

Estimativa paramétrica de custos de esquadrias para obras prisionais utilizando Simulação de Monte Carlo

Parametric estimate of prison building frames' costs using Monte Carlo Simulation

Camila Isaton 
Antônio Edésio Jungles 
João Paulo Maciel de Abreu 
Fernanda Fernandes Marchiori 

Resumo

As prisões juvenis, também conhecidas como centros de atendimento socioeducativo (CAS), são edificações com características únicas, devido às demandas de segurança. Seu custo é composto de itens bastante especiais e muito diferentes dos das obras convencionais de edificação habitacional. Naquelas obras, um dos serviços de maior representatividade de custos é o de esquadrias de segurança. De acordo com a Lei nº 14.133/2021 (a nova lei de licitações), é possível utilizar técnicas expeditas de orçamento para estimar custos em etapas iniciais do projeto. A presente pesquisa teve como objetivo elaborar um modelo de custo para estimativa paramétrica (expedita) de esquadrias de segurança dos CAS. O método consistiu na coleta de dados de custos de CAS, com posterior tratamento por regressão linear e Simulação de Monte Carlo para validação do modelo. A contribuição do presente trabalho consiste em propor um modelo expedito de custo de esquadrias de segurança de CAS com base nos perímetros interno e externo das unidades, em paredes de alvenaria estrutural, edificações em planta retangular e projetadas segundo regramento do Sinase, de forma a contribuir com futuros orçamentos e auditorias de obras prisionais com essa tipologia.

Palavras-chave: Custo de construção. Obra prisional. Estimativa paramétrica de custos. Simulação de Monte Carlo.

Abstract

Juvenile prisons, also known as socio-educational care centers (CAS), are buildings with unique characteristics, due to security demands. Its cost is composed of very special items and very different from conventional housing construction works. In these works, one of the services with the highest cost representation is security frames. According to Law 14.133/2021 (new bidding law) it is possible to use expedited budgeting techniques to estimate costs in the initial stages of the project. The present research aimed to develop a cost model for parametric (expedited) estimation of CAS security frames. The method consisted of collecting CAS cost data, with subsequent treatment by linear regression and Monte Carlo Simulation for model validation. The contribution of the present work consists in proposing an expedited cost model of CAS security frames, based on the internal and external perimeters of the units, in structural masonry walls, buildings in rectangular plan and designed according to Sinase rules, contributing to future budgets and audits of prison works with this typology.

Keywords: Construction cost. Prison work. Parametric cost estimation. Monte Carlo simulation.

¹Camila Isaton
¹Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis - SC - Brasil

²Antônio Edésio Jungles
²Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis - SC - Brasil

³João Paulo Maciel de Abreu
³Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis - SC - Brasil

⁴Fernanda Fernandes Marchiori
⁴Universidade Federal de Santa Catarina
Florianópolis - SC - Brasil

Recebido em 23/06/22
Aceito em 31/10/22

Introdução

O Brasil é um dos países do mundo com a maior população prisional, de acordo com o Institute for Crime & Justice Policy Research (INSTITUTE..., 2022): em 2020, era registrado um percentual de 0,38% (381 a cada 100.000 habitantes). Ainda de acordo com esse órgão, há 2.608 instituições brasileiras de encarceramento, o que abrange desde cadeias, centros de detenção provisória, penitenciárias, casas de semiliberdade, centros de atendimento socioeducativo (CAS) e hospitais penitenciários.

Havia, no ano de 2020, 811.077 pessoas encarceradas no Brasil, enquanto a capacidade do sistema prisional para esse mesmo ano era de 455.283 vagas, o que indica um déficit de vagas de 43,87 % em funcionamento normal do sistema prisional (INSTITUTE..., 2022). Restringindo os dados aos CAS, vê-se similaridade na situação de superlotação: de acordo com os dados do censo do Sistema Nacional de Atendimento Socioeducativo (Sinase), também no ano de 2020, 46.193 jovens cumpriam medidas socioeducativas, enquanto havia 19.133 vagas oferecidas em regime fechado e 2.448 em regime de semiliberdade, o que resultava em um déficit de 24.612 vagas (BRASIL, 2020).

Em eventos de rebeliões, ocorre a destruição da infraestrutura que possibilita a habitabilidade do CAS, sem possibilidade de realocar apenados para outras unidades, visto que há déficit de vagas. O uso de fogo causa danos às instalações elétricas, e a quebra generalizada leva à perda dos banheiros, entre outros exemplos de danos por rebeliões. A falta de espaços reserva, já pelo déficit de vagas, cria, além das dificuldades de gestão das unidades (COELHO, 2020), a necessidade de uma reforma emergencial que revitalize o espaço e garanta o mínimo de salubridade e de segurança, tanto aos apenados, como aos funcionários (GRECO *et al.*, 2013) que atuam no sistema prisional.

Visando reduzir o déficit de vagas, diminuir as ocorrências de rebeliões, ou atenuar seus efeitos, novos CAS vão sendo construídos, mas com capacidade inferior às unidades mais antigas. Atualmente, constroem-se CAS para atendimento de cerca de 60 jovens (SÃO PAULO, 2022).

