZG-Sede-ETE-Sul.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho se propõe avaliar impactos da implementação de ETE e EEE sobre o setor imobiliário de Belém/PA. Para tanto, se desenvolveu metodologia hedônica, recorrendo-se, para tanto, a inferência estatística de regressão linear.

Aplicando o modelo hedônico na zona de gestão que, segundo o plano de saneamento do município, concentra 2-ETE e 9-EEE em 23,23km² de área densamente urbanizada, observou-se uma tendência de desvalorização média em até próximo de 79% dos valores de casas situados à 500m da ETE e EEE.

Ainda que, para além dos 500m tenham sido observados desvalorização, até 1.500m de distância das estações de tratamento, os imóveis apresentaram tendência de se valorizar em até cerca de 39%. Por outro lado, imóveis situados além de 1.500m das ETE apresentaram valorização média de até 87%.

A distância até as estações influenciou em cerca de 2% sobre o valor das casas. Entretanto, a ação dos ventos contribuiu em média cerca de 32% para que imóveis situados em regiões com maior frequência e intensidade tenha sido mais valorizado. A maior desvalorização foi identificada em regiões com menor frequência e intensidade dos ventos.

Estas conclusões basearam-se nos dados e na metodologia desenvolvida, pelo que foi possível aferir sobre a influência destas (des)amenidades sobre o valor de casas situadas em específica zona de gestão sanitária de Belém/PA.

Convém considerar que outras variáveis podem influenciar os valores das casas, valorizando-as e/ou desvalorizando-as. Para trabalhos futuros, além de outras (des)amenidades influenciarem o mercado imobiliário, é sugestivo aferir odores para validar este estudo.

Finalmente, este estudo pode auxiliar, preliminarmente, a implementação de políticas públicas de saneamento e planejamento urbano para mitigar impactos e melhorar a qualidade de vida urbana de cidades amazônicas, pois apresentam-se como preponderantes para a valorização do setor imobiliário.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-2 – Avaliação de bens - Parte 2: Imóveis urbanos**. São Paulo: ABNT, 2011.

ABIDOYE, R. B., CHAN, A. P. C. (2018). **Achieving property valuation accuracy in developing countries: the implication of data sources**. International Journal of Housing Markets and Analysis, 11(3), 573–585. <https://doi.org/10.1108/IJHMA-07-2017-0068>.

BARBOSA, A. J., SILVA, V. M. da. (2002). **Ocupação Urbana e Degradação Ambiental: a problemática do lançamento de efluentes domésticos nas bacias hidrográficas do município de Belém – PA** [Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária)]. Universidade Federal do Pará – UFPA.

BASTOS, T. X., PACHECO, N. A., NECHET, D., Sá, T. D. de A. (2002). **Aspectos climáticos de Belém nos últimos cem anos. Belém, PA**: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

CAMERON, T. A. (2006). **Directional heterogeneity in distance profiles in hedonic property value models**. Journal of Environmental Economics and Management, 51(1), 26–45. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2005.03.003>.

CASTANHEIRA, J. P. A., BAYDUM, V. P. A. (2015). **Percepção dos Impactos Socioambientais da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Relatados pelos Moradores do Residencial Olho d'Água, Jaboatão dos Guararapes, PE**. Revista Brasileira de Geografia Física, 8(03), 876–887.

CNI. (2018). **Saneamento Básico: Uma Agenda Regulatória e Institucional** (Vol. 24). Confederação Nacional da Indústria.

COSANPA (1999). Companhia De Saneamento Do Estado Do Pará. **Programa de Ação Social em Saneamento, Termo de Referência -PROSEGE**, Belém.

De NORONHA, T., VAZ, E. (2020). **V–O impacto da estrutura urbana no bem-estar e na felicidade**. Em J. H. DIAS (Org.), Perspetivas sobre a Felicidade. Contributos para Portugal no World Happiness Report (ONU): Vol. 2º Volume (p. 110– 128).

DEMIRCAN, G. (2018). **Effects Of The Odour From Wastewater Treatment Plants On Resident's Living Comfort And Property Values: Case Of Narlidere- İzmir**.

DRUCK, S., CARVALHO, M. S., CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M. V. (2004). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: Embrapa.

