

Freitas, G. M.<sup>1</sup>; Amaral, H. A.<sup>2</sup>

*Graduandas, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

Júnior, A. C. A. G.<sup>3</sup>

*Professor Me., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil*

<sup>1</sup> [eng.civ.gabriellafreitas@gmail.com](mailto:eng.civ.gabriellafreitas@gmail.com); <sup>2</sup> [heloisa.aa@hotmail.com](mailto:heloisa.aa@hotmail.com); <sup>3</sup> [antoniogamajr@gmail.com](mailto:antoniogamajr@gmail.com)

**RESUMO:** Os desafios do mercado da construção civil são diversos, sendo um deles a tomada de decisão de investir de forma rápida e assertiva. Na fase de análise de viabilidade, geralmente não há projetos complementares e nem estudos arquitetônicos detalhados, por demandarem tempo e custos. Os estudos são então realizados através dos estudos de massa, que são a configuração do produto imobiliário no terreno, na forma de estudo preliminar do projeto arquitetônico. O presente trabalho tem por objetivo gerar de um modelo matemático, através de indicadores de área e custo para auxiliar na tomada de decisão de forma mais concreta, rápida e com certo grau de assertividade. Com posse de dados fornecidos por uma construtora/incorporadora parceira, foram gerados indicadores de área e custo que foram relacionados em um modelo matemático estatístico, denominado regressão linear simples. A análise univariada dos indicadores de área privativa equivalente por área privativa real e do custo do empreendimento pela área comum equivalente, resultou na melhor regressão linear dentre todas as outras combinações de indicadores. Concluiu-se então que o custo dos empreendimentos pode ser estimado através da equação da regressão linear dos dois indicadores citados acima, com um grau de assertividade de 95%.

*Palavras-chaves: Indicadores de áreas, indicadores de custo, regressão linear, previsão de custo.*

**Área de Concentração:** Construção civil.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios do mercado imobiliário na área de lançamento de novos empreendimentos é a rapidez nas tomadas de decisões. Para que sejam assertivas e com a velocidade que o mercado exige, é necessário possuir conhecimento de métodos de análise de viabilidade econômica, atrelados com modelos matemáticos e indicadores de desempenho de projetos para que possa definir a qualidade de ganhos potenciais que podem vir a se concretizar.

Na fase de análise de viabilidade e aquisição do terreno, geralmente não há projetos complementares nem estudos arquitetônicos detalhados, por demandarem tempo e custos. Os estudos são então realizados através dos estudos de massa, que são a configuração do produto imobiliário no terreno, na forma de estudo preliminar do projeto arquitetônico.

A escassez de pesquisas acadêmicas sobre indicadores de desempenho do projeto arquitetônico no estudo de viabilidade, motivou a elaboração deste trabalho, que tem por objetivo gerar de um modelo matemático, através de indicadores de área e custo que auxiliem na determinação prévia dos custos da obra. E, conseqüentemente, no estudo de viabilidade de implantação de empreendimentos imobiliários, de maneira a auxiliar o departamento de viabilidade para tomadas de decisões mais concretas, rápidas e com certo grau de assertividade, de modo a não serem somente decisões intuitivas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Análise de viabilidade

Para garantir aprovação de um projeto de investimento em empreendimento imobiliário, faz necessário um estudo de viabilidade eficaz capaz de indicar se sua

implantação é viável (BUARQUE, 1989<sup>1</sup>; SOUZA e CLEMENTE, 2008<sup>2</sup>; LUCHTEMBERG *et al.*, 2010<sup>3</sup>; RASOTO *et al.*, 2012<sup>4</sup>; *apud* LIMA *et al.*, 2015), considerando questões técnicas, métodos de análise e o cenário do mercado da construção civil com suas incertezas e riscos.

Na busca por investidores, em meio as demasiadas opções de investimentos, a decisão de investir deve ser baseada basicamente calculando a diferença entre o valor a ser aplicado no empreendimento (o custo do empreendimento) e o valor de retorno, gerando um lucro (SILVA, 1995).

## 2.2 Métodos de análise de viabilidade

É necessário utilizar um bom modelo matemático e conhecer todos os índices aplicáveis no cálculo para efetuar a análise de viabilidade mais próximo possível da realidade (SILVA, 1995).

Apesar do grande retorno financeiro proporcionado pelos imóveis, deve-se considerar o retorno lento, o grande volume de recursos financeiros envolvidos, a baixa liquidez, o longo tempo de produção e o fato de os investidores, em geral, serem pessoas físicas (OLIVEIRA, 2017).

Para Lima (*et al.*, 2008), a viabilidade de um projeto é amplamente analisada em função dos parâmetros determinísticos como *payback*, taxa de retorno, valor presente líquido e grau de risco.