Nos estudos preliminares para implantação de um CAS, não há detalhamento suficiente visando à elaboração de orçamentos analíticos. Dessa forma, são necessários outros métodos de orçamentação e contratação, previstos pela Lei de licitações nº 14.133/2021 (BRASIL, 2021), como “metodologia expedita ou paramétrica e de avaliação aproximada baseada em outras contratações similares”. Também há previsão de utilização de orçamentos expeditos na Lei do Regime Diferenciado de Contratações Públicas (RDC), Lei nº 12.462/2011 (BRASIL, 2011). Como exemplo internacional, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América (EUA) disponibiliza o *Handbook construction cost estimating*, que propõe também a realização da estimativa paramétrica para orçamentação (ESTADOS..., 2020a).

Conforme supracitado, Brasil (2021) indica que é necessária base em contratações similares para modelos expeditos/paramétricos. Tal característica é fundamental na elaboração desses modelos, principalmente quando destinados à infraestrutura prisional, pois esta possui características únicas quanto às demandas de espaço, materiais e serviços de construção (FRAGA, 2018; DAMETTO, 2022).

Apesar de que estabelecimentos penais (inclusos os CAS) sejam edificações únicas e com especificidades de arquitetura, instalações e de custo, as pesquisas sobre esses estabelecimentos têm abordagem predominante “[...] do ponto de vista da psicologia, sociologia, saúde, direito ou penologia [...]” (ESTECA, 2017, p. 6). Identifica-se na pesquisa de Beltrão *et al.* (2022) um estudo de custos paramétricos de estabelecimentos penais, entretanto destinados a adultos, que diferem de um CAS. Desse modo, os modelos de custo, úteis às etapas iniciais de projeto de um CAS, representam uma lacuna de pesquisa sob a ótica da construção civil.

Diante de tal lacuna, o objetivo do presente artigo consiste no desenvolvimento de um modelo estatístico para estimativa expedita de custos do serviço de esquadrilhas de segurança de CAS. Tal serviço foi definido como delimitação de pesquisa por consistir no serviço mais representativo em custos de um CAS. A validação desse modelo ocorreu por meio de Simulação de Monte Carlo.

Referencial teórico

No capítulo de referencial teórico são apresentados conceitos relativos à estimativa paramétrica de custos e Simulação de Monte Carlo. Por fim, apresentam-se aspectos dos CAS.

Estimativa paramétrica de custos

A estimativa paramétrica é a modelagem que se utiliza de um número restrito de parâmetros, a fim de prever os custos na construção civil por meio de dados oriundos de projetos anteriores. Por utilizar um número menor de parâmetros do que os orçamentos baseados em composições unitárias de serviços, torna-se uma forma mais célere de estimativa de custos (SONMEZ, 2008; JI; PARK; LEE, 2010). A estimativa paramétrica se distingue de outros métodos de estimativa, como a análoga (em que se veem custos de obras similares, o que dispensa precisão e se torna ineficaz), pela existência do tratamento de dados e uso de parâmetros para a estimativa (GONÇALVES; MELHADO, 2017; FERRARO; OSCAR, 2021).

Historicamente, Watson e Kwak (2004) relatam algumas das primeiras utilizações da estimativa paramétrica na força aérea estadunidense, durante a Segunda Guerra Mundial. Utilizou-se estimativa paramétrica para custos de aviões levando-se em consideração a velocidade, o alcance e a altitude atingida pelas aeronaves. No Brasil, Mascaró (1985, 2004) foi um precursor da estimativa paramétrica para edificações.

O Departamento de Defesa dos EUA define a estimativa paramétrica de custos como uma modalidade de estimativa classificada de nível intermediário, executada quando os projetos estão completos na ordem de 10% a 35%. Pode ser utilizada também em modelagens para bancos de dados de históricos de obras e empreendimentos (ESTADOS..., 2020a) ou em projetos complexos, quando os principais fatores de custos foram passíveis de ser detectados (CEREA; PREMOLI, 2010).

Matematicamente, a estimativa paramétrica se utiliza de modelagem estatística, de modo a ser obtida uma função analítica baseada em um conjunto de variáveis para a estimativa de custos (CEREA; PREMOLI, 2010). Essas variáveis, segundo Watson e Kwak (2004), podem ser atributos físicos ou especificações de desempenho.

Martins, Jungles e Oliveira (2010) destacam que a estimativa paramétrica é utilizada não apenas quando for necessária celeridade de orçamento, mas também quando os produtos industriais estão em desenvolvimento (com potencial de alteração) e é necessária sua estimativa prévia de custo, sendo de fundamental relevância a identificação correta de variáveis para modelagem. Keller, Collopy e Compton (2013) apontam que há limitações na modelagem estatística, e uma delas é a compreensão de relações de causa-efeito na identificação de variáveis, evitando gerar modelos com relações espúrias.

Por fim, a Nasa apresenta outras limitações da modelagem estatística, que podem prejudicar sua precisão e que precisam ser controladas. Uma delas está relacionada aos problemas existentes no método empregado, resultante da omissão de variáveis de custo, má especificação de coeficientes e relações matemáticas deficientes, e a outra é a falta ou inconsistência de dados históricos utilizados (ESTADOS..., 2020b; RATNER, 2010). Após o processo de modelagem, novos testes para o modelo gerado podem ser realizados, utilizando-se de recursos como a Simulação de Monte Carlo.

Diferentes métodos são possíveis para a realização de estimativas paramétricas, sendo necessária a delimitação pelo pesquisador quanto ao método a utilizar (KIM; KIM, 2010). Após revisão sobre cem estudos de estimativa paramétrica para a construção civil no período de 2002 a 2018, Elmousalami (2020) apontou os principais métodos para a determinação dos parâmetros (variáveis utilizadas para modelagem), que podem ser qualitativos (como técnicas baseadas em Delphi, escala Likert e lógica difusa) e quantitativos (como regressão ou matriz de correlação), bem como para a modelagem de custos propriamente dita (que pode ser realizada por regressão linear ou polinomial, lógica difusa, *machine learning*, entre outros).

A determinação dos parâmetros para estimativas paramétricas depende do tipo de obra a ser realizada e de informações disponíveis na fase de estudos preliminares (AHMED, 2021). Alguns desses parâmetros foram objeto de estudo de pesquisas como a de Moraes, Picchi e Granja (2016), como índice de compacidade, densidade de parede ou área nominal em projetos residenciais multifamiliares.

Gonçalves e Melhado (2017) apontam como técnica o uso de dados de projetos anteriores, com parametrizações pelo potencial construtivo do terreno, tipo de empreendimento (residencial, comercial, institucional e outras), entre outras variáveis. Para obras residenciais e comerciais com características comuns, Beltrão *et al.* (2022) apontam as estimativas paramétricas por meio do custo unitário básico (CUB), somadas às estimativas dos itens não contemplados no CUB, para estimar o custo desse tipo de empreendimento. Maués *et al.* (2022) e Barros e Falcão (2016) modelaram por regressão linear cada uma das etapas da estrutura analítica de projeto de empreendimentos residenciais. Para obras com itens mais específicos, maior porte ou singularidade, as estimativas paramétricas por área construída se tornam ineficientes, o que leva à necessidade de modelos específicos. Por exemplo, Barreto, Braga e Brandão (2015) modelaram custos de reforma de

estação de tratamento de água (ETA), e Beltrão *et al.* (2022) modelaram os custos de construção de estabelecimentos penais para abrigar apenados em idade adulta.

Simulação de Monte Carlo

Segundo Garcia, Lustosa e Barros (2010, p. 159), a “[...] simulação é um instrumento de análise quantitativa utilizado para gerar e analisar alternativas [...]”. Quando essa simulação é probabilística, isto é, incorpora a natureza probabilística das variáveis em estudo, têm-se os modelos de simulação com origem na Simulação de Monte Carlo, também conhecida como Método de Monte Carlo (GARCIA; LUSTOSA; BARROS, 2010).

Monte Carlo é um termo que compreende uma família numerosa de abordagens com uma ideia central em comum: a resolução de problemas complexos usando números aleatórios (ANDERSEN; PANOSETTI; REUTER, 2019). A simulação tem como objetivo representar um sistema real, e considerações podem ser realizadas sem a necessidade de modificações no sistema em análise (OLIVEIRA, 1990).

A Simulação de Monte Carlo é conveniente para problemas que envolvem simulações comuns, como também para simulações de especificidade econômica (DI BERNARDI, 2002), como as realizadas por Castañeda, Villarreal e Echeverry (2007) para estudos preliminares de empreendimentos de construção civil; por Vilcapoma, Moura e Sampaio (2014) para obras de rodovias; e por Signor *et al.* (2022) para modelagem relacionada ao fenômeno de maldição do vencedor em licitações públicas.

Gavira (2003) também relata que o método possibilita a resolução de problemas não probabilísticos com o uso da simulação via processo estocástico. Na aplicação do Método de Monte Carlo ocorre a geração de cenários e modelagem de variáveis de entrada segundo uma função densidade de probabilidade apropriada, que pode ser uniforme, normal, triangular, exponencial, log-normal, Bernoulli, binomial e Poisson (LIGO, 2003). Definida a função, ocorre a simulação por amostragem aleatória da função, com resultado que se traduz em uma curva “S” de probabilidade acumulada, que quantifica a probabilidade de determinado valor ocorrer dentro de um intervalo de confiança predefinido (MACHADO; FERREIRA, 2012).

Obras prisionais para jovens no Brasil

Antes da criação do Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) nos anos 1990, crianças carentes e crianças e adolescentes autores de atos infracionais eram abrigados nos mesmos espaços, em unidades de grande porte. Com o surgimento do ECA, também surge a Doutrina da Proteção Integral: as crianças e adolescentes passam a ter seus direitos assegurados, declarados como prioridade legal (SÃO PAULO, 2022).

Com essas mudanças também surgiram as prisões juvenis ou CAS, destinadas à faixa etária de maiores de 12 anos e menores de 21 anos, com funções diferentes das demais estruturas do sistema prisional. Essas edificações precisam ter um ambiente inclusivo e com possibilidade de recuperação do jovem, o que reflete em elementos diferenciados na infraestrutura, contemplados em seus projetos arquitetônicos (SÃO PAULO, 2022; BRASIL, 2020).

Os CAS, bem como outros tipos de prisões no Brasil, sofrem com a superlotação. Jusbrasil (2010) e Coelho (2020) citam alguns problemas relacionados com essa superlotação, como as dificuldades de gestão das prisões, encarceramentos em locais diversos (como delegacias) e inexistência de um espaço mínimo de vivência por pessoa (que consiste em uma demanda psicológica e contribui à recuperação do apenado). Tais condições resultam, ao longo do tempo, em eventos de rebeliões, que afetam a infraestrutura existente, gerando demandas emergenciais de reparo dos CAS, como danos às instalações elétricas em função de incêndios, quebra generalizada em banheiros, refeitórios e outros. Não havendo infraestrutura suficiente para atendimento adequado aos apenados existentes, menor ainda se torna a capacidade imediatamente após eventos como esse, quando é motivada a criação e construção de novas unidades de CAS (COELHO, 2020).

A infraestrutura de um CAS consiste em dormitórios (celas) (Figura 1), quadras poliesportivas, salas de aulas, salas de atendimento médico e psicossocial, salas para cursos profissionalizantes e bibliotecas. Os espaços citados fazem parte da unidade de segurança propriamente dita. Já a cozinha, a lavanderia e a administração das unidades ficam separadas para efeito de gerenciamento da segurança do local (FRAGA, 2018).

Há presença de sucessivos muros e muralhas (estas com mais de 6 m de altura), que envolvem as edificações, sendo envoltas todas as unidades por no mínimo dois de cada. Também há outros dispositivos de segurança, como concertinas (dispostas em cima dos muros) (Figura 2), redes com malhas antifuga acima dos muros (sendo cortantes em caso de escalada) e muros chapeados com chapas lisas e/ou cortantes, e demais

dispositivos para dificultar as escaladas e as fugas das unidades (PAIVA, 2017; FRAGA, 2018; TRISTÃO, 2022).

Os CAS possuem porte menor do que as penitenciárias. As unidades brasileiras mais antigas, anteriores a 2006, não seguem esse modelo, tendo leiaute e capacidade similares às penitenciárias comuns, mas esse modelo caiu em desuso no Brasil. Tanto nacional como internacionalmente, as edificações penais passaram por evolução para atender a novos padrões construtivos e de funcionamento das unidades penais (NIEDBALA, 2022). Há tendência de redução nas novas unidades construídas (Figura 3), com atendimento em torno de 60 jovens (RIO..., 2021; SÃO PAULO, 2022).

Essa mudança de leiaute dos CAS ocorreu com a criação do Sinase, que foi um instrumento jurídico complementar ao ECA (VERONSE; LIMA, 2009) e que preza pela humanização desses locais. A criação de atividades complementares, incluindo a educação fora de ambiente escolar, contribui para esse objetivo (QUARESMA; ROCHA; CRUZ, 2021), e os projetos devem prezar pelo equilíbrio entre os fatores segurança e ressocialização (NONATO *et al.*, 2018). Os projetos de CAS contemplados na presente pesquisa já são alinhados aos princípios do Sinase.

Com relação aos custos mais relevantes dos elementos desse tipo de construção, Isaton (2016) levantou a Curva ABC para edificações prisionais, onde os serviços classificados como “A” foram esquadrias de segurança (25,15%); supraestrutura (18,31%); cobertura (9,25%); instalações hidrossanitárias e tratamento de esgoto (7,52%) e instalações hidráulicas (7,27%), os quais, juntos, representam 67,50% de todos os custos de construção de um CAS.

Figura 1 - Entrada para a ala de dormitórios de um CAS



Fonte: Carta Capital (2015).

Figura 2 - Muralhas com concertina



Fonte: Carta Capital (2014).

Figura 3 - Exemplo de CAS com capacidade para 60 jovens



Fonte: Rio Grande do Sul (2021).

Método

A presente pesquisa foi desenvolvida segundo o método ilustrado na Figura 4. Em relação às classificações de pesquisa, pode ser definida como: *aplicada* (envolve o desenvolvimento de um modelo de custos em CAS); *quantitativa* (envolve técnicas estatísticas e de simulação numérica); e *experimental* (foram selecionadas variáveis construtivas e, dentro das técnicas estatísticas e da consideração do nexos de causalidade, utilizadas em um modelo para a explicação dos custos (SILVA; MENEZES, 2005).

As etapas desenvolvidas serão detalhadas nas seções a seguir.

Amostragem

Para a definição de uma amostra, foram coletados dados de projetos de unidades de CAS em uma unidade federativa nacional, no período de 2006 a 2015¹. Essa unidade federativa possuía, ao fim desse período, 148 CAS, o que, para um nível de confiança de 80%, demandaria uma amostra mínima representativa de 22 CAS.

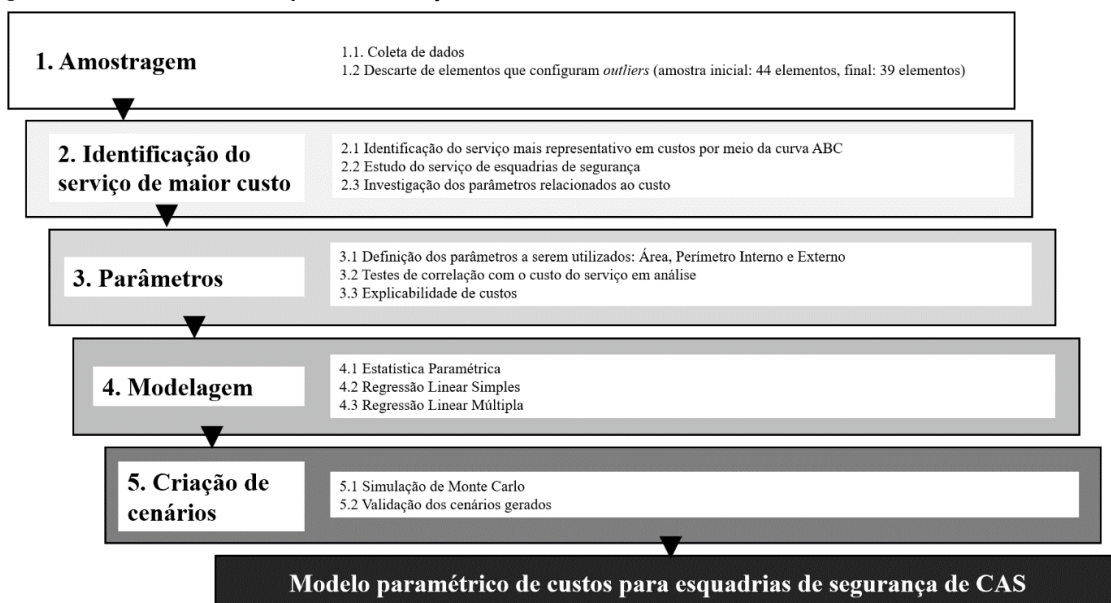
Esses dados incluíram orçamentos, memoriais e projetos arquitetônicos de 44 unidades. Todos foram organizados em uma planilha eletrônica.

Após a obtenção dessa amostra, foram analisadas as características de cada elemento da amostra, visando à identificação de pontos discrepantes (*outliers*). Como havia 5 unidades que tinham arquitetura muito distinta das demais, mudanças de processos construtivos (SABBATINI, 1989) e maior custo de construção, optou-se pela remoção dos elementos. O acréscimo destes, considerando uma variável dicotômica de processo construtivo, não seria viável pela ocorrência de micronumerosidade.

Não havendo a possibilidade de ampliação de amostra, a remoção desses *outliers* levou a uma amostra com 39 elementos. Todos os projetos de CAS são em estrutura de concreto armado moldado *in loco* e vedação em alvenaria de blocos estruturais de concreto, com grauteamento vertical e de vergas/contravergas (em densidade superior às edificações multifamiliares).

¹Há restrições legais à divulgação de dados prisionais, de modo que a pesquisa foi desenvolvida mediante disponibilidade de dados aos autores. Não foram utilizados dados públicos ou de acesso livre.

Figura 4 - Método utilizado para construção do modelo de custo



Identificação do serviço mais representativo em custos

Na construção de um CAS, há vários serviços necessários, com diferentes representatividades nos custos. Para maior efetividade no controle desses custos, uma importante ferramenta consiste na curva ABC (SANTOS; LIMA, 2020), que lista serviços e insumos mais representativos, o que gera um direcionamento de esforços. Conforme já citado, Isaton (2016) apurou que 25% dos custos de uma edificação prisional são referentes às esquadrias de segurança, compostas de elementos em aço galvanizado, como grades de segurança, chapa moeda para janelas e visores, portinholas para monitoramento, portas de segurança, ferrolhos das portas, chapas que compõem os portões de segurança, corrimãos das escadas, chapas que formam a lixeira, visores de monitoramento, *inserts* metálicos e placas de poliéster reforçadas com fibra de vidro. A Figura 5 ilustra algumas dessas esquadrias.

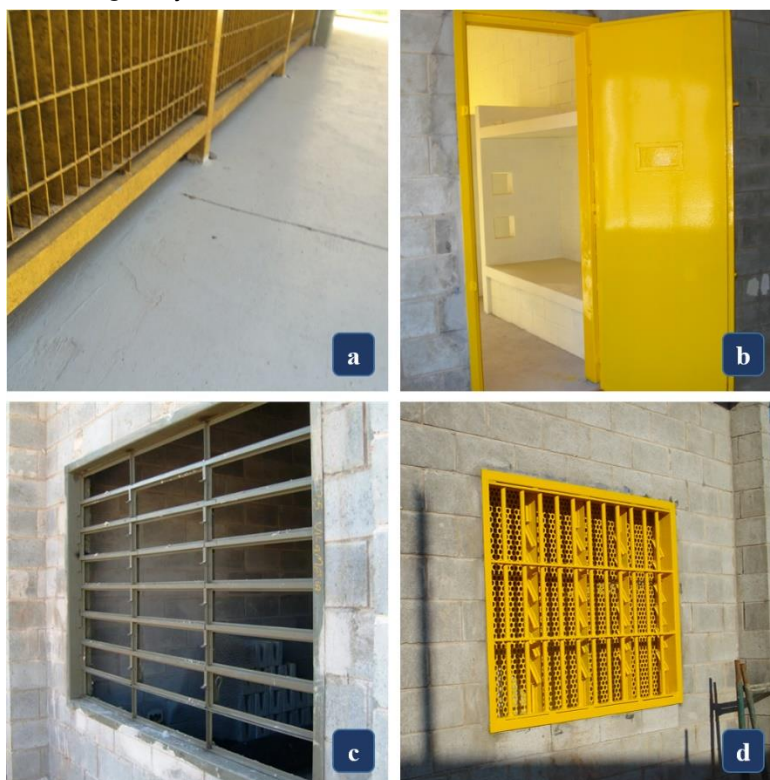
Investigação dos parâmetros relacionados ao custo

Para o prosseguimento da modelagem paramétrica, feita a delimitação ao serviço de esquadrias de segurança, foi desenvolvida a curva ABC de insumos correspondente a esse serviço² para a amostra. Com o desenvolvimento dessa curva, verificou-se que os três insumos mais representativos são grade de segurança em aço SAE 1015 (também conhecida como aço- pirulito), com 53,37% de representatividade, seguida por grade para forro eletrofundida, 12,17%, e porta de segurança de abrir, 7,86%. Observados tais insumos, verifica-se que características físicas (WATSON; KWAK, 2004) dos projetos de CAS, por analogia, deveriam ser relacionadas a medidas de plano vertical (fachada) ou área construída (proporcional às áreas de forro).

Conforme explicitado na Figura 6, características físicas e não físicas poderiam ser convertidas em parâmetros físicos e não físicos de modelagem. Optou-se pela utilização de alguns parâmetros físicos para modelagem, e os demais foram delimitados na amostragem, não sendo convertidos em outras variáveis quantitativas ou qualitativas na forma de variáveis *dummy*.

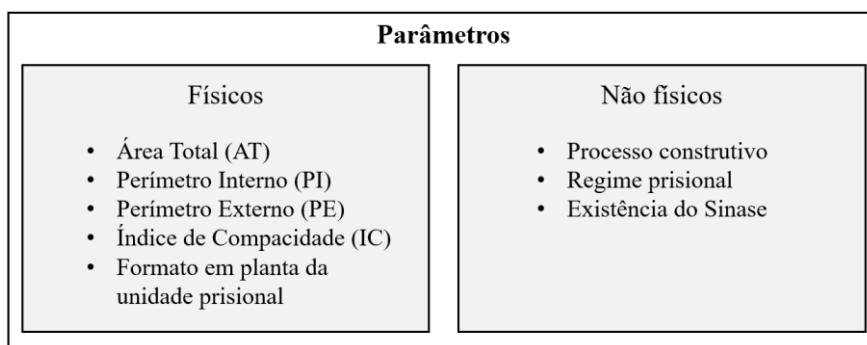
²Em função das restrições de espaço, está disponível em: <https://www.engjpma.com.br/2016/08/CurvaABCdeInsumos-EsquadriasDeSeguranca-ArtigoAC.html>.

Figura 5 - Esquadrias de segurança



- a) grades;
- b) portas de segurança;
- c) janela da área administrativa e
- d) janelas das alas com ferrolho e chapa moeda.

Figura 6 - Parâmetros físicos e não físicos relacionados ao custo



Das características físicas, não se considerou o formato em planta da unidade, pois foram delimitados elementos de amostra retangulares, excluindo-se unidades prisionais circulares, cujas esquadrias de segurança diferem em sua estrutura, ou com plantas em formato de cruz. Das características não físicas, elementos de amostra com processos construtivos de pré-fabricados de concreto, celas prontas e içadas, entre outros, cujas esquadrias são diferenciadas, também não compuseram a amostragem. O regime prisional foi delimitado, adotando-se apenas regime fechado, porque uma edificação de regime semiaberto teria esquadrias com menor densidade de aço. Uma última característica não física é a delimitação das obras àquelas projetadas após a existência do Sinase.

Definição dos parâmetros

Com base nas características físicas, definiram-se três variáveis que poderiam servir como parâmetros para a modelagem, relacionadas diretamente ao plano vertical ou áreas de forro: a área total (AT), o perímetro externo (PE) e o perímetro interno (paredes internas) (PI) das unidades prisionais da amostra (Figura 7).

Tais variáveis estão presentes em todos os projetos e permitem levantamento mesmo em etapas iniciais de projeto. Em média, os CAS da amostra possuem 2020,15 m² de AT, 427,27 m de PE e 150,73 m de PI³.

Explicabilidade de custos

Definidos os parâmetros AT, PI e PE, estes foram testados quanto à linearidade em relação a custo das esquadrias de segurança (C). Avaliou-se a utilização da variável índice de compactidade (IC) proposta por Mascaró (2004), mas ela apresentou multicolinearidade com outras variáveis.

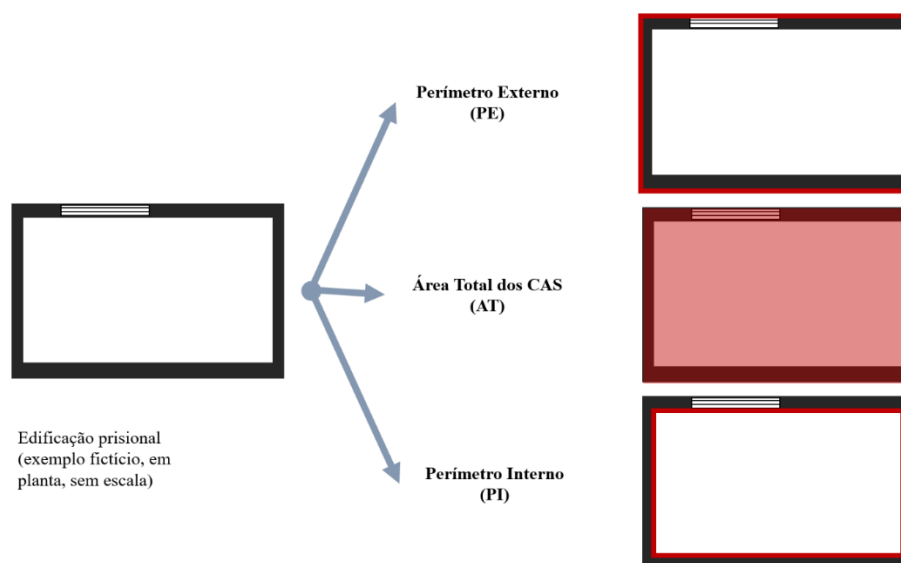
O pressuposto de linearidade foi atendido por cada um desses parâmetros, e nenhum deles apresenta coeficientes de correlação altos (acima de 0,80), de modo a ser uma única variável suficiente para a explicabilidade dos custos do modelo (Figuras 8 a 10), o que leva à regressão linear multivariada, pressupostos necessários ao uso de modelos de regressão linear, como descreve Elmousalami (2019). Não foram testadas transformações lineares nas variáveis, visto que elas poderiam dificultar as análises de coerência dos regressores e a aplicabilidade do modelo gerado.

Modelagem e criação de cenários

Conforme ressaltam Beltrão *et al.* (2022), o uso de modelo de regressão linear se justifica por gerar equações de fácil resolução e por permitir maior auditabilidade do processo de modelagem do que técnicas como as de redes neurais. Visando a um modelo que explique melhor o custo das esquadrias de segurança, utilizou-se regressão linear multivariada com os parâmetros AT, PI e PE, testados em modelos com duas ou três variáveis independentes e comparados entre si pela estatística $r^2_{ajustado}$.

Os dados da amostra, organizados em planilha eletrônica, foram carregados no software Statistica. Com base nesses dados e no critério passo à frente (inserção de variáveis em ordem decrescente do coeficiente de correlação linear, testadas por significância), foram obtidos modelos de regressão. Dos modelos, aquele que melhor explica a variável C é o que utiliza as variáveis PI e PE (maior valor de $r^2_{ajustado}$). Os regressores e estatísticas de ajustamento dos dados à reta de regressão são apresentados pelo software (Figura 11), sendo os primeiros critérios para aceitação do modelo pelos pesquisadores.

Figura 7 - Parâmetros



³Em função das restrições de espaço, a listagem de parâmetros da amostra está disponível em: <https://www.engjpm.com.br/2016/08/ParametrosDaRegressao.ArtigoAC.html>.

Figura 8 - Verificação de linearidade para PE

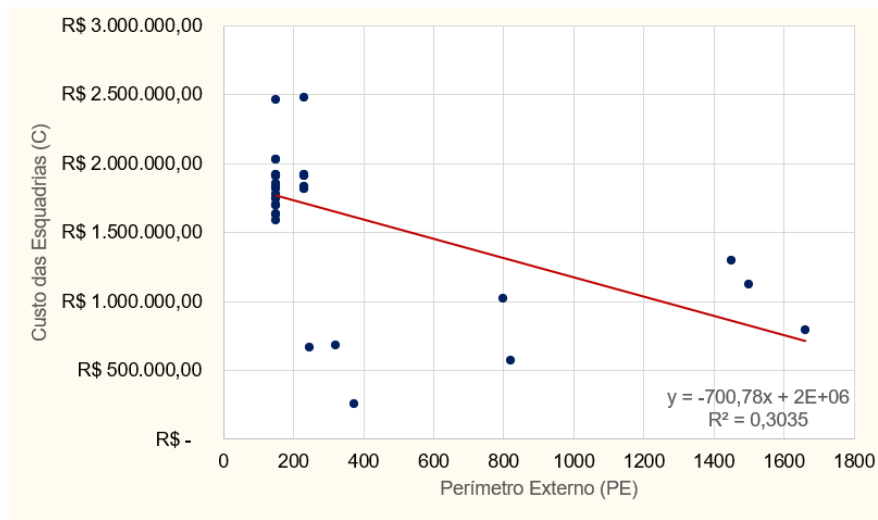


Figura 9 - Verificação de linearidade para PI

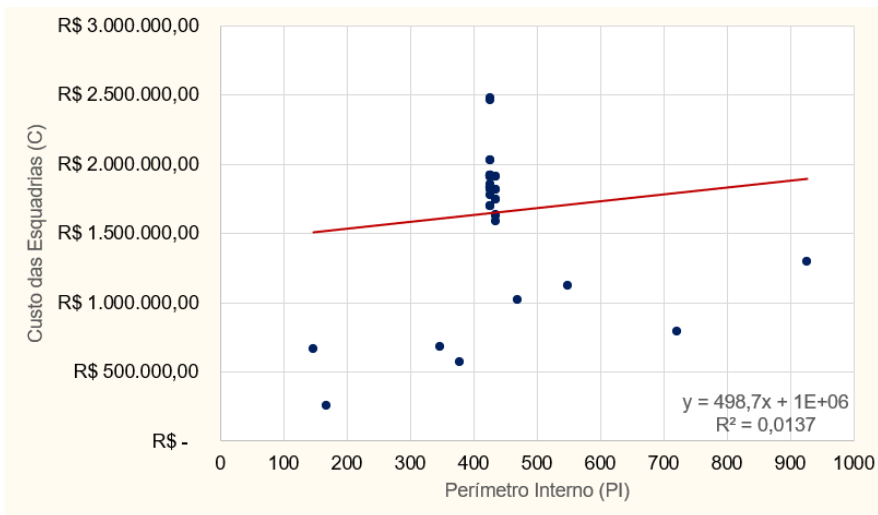


Figura 10 - Verificação de linearidade para AT

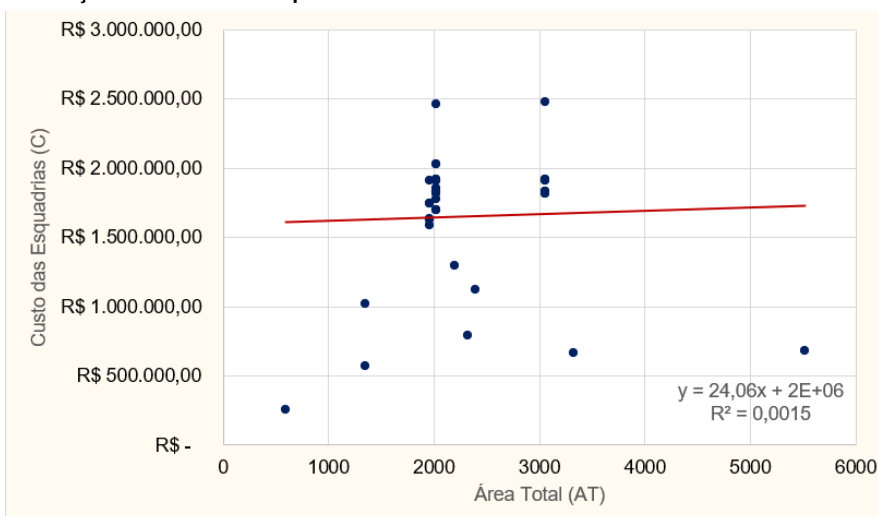


Figura 11 - Critérios iniciais de seleção do modelo

Parameter Estimates (Spreadsheet1 R ajustado 67%) Sigma-restricted parameterization						
Effect	CUSTO ESQUADRIAS Param.	CUSTO ESQUADRIAS Std.Err	CUSTO ESQUADRIAS t	CUSTO ESQUADRIAS p	-95.00% Cnf.Lmt	+95.00% Cnf.Lmt
Intercept	572791.8	202784.7	2.82463	0.007670	161525.5	984058.2
PE	-1374.5	154.8	-8.88024	0.000000	-1688.4	-1060.6
PI	3483.9	518.7	6.71639	0.000000	2431.9	4535.9

Test of SS Whole Model vs. SS Residual (Spreadsheet1 R ajustado 67%)						
Dependent Variable	Multiple R	Multiple R ²	Adjusted R ²	SS Model	df Model	MS Model
CUSTO ESQUADRIAS	0.831180	0.690861	0.673686	6.330288E+12	2	3.165144E+12

Após a realização da escolha do modelo, foi necessário verificar os pressupostos básicos (normalidade dos resíduos (Figura 12), homocedasticidade, linearidade, multicolinearidade, autocorrelação) a serem atendidos para que esse modelo tenha as características de não tendenciosidade, eficiência e consistência.

Obtido o modelo de regressão, após a verificação de ajustamento dos pontos e pressupostos, foram gerados mil cenários, por meio de Simulação de Monte Carlo, para validação do modelo. Essa simulação considera valores aleatórios para PI e PE⁴ extraídos da amostra e obtidos dentro de uma distribuição normal ajustada à amostra original. A obtenção da distribuição de valores aleatórios para os parâmetros foi realizada por meio do *software Microsoft Office Excel*, por função específica (MICROSOFT, 2022), com o aumento no número de cenários gerados até a obtenção de médias da distribuição aleatória similares às da amostra para aquele