DUARTE, A. M., DE SOUZA ANGELIM, E. C., DAS NEVES, R. M., DUARTE, A. R. C. L. M., MANESCHY, C. E. A., NASCIMENTO, D. M., HADDAD, E. (2013). **The influence of urban violence and land title irregularity on the market value of properties: A case study in Belém, an Amazon metropolis**. Cities, 35, 147–155. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.07.006>.

GAZOLA, S. (2002). **Building a Regression Model for Property Valuation (in Portuguese)** [Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico]. <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82455>.

Gremaud, A. P., Vasconcellos, M. A. S. de, & Toneto Júnior, R. (2010). *Economia Brasileira Contemporânea* (Editora Atlas s.a., Org.; 7o ed).

Han, K., Vitale, J., Lee, Y.-G., & Ji, I. (2022). Measuring the Economic Value of the Negative Externality of Livestock Malodor in South Korea. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9475. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159475>.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2021). IBGE Cidades. Recuperado em 29 de março de 2024, de <https://cidades.ibge.gov.br/>.

Iftekhar, M. S., Burton, M., Zhang, F., Kininmonth, I., & Fogarty, J. (2018). Understanding social preferences for land use in wastewater treatment plant buffer zones. *Landscape and Urban Planning*, 178, 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.05.025>.

Invernizzi, M; Capelli, L; Sironi, S. (2017). Proposal of Odor Nuisance Index as Urban Planning Tool, *Chemical Senses*, Volume 42, Issue 2, 1 February, Pages 105–110, <https://doi.org/10.1093/chemse/bjw103>.

Journel, A. G. (1988). New distance measures: The route toward truly non- Gaussian geostatistics. *Mathematical Geology*, 20(4), 459–475. <https://doi.org/10.1007/BF00892989>.

Kaye, R., & Jiang, K. (2000). Development of odour impact criteria for sewage treatment plants using odour complaint history. *Water Science and Technology*, 41(6), 57–64. <https://doi.org/10.2166/wst.2000.0093>.

Lopes, J.T.D; Alonso, N.R.P (2014). *Engenharia de Avaliações*. São Paulo: Ed. Leud.

Lima, G.V. B. A. Influência de inundações no valor de aluguel de imóveis comerciais em Belém, Brasil. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Pará. Belém.

LINS, G. A. (2010). *Impactos Ambientais em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs)* [Dissertação]. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Lisbôa, E. G. (2023). Contribuições ao Processo de Seleção de Tecnologias de Tratamento de Esgotos em Zonas Urbanas: Proposta de uma Modelagem Multicritério. Universidade da Amazônia - UNAMA.

LISBOA, É. G., LISBOA, R. E. B., BELLO, L. A. L. (2024). A influência dos alagamentos e do bem-estar urbano no mercado imobiliário de apartamentos: o caso da cidade de Belém/PA, Brasil. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 16. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.016.e20230157>.

Mallows, C. L. (1995). More Comments on Cp. *Technometrics*, 37(4), 362–372. <https://doi.org/10.1080/00401706.1995.10484370>.

Montgomery, D., & Runger, G. (2012). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. Rio de Janeiro.

Moreira, F. da S. de A., Dias, G. F. de M., Vitorino, M. I., Silva, J. C. C. da, & Holanda, B. S. de. (2019). Caracterização da Urbanização e seu Impacto nas Variáveis Socioambientais: Guamá e Nazaré em Belém, Pará. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 5(17), 11775. <https://doi.org/10.18764/2446-6549.2019.11775>.

Muhammad, I. (2017). Disamenity impact of Nala Lai (open sewer) on house rent in Rawalpindi city. *Environmental Economics and Policy Studies*, 19(1), 77–97. <https://doi.org/10.1007/s10018-015-0136-z>.

Nechet, D., dos Santos, A. H. M., da Costa, C. P. W., & de Souza, D. C. (2005). Estudo do Vento Predominante de São Luís/MA, de Belém/PA, e de Macapá/AP. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia (14.: 2005 jul. : Campinas,BR-SP) Anais [recurso eletrônico].

Nery, J. T., & Jundiaí, A. C. C. (2013). *Glossário de termos técnicos em Meteorologia e Climatologia*. Paco Editorial.

Nór, N.N.F (2014). Avaliação de Terrenos Urbanos. In: IBAPE /SP (São Paulo) (Org.). *Engenharia de Avaliações*. 2. ed. Leud,. São Paulo, v. 1, Cap. 5. p. 205-241.