## 2.3 Impacto do projeto na viabilidade

O projeto é uma variável monitorável que possui grande impacto no estudo de viabilidade de um empreendimento, pois define o produto que será comercializado e os custos para sua execução. As decisões relacionadas ao nível de acabamento, distribuição de espaços e quantidade de pavimentos, definem diferenças em termos de custo para o empreendimento e são dependentes da estratégia planejada da empresa construtora em função da adequação do edifício a seus clientes.

Segundo Ramos e Cardoso (2003), é na concepção e análise do projeto arquitetônico, que se define a qualidade de ganhos potenciais que podem vir a se concretizar. Reduções de custo nessa etapa de concepção podem ser obtidas por meio da especificação de materiais de menor custo e a partir de um projeto arquitetônico que colabore para a maximização da eficácia na fase de execução.

Contudo, como o estudo da viabilidade econômica é feito sobre fluxos de caixa (depende de entradas e saídas de capital), a redução dos custos, vista de forma isolada, não é suficiente para verificar a eficiência de um projeto arquitetônico. A rentabilidade do empreendimento está associada à parcela comercializável do que gerou custo. O estabelecimento de critérios e parâmetros para avaliar quão eficiente é o projeto arquitetônico do empreendimento pode ser feito através de indicadores de área.

## 2.4 Indicadores

O projeto de um sistema de indicadores de desempenho segundo Waggoner *et al.* (1999<sup>5</sup>, *apud*. Costa *et al.* 2005), abrange as definições dos seguintes elementos: procedimento para coleta e processamentos de dados, formatos e periodicidade para a distribuição da informação, um processo de avaliação que permita a identificação de ações para melhoria do desempenho.

Foi utilizado um indicador de representatividade, escolhido ou formulado de forma que possa representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se refere, juntamente com o indicador de alinhamento com objetivos estratégicos, por estarem relacionados a fatores essenciais ou críticos do processo a ser avaliado.

## 2.5 Indicadores de desempenho de projeto

Um conjunto de medidas (ou indicadores) utilizadas para quantificar a eficiência ou eficácia de um processo constitui um sistema de medição de desempenho.

Para Costa (*et al.*, 2005), as medidas de desempenho podem ser classificadas de diferentes maneiras, de acordo com a necessidade de informação da empresa,

<sup>1</sup> Buarque, C. **Avaliação Econômica de Projetos**. 4th ed. Rio de Janeiro: Campus, Rio de Janeiro, 1989.

<sup>2</sup> Souza, A. Clemente, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações**. 6th ed. São Paulo: Atlas, 2008.

<sup>3</sup> Luchtemberg, I.C., de Lima, J.D., Trentin, M.G. and Oliveira, G.A. **Viabilidade Técnica e Econômica da Verticalização na Produção de Válvula Reguladora de Pressão para Painéis de Pressão em Indústria de Artefatos de Alumínio**. In: XXX ENCONTRO

NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010, São Carlos.

<sup>4</sup> Rasoto, A., Gnoatto, A. A., Oliveira, A.G. de, Rosa, C.F. da Ishikawa, G., Carvalho, H. A., de Lima, I. A. de Lima, J. D., de Trentin, M. G., Rasoto, **Gestão Financeira: Enfoque em Inovação**. Vol. 06. Curitiba: Série UTFInova, 2012.

<sup>5</sup> WAGGONER, D.B.; NELLY, A.D.; KENNERLEY, M.P. **The forces that shape organisational performance measurement system: an interdisciplinary review**. In: INTERNATIONAL JOURNAL PRODUCTION ECONOMICS, Amsterdam, v.60-61, p53-60, Apr.1999.

sua estrutura de organização e tomada de decisão. Os indicadores de resultado, que avaliam o atendimento aos objetivos definidos pela empresa, podem ser estabelecidos para avaliar se o desempenho do produto foi alcançado (COSTA *et al.*, 2005).

Para um empreendedor do ramo imobiliário, o principal indicador para determinar a rentabilidade potencial do empreendimento é a relação entre a área privativa e área equivalente de construção, uma vez que reflete, em percentuais, a relação entre a área comercializável e a área que reflete o custo da construção (RAMOS E CARDOSO, 2003).

## 2.6 Mercado

Para Gosling, Keogh e Stabler (1993<sup>6</sup>, *apud* SILVA, 2016), o mercado habitacional ajusta-se continuamente às variações econômicas e sociais se alinhando ao comportamento demográfico e da renda, e a variáveis como o nível da taxa de juros e a disponibilidade de financiamentos hipotecários, o tempo oferecido para o financiamento, entre outras (BALARINE, 1995). A definição do produto é feita a partir da caracterização do mercado, das limitações arquitetônicas e construtivas, da legislação vigente e das técnicas para dar início ao estudo inicial conhecido como Estudo de Massa.

## 2.7 Estudo de massa

O estudo de massa é a configuração do produto imobiliário no terreno, na forma de estudo preliminar do projeto arquitetônico. Segundo Viana (2008<sup>7</sup>, *apud*. GOMES 2013), os estudos de massa levam em conta as características do terreno (localização, formato, confrontações), a legislação edilícia e o plano diretor do local, os quais são específicos para cada município e o produto que se deseja construir.

De maneira geral, este estudo é um quadro resumo, elaborado por um arquiteto, do investimento que se deseja viabilizar, que contém informações como a área livre do lote, número de unidades, número de vagas total, por área privativa e/ou por unidade, IAT (Índice de Aproveitamento do Terreno, que, multiplicado pela área total do terreno, fornece o ATE - Área Total Edificável), taxa de ocupação, atendendo a expectativa do mercado e do incorporador, visando o melhor aproveitamento do terreno, tanto arquitetonicamente quanto financeiramente (CUSTÓDIO *et al.* 2018).

## 2.8 Modelo matemático estatístico - Regressão Linear simples

Deve-se ser entendido como modelo uma representação simplificada de uma determinada realidade. Para Canhanga (2020), um modelo matemático é uma representação abstrata, por símbolos, de informações relacionadas ou concretas ao realizável através de um certo conjunto de relações. A análise de regressão é uma forma de prever alguma realidade ou resultado, relacionando o fator que pretende entender ou prever, conhecido como variável de resposta ou dependente, a partir de uma ou mais variáveis preditoras, explicatória ou independente. Esta análise pode ser univariada, conhecida como regressão simples, avaliando isoladamente a relação entre cada possível variável resposta e a variável independente, sem levarem conta as outras possíveis variáveis, e multivariada, conhecida como regressão múltipla, em que a variável resposta é avaliada em função de um conjunto de variáveis independentes.

Em um projeto de pesquisa, geralmente muitas variáveis são reputadas importantes para responder uma pergunta, porém em um modelo de regressão deve-se incluir apenas algumas delas, vista aquelas que o pesquisador julgar terem um relacionamento verdadeiro, sendo possível considerar muitos modelos diferentes ao longo do percurso (MOREIRA, *et al.* 2020). A regressão linear estima coeficientes da equação linear, com o propósito de prever o comportamento de uma variável dependente (quantitativa) em função de uma ou mais variáveis independentes (quantitativa ou qualitativa binárias), simples ou múltiplas. Segundo Moreira (*et al.* 2020) os valores são estimados a partir do resultado da função de uma reta, assumindo a relação entre as variáveis por meio dela, quando conhecendo as variáveis que afetam o seu comportamento. As variáveis dependentes, qual deseja descobrir, são representadas no eixo “Y”, estas devem ter uma distribuição normal ou aproximadamente normal, enquanto as variáveis preditoras (independentes) são representadas no eixo “X”.

É necessário validar a regressão linear para que os resultados sejam confiáveis. Esta validação é feita através dos resíduos, esses representam o erro que está presente no modelo utilizado, correspondendo a diferença entre o valor previsto e o observado. Os pré-requisitos para realização da análise são (MOREIRA, *et al.* 2020):

<sup>6</sup> GOSLING, J., KEOGH, G., STABLER, M. **House extensions and housing market adjustment: a case-study of Wokingham.** *Urban Studies*, Vol.30, N.9, November, 1993. pp.1561-76.

<sup>7</sup> VIANA, D. **Viabilidade de Empreendimentos Imobiliários e Incorporações.** Fundação Getúlio Vargas, 2008.

*Normalidade dos resíduos: O erro que consiste na diferença entre a variável dependente e a estimação feita pelo modelo deve ter distribuição normal. Essa distribuição normal é fundamental para que os resultados do ajuste do modelo sejam confiáveis, sendo possível verificar sua normalidade por meio de uma inspeção visual como no caso de gráficos de probabilidade normal.*

*Homocedasticidade: A variância do erro experimental para observações distintas deve ser constante, ou seja, deve ser homocedástico. Pode-se verificar a homocedasticidade através do gráfico de resíduos do tipo scatterplot, onde no eixo "X" é apresentada a relação dos valores preditos e no eixo "Y" os valores residuais, sendo que a distribuição desses resíduos não deve exibir nenhum padrão óbvio, previsto. Desta maneira, os pontos aleatoriamente distribuídos, sem nenhuma tendência ou comportamento, tem indícios de que a variância dos resíduos é homoscedástica.*

Analisado os resíduos, deve-se analisar se a regressão é significativa e para isso deve-se observar o resultado do ANOVA. Para valores  $p\text{-value} > 0,050$ , não há evidências para concluir que o modelo é importante para explicar a variável desfecho, visto que as variáveis independentes não exercem influência na variável dependente.  $P\text{-value} \leq 0,050$ , pode-se concluir que pelo menos uma das variáveis do modelo é importante para explicar a variável desfecho (MOREIRA, et al. 2020).

Outro valor verificado é o coeficiente de determinação, conhecido como "R<sup>2</sup>". Este coeficiente é um indicador para analisar o ajuste do modelo adotado, indicando a proporção da variabilidade de "Y" que pode ser explicada pela variabilidade de "X" (MOREIRA, et al. 2020). Com o valor do "R<sup>2</sup>" mais próximo de um, aponta que o modelo explica toda a variabilidade dos dados de desfecho ao redor da sua média.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho foi uma pesquisa analítica, por se tratar de uma pesquisa quantitativa que envolve uma avaliação profunda das informações coletadas em um determinado estudo, como forma de procurar explicar a relação causa e efeito (FONTELLES, et al. 2009).

Uma empresa construtora e incorporadora de Goiânia-GO, que atua na área há mais de 40 anos nos estados de Goiás, São Paulo e no Distrito Federal e possui mais de 160 empreendimentos imobiliários lançados e

entregues em 16 cidades brasileiras, forneceu os quadros de áreas solicitados na NBR 12.721 e o custo de execução de 5 obras da cidade de Goiânia de médio-alto padrão, relacionados na Tabela A. A quantidade reduzida de empreendimentos disponibilizados para o estudo dá-se porque o histórico de custo dos empreendimentos foi perdido pela empresa, restando apenas o custo dos 5 empreendimentos desse padrão.

**Tabela A – Custos**

Empreendimento	Custo (C)
Emp. 01	R\$ 53.049.672,06
Emp. 02	R\$ 44.502.727,91
Emp. 03	R\$ 43.897.686,70
Emp. 04	R\$ 52.177.103,72
Emp. 05	R\$ 77.329.709,95

**Fonte: próprio autor (2020).**

Foram extraídas do Quadro III da NBR 12.721 e relacionadas na Tabela B do Apêndice, as áreas totais, privativas e comuns, reais e equivalentes, dos empreendimentos, a partir das quais originaram-se os indicadores de área da Tabela C do Apêndice, que consistem na razão de uma área pela outra. Também, foram gerados os indicadores de custo da Tabela D do Apêndice através da razão entre os custos, corrigidos pelo INCC e trazidos a valor presente do mês de setembro/2020, e as áreas obtidas do Quadro III da NBR 12.721.

Verificou-se na Tabela E do Apêndice o quanto cada indicador de área varia em relação à média dos indicadores e foram excluídos das análises subsequentes os indicadores cuja variação excedeu 15% em ao menos uma das obras. Posteriormente, foi feita a regressão linear, com o auxílio do Excel, de todas as 30 combinações dos indicadores de área e de custo, relacionando o fator que pretende conhecer (variável de resposta ou dependente), que é o custo/m<sup>2</sup>, com as variáveis preditoras (indicadores de área). A tomada de decisão da melhor regressão linear foi feita observando os valores de R<sup>2</sup>, F de significação, valor-P e as representações gráficas dos resíduos gerados no Excel.

Após definida a melhor regressão, gerou-se o gráfico de dispersão de suas variáveis preditoras e variáveis respostas, no qual foi adicionada a linha de tendência, cuja equação é a função utilizada para estimar os valores do custo/m<sup>2</sup> de área.

4.1 Escolha dos indicadores de área (variável independente)

Com base na análise da variação dos indicadores de área em relação às médias da Tabela E do Apêndice, foram desconsiderados do estudo os indicadores da Tabela F do Apêndice, pois tiveram variação superior a 15% em ao menos um dos empreendimentos. Os demais indicadores de área foram relacionados aos indicadores de custo nas regressões lineares.

4.2 Regressões lineares

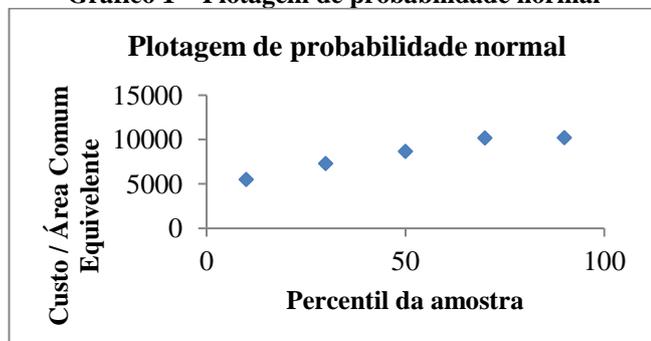
Os resultados obtidos nas regressões lineares foram resumidos na Tabela G do Apêndice de acordo com os critérios adotados para validação da regressão. A regressão linear simples que resultou no R<sup>2</sup> mais próximo de 1 foi a relação entre a variável independente  $\frac{\text{Área Privativa Equivalente}}{\text{Área Privativa Real}} \cdot \frac{\text{Custo}}{\text{Área Comum Equivalente}}$  e a variável dependente  $\frac{\text{Área Privativa Real}}{\text{Custo}}$ , cujo R<sup>2</sup> foi de 0,967, ou seja, a variável independente (indicador de área) está influenciando a variável dependente (indicador de custo) em 97%, apontando que o modelo explica toda a variabilidade dos dados de desfecho ao redor da sua média.

Após determinada a melhor regressão com base no R<sup>2</sup>, foi validada levando em conta os seguintes pré-requisitos:

4.2.1 Normalidade dos resíduos

Através de uma inspeção visual do gráfico de probabilidade normal, Gráfico 1, gerado a partir da regressão simples do Excel, foi possível concluir que os erros são normalmente distribuídos, já que os pontos do gráfico seguem o comportamento de uma reta.

Gráfico 1 – Plotagem de probabilidade normal

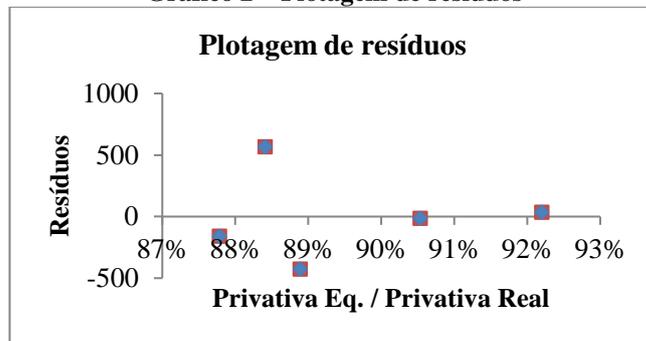


Fonte: próprio autor (2020).

A distribuição normal do erro é fundamental para que os resultados do ajuste do modelo sejam confiáveis.

Analisando o Gráfico 2, foi possível determinar que a variância do erro experimental para observações distintas é homocedástica, ou seja, constante, visto que os pontos do gráfico originados através da relação entre a variável independente, eixo “X”, e os valores residuais, eixo “Y”, estão aleatoriamente distribuídos, sem nenhum comportamento.

Gráfico 2 – Plotagem de resíduos



Fonte: próprio autor (2020).

4.2.3 Análise de significância utilizando o ANOVA

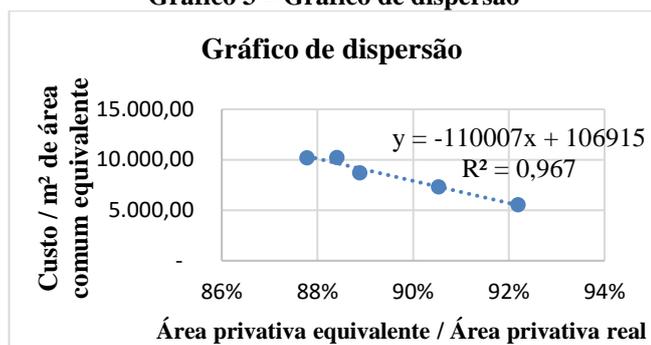
Os resultados do modelo matemático estatístico pertinentes ao estudo podem ser exibidos em uma tabela denominada tabela de “Análise de Variância” ou “Tabela ANOVA”, Tabelas I a M do Apêndice. Com esta tabela é possível determinar a significância da regressão.

Pelo o estudo em questão ter somente uma variável preditora (indicador de área),  $\frac{\text{Custo}}{\text{Área Comum Equivalente}}$ , o valor “F de significação” e o “valor-P” são iguais. Como o valor do “Valor-P” foi menor que 0,05, pode-se concluir que o modelo de regressão linear é importante para explicar a variável resposta, resultando em um teste significativo.

4.3 Gráfico de dispersão

Assumindo a relação entre as variáveis do eixo “x” (indicadores de área) e as variáveis do eixo “Y”, (indicadores de custo), como uma reta, foi possível determinar a função  $y = -110007x + 106915$ , conforme o Gráfico 3.

Gráfico 3 – Gráfico de dispersão



Fonte: próprio autor (2020).

Com o resultado da função é possível estimar valores de custo, ao multiplicar a área comum equivalente pelo o indicador  $\frac{\text{Custo}}{\text{Área Comum Equivalente}}$  encontrado através da função da reta.

#### 4.4 Simulação

Realizada a simulação dos custos dos empreendimentos estudados utilizando a equação da reta do Gráfico 3, foi possível comparar o custo real com o custo originado da equação resultante desse estudo. O comparativo está apresentado na Tabela H do Apêndice.

Analisando a tabela, verifica-se que a assertividade está dentro dos 95% que foi considerado para a realização da regressão linear simples, visto que as variações do custo estão entre 5% ( $V \geq 5\%$ ).

## 5 CONCLUSÕES

A regressão linear simples é um modelo matemático que pode ser usado em muitos casos como ferramenta para fazer previsões quantitativas. A utilização de *softwares* ajuda de forma mais rápida a buscar possíveis soluções de problemas modelados e tomar decisões de forma rápida e assertiva.

Após analisados os dados com os elementos essenciais da regressão linear simples, pode-se concluir que o custo dos empreendimentos em geral, estão relacionados às áreas. Para empreendimentos de médio-alto padrão, o custo por metro quadrado de área comum equivalente pode ser obtido pela função  $f(x) = -110007x + 106915$ , onde  $x$  é a razão da área privativa equivalente pela área privativa real. O produto do resultado da função pela área comum equivalente gerará um custo com 95% de precisão.

O resultado desse trabalho possibilita uma previsão precisa do custo do empreendimento, o que auxiliará num estudo de viabilidade mais ágil, assertivo e sem necessidade de tomadas de decisão intuitivas.

Para a obtenção de equações com um grau de confiabilidade ainda maior, seria necessário a realização desse estudo com uma quantidade maior de empreendimento. Sugere-se também que se faça um estudo através de regressão múltipla.

## 6 AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaríamos de agradecer a Deus. Agradecemos, também, ao nosso orientador Antônio Claret por aceitar conduzir nosso trabalho de pesquisa e por toda disponibilidade tempo e ajuda prestados. A construtora/incorporadora parceira, por nos disponibilizar dados dos empreendimentos analisados. A todos os nossos professores do curso de engenharia de engenharia civil da Pontifícia Universidade Católica de Goiás por todos ensinamentos e experiências compartilhados. E por fim, agradecemos aos nossos professores Erika Sakai e Marcilon Fonseca por aceitarem o convite em fazer parte da nossa banca avaliadora e em especial ao Marcilon, por ter nos orientado na melhor forma de analisar nossa pesquisa, pelo tempo disponibilizado e pelas críticas construtivas feitas no nosso trabalho.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SILVA, Mozart Bezerra. **Planejamento financeiro para o setor da construção civil**. Texto Técnico 11 (TT/PCC/11). São Paulo: EPUSP, 1995.
- OLIVEIRA, Evandro Miliardo de Souza. **Análise de viabilidade econômico-financeira de um empreendimento imobiliário na cidade de Campo Mourão-PR**. 2017. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2017.
- LIMA, E. C. P.; VIANA, J. C.; LEVINO, N. A.; MOTA, C. M. M. **Simulação de Monte Carlo auxiliando a análise de viabilidade econômica de projetos**. In: IV CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. Niterói, 2008.
- RAMOS, Augusto C. Rangel.; CARDOSO, Bruno Nagem. **Modelo de Análise Preliminar de Desempenho de Projeto Arquitetônico e sua Influência na Viabilidade Econômica do Empreendimento**. 2003. Monografia - UFB, Salvador, 2003.
- COSTA, Dayana Bastos. **Sistema de Indicadores para benchmarking na construção civil: manual de utilização**. Porto Alegre: NORIE, 2005.
- BALARINE, O. **Determinação do impacto de fatores sócio econômicos na formação do estoque habitacional em Porto Alegre**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

- 
- CUSTÓDIO, Camila C. Canelo; CÂNDIDO, Marcos T. Campos. **Análise de viabilidade de empreendimentos: Estudo de caso.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.
- FONTELLAS, Renata Garcia Simões. **Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa.** Belém, 2009.
- CANHANGA, Anastácio P. Espandi. **Modelo Matemático de Previsão de Vendas: Regressão Linear Simples.** Cadernos do IME – Série Matemática, 2020.
- MOREIRA, Michele S.; RODRIGUES, Marina P.; FERREIRA, Charles F.; NIENOV, Otto H. **Bioestatística Quantitativa Aplicada.** Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde: Ginecologia e Obstetrícia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

## 8 APÊNDICES

**Tabela B – Áreas extraídas do Quadro III**

Empreendi- -mento	Área Total (m <sup>2</sup> )		Área Privativa (m <sup>2</sup> )		Área Comum (m <sup>2</sup> )	
	Equivalente (TE)	Real (TR)	Equivalente (PE)	Real (PR)	Equivalente (CE)	Real (CR)
Emp. 01	23.690,61	29.623,69	17.595,33	19.794,88	6.095,28	9.828,81
Emp. 02	20.487,01	25.338,04	16.135,31	18.251,28	4.351,70	7.086,76
Emp. 03	21.985,88	26.884,28	17.394,99	19.213,64	4.590,89	7.670,64
Emp. 04	27.813,55	31.979,31	18.373,61	19.928,76	9.439,94	12.050,55
Emp. 05	33.306,41	42.448,51	25.715,69	29.294,74	7.590,72	13.153,77

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela C – Indicadores de área**

Empreendi- -mento	TE / TR	PE / PR	CE / CR	CR / TR	PR / TR	CR / PR	CE / TE	CR / TE	PE / TE	CE / PE	PR / TR	CE / TR	CR / PE
Emp. 01	80%	89%	62%	33%	67%	50%	26%	41%	74%	35%	67%	21%	56%
Emp. 02	81%	88%	61%	28%	72%	39%	21%	35%	79%	27%	72%	17%	44%
Emp. 03	82%	91%	60%	29%	71%	40%	21%	35%	79%	26%	71%	17%	44%
Emp. 04	87%	92%	78%	38%	62%	60%	34%	43%	66%	51%	62%	30%	66%
Emp. 05	78%	88%	58%	31%	69%	45%	23%	39%	77%	30%	69%	18%	51%
Média	82%	90%	64%	32%	68%	47%	25%	39%	75%	34%	68%	20%	52%

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela D – Indicadores de custo**

Empreendi- -mento	Custo/TE (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo/TR (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo/PE (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo/PR (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo/CE (R\$/m <sup>2</sup> )	Custo/CR (R\$/m <sup>2</sup> )
Emp. 01	2.239,27	1.790,79	3.014,99	2.679,97	8.703,40	5.397,36
Emp. 02	2.172,24	1.756,36	2.758,10	2.438,33	10.226,52	6.279,70
Emp. 03	1.525,76	1.247,76	1.928,43	1.745,90	7.306,88	4.373,18
Emp. 04	1.875,96	1.631,59	2.839,79	2.618,18	5.527,27	4.329,85
Emp. 05	2.321,77	1.821,73	3.007,10	2.639,71	10.187,40	5.878,90
Média	2.027,00	1.649,64	2.709,68	2.424,42	8.390,29	5.251,80

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela E – Variação dos indicadores de área em relação à média**

Empreendi- -mento	TE / TR	PE / PR	CE / CR	CR / TR	PR / TR	CR / PR	CE / TE	CR / TE	PE / TE	CE / PE	PR / TR	CE / TR	CR / PE
Emp. 01	-2%	-1%	-3%	5%	-2%	6%	3%	7%	-1%	3%	-2%	1%	7%
Emp. 02	-1%	-1%	-4%	-12%	5%	-17%	-15%	-11%	5%	-20%	5%	-16%	-16%
Emp. 03	0%	1%	-6%	-10%	5%	-15%	-16%	-10%	5%	-22%	5%	-16%	-15%
Emp. 04	7%	3%	23%	19%	-9%	29%	36%	12%	-12%	52%	-9%	44%	26%
Emp. 05	-4%	-2%	-10%	-2%	1%	-4%	-9%	2%	3%	-13%	1%	-13%	-2%

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela F – Indicadores desconsiderados**

Empreendimento	CE / CR	CR / TR	CR / PR	CE / TE	CE / PE	CE / TR	CR / PE
Emp. 01	-3%	5%	6%	3%	3%	1%	7%
Emp. 02	-4%	-12%	-17%	-15%	-20%	-16%	-16%
Emp. 03	-6%	-10%	-15%	-16%	-22%	-16%	-15%
Emp. 04	23%	19%	29%	36%	52%	44%	26%
Emp. 05	-10%	-2%	-4%	-9%	-13%	-13%	-2%

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela G – Resumo dos resultados das regressões lineares**

Indicadores de Área	Indicadores de Custo	R <sup>2</sup>	F de significação	Valor-P
TE / TR	Custo/TE	0,290	0,349	0,349
TE / TR	Custo/TR	0,111	0,584	0,584
TE / TR	Custo/PE	0,024	0,803	0,803
TE / TR	Custo/PR	0,001	0,954	0,584
TE / TR	Custo/CE	0,791	0,043	0,043
TE / TR	Custo/CR	0,503	0,180	0,180
PE / PR	Custo/TE	0,540	0,157	0,157
PE / PR	Custo/TR	0,324	0,316	0,939
PE / PR	Custo/PE	0,140	0,535	0,535
PE / PR	Custo/PR	0,066	0,676	0,676
PE / PR	Custo/CE	0,967	0,003	0,003
PE / PR	Custo/CR	0,814	0,036	0,036
PR / TR	Custo/TE	0,002	0,939	0,939
PR / TR	Custo/TR	0,052	0,711	0,711
PR / TR	Custo/PE	0,217	0,430	0,430
PR / TR	Custo/PR	0,318	0,322	0,322
PR / TR	Custo/CE	0,455	0,212	0,212
PR / TR	Custo/CR	0,239	0,403	0,403
CR / TE	Custo/TE	0,079	0,646	0,646
CR / TE	Custo/TR	0,174	0,485	0,485
CR / TE	Custo/PE	0,402	0,251	0,251
CR / TE	Custo/PR	0,497	0,183	0,183
CR / TE	Custo/CE	0,210	0,438	0,438
CR / TE	Custo/CR	0,095	0,614	0,614
PE / TE	Custo/TE	0,002	0,941	0,941
PE / TE	Custo/TR	0,026	0,797	0,797
PE / TE	Custo/PE	0,150	0,519	0,519
PE / TE	Custo/PR	0,247	0,395	0,395
PE / TE	Custo/CE	0,540	0,157	0,157
PE / TE	Custo/CR	0,265	0,375	0,375

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela H – Simulação do custo utilizando a regressão linear**

Empreendimento	PE / PR - x	Custo / CE - y (R\$/m <sup>2</sup> )	Área Comum Equivalente (m <sup>2</sup> )	Custo estimado	Custo real	Varição
Emp. 01	89%	9.131,66	6.095,28	R\$ 55.660.028,87	R\$ 53.049.672,06	+ 5%
Emp. 02	88%	9.661,71	4.351,70	R\$ 42.044.858,53	R\$ 44.502.727,91	- 5%
Emp. 03	91%	7.320,62	4.590,89	R\$ 33.608.136,88	R\$ 33.545.093,87	0%
Emp. 04	92%	5.492,45	9.439,94	R\$ 51.848.384,84	R\$ 52.177.103,72	+1%
Emp. 05	88%	10.347,97	7.590,72	R\$ 78.548.575,64	R\$ 77.329.709,95	+1%

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela I – ANOVA: Estatística de regressão**

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,9834
R-Quadrado	0,9670
R-quadrado ajustado	0,9560
Erro padrão	420,1568
Observações	5,0000

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela J – ANOVA: Análise da variância**

	gl	SQ	MQ	F	F de significação
Regressão	1	15.540.436,56	15.540.436,56	88,03	0,0025
Resíduo	3	529.595,32	176.531,77		
Total	4	16.070.031,87			

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela K – ANOVA: Análise da variância**

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	95% inferiores	95% superiores	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Interseção	106.914,65	10.502,51	10,18	0,0020	73.490,99	140338,315	73490,98824	140338,3147
Privativa Eq. / Privativa Real	-110.007,27	11.724,68	-9,38	0,0026	-147.320,45	-72694,084	-147320,4487	-72694,08388

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela L – ANOVA: Resultado de resíduos**

Observação	Previsto(a) Custo / Comum Eq.	Resíduos	Resíduos padrão
1	9131,0754	-427,6735	-1,1754
2	9661,1249	565,3907	1,5538
3	7320,0251	-13,1426	-0,0361
4	5491,8530	35,4162	0,0973
5	10347,3920	-159,9908	-0,4397

Fonte: próprio autor (2020).

**Tabela M – ANOVA: Resultados de probabilidade**

Percentil	Custo / Comum Eq.
10	5527,26923
30	7306,88252
50	8703,40199
70	10187,4012
90	10226,5156

Fonte: próprio autor (2020).

## RESOLUÇÃO n°038/2020 – CEPE

### ANEXO I

#### APÊNDICE ao TCC

##### Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O(A) estudante Gabriella Machado de Freitas e Heloísa Alves Amaral do Curso de engenharia Civil, matrícula 2016.1.0025.0891-2 e 2016.1.0025.0042-3, telefone:(62)992328304, e-mail [eng.civ.gabriellafreitas@gmail.com](mailto:eng.civ.gabriellafreitas@gmail.com) e [helofcl@hotmail.com](mailto:helofcl@hotmail.com), na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei n° 9.610/98 (Lei dos Direitos do autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Estação de tratamento de água em escala piloto, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 11 de dezembro de 2020.

Assinatura do(s) autor(es): Heloísa A. Amaral e Gabriella M. de Freitas

Nome completo do autor: Gabriella Machado de Freitas e Heloísa Alves Amaral

Assinatura do professor-orientador: 

Nome completo do professor-orientador: Antônio Claret de Almeida Gama Junior