Park, D. (2005). Livestock Industry Odor Reduces the Property Value-Spatial Hedonic Model. *Environmental and Resource. Econ. Rev.*, 14, 923–941.

Pereira, D. S. P.; Abicalil, M. T. (1999). Saneamento: os desafios do setor e a política nacional de saneamento. In: *Infraestrutura: perspectivas de reorganização; saneamento*. Brasília: IPEA. p. 107-137

PMSB (2020). Plano Municipal de Saneamento Básico- V 3- Belém-PA- Sistema de Esgotamento Sanitário. 2020. Disponível em:

<https://arbel.belem.pa.gov.br/legislacao/pmsb-plano-municipal-de-saneamentobasico/>. Acesso em: 01/02/2024.

PMSB. (2014a). Plano Municipal de Saneamento Básico - V1- Belém - PA – Sistema de Esgotamento Sanitário. Disponível em: http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/PMSB-Belém-PA_Volume-I2.pdf. Acesso em: 17/01/2024.

PMSB. (2014b). Plano Municipal de Saneamento Básico - V2- Belém - PA – Sistema de Esgotamento Sanitário. Disponível em: http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/PMSB-Belém-PA_Volume-II2.pdf. Acesso em: 17/01/2024.

Poitras, G. (2006). More on the correct use of omnibus tests for normality. *Economics Letters*, 90(3), 304–309. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2005.08.016>

Portela, R.S. (2004). Participação Popular e Metamorfoses no Planejamento e na Gestão do Espaço Urbano. *Adcontar*, Belém, v. 5, n.1. p. 15-34, junho.

Poy, L. H. (2019). Avaliação de Imóvel Vizinho a uma Ete: Consideração de Aspectos Qualitativos Desvalorizantes Diversos e Presença de App. Um Estudo de Caso.

Ribeiro, L. C. de Q., & Ribeiro, M. G. (2013). Índice de Bem-Estar Urbano (IBEU). Rio de Janeiro, Letra Capital/Observatório das Metrópoles.

Rocha, R. de M., & Magalhães, A. (2013). Valoração das amenidades urbanas: uma estimação a partir dos diferenciais salariais e do custo de habitação para as regiões metropolitanas brasileiras. *Revista de Economia Contemporânea*, 17(1), 69–98. <https://doi.org/10.1590/S1415-98482013000100003>.

Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of political economy*, 82(1), 34–55.

Seabra, D. M. da S., Silveira Neto, R. D. M., & Menezes, T. A. de. (2016). Urban amenities and Real State Value: An Empirical Analysis for Recife City. *Economia Aplicada*, 20(1), 143. <https://doi.org/10.11606/1413-8050/ea147474>.

SILVA, V. M. da. (2005). Plano diretor setorial do sistema de esgotamento sanitário: alternativas de concepção para a área de maior adensamento populacional do município de Belém-PA [Dissertação].

SINDUSCON-PA. (2024). Custos Unitários Básicos de Construção.

SNIS. (2023). Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto. www.snis.gov.br.

Soares, V. A. (2018). Value Analysis of Green Areas as a Component Element of the Real Estate Product in the City of Belém (in Portuguese) [Dissertação (Mestrado)]. Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará.

Souza, C. L. de. (2010). Estudo das rotas de formação, transporte e consumo dos gases metano e sulfeto de hidrogênio resultantes do tratamento de esgoto doméstico em reatores UASB. Escola de Engenharia da UFMG.

Sucker, K., Both, R., Bischoff, M., Guski, R., & Winneke, G. (2008 a). Odor frequency and odor annoyance. Part I: Assessment of frequency, intensity and hedonic tone of environmental odors in the field. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 81, 671–682.

Sucker, K., Both, R., Bischoff, M., Guski, R., Krämer, U., & Winneke, G. (2008 b). Odor frequency and odor annoyance Part II: dose–response associations and their modification by hedonic tone. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 81, 683–694.

White, H. (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica*, 48(4), 817. <https://doi.org/10.2307/1912934>.

Yang, L., Chau, K. W., & Chen, Y. (2021). Impacts of information asymmetry and policy shock on rental and vacancy dynamics in retail property markets. *Habitat International*, 111, 102359. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102359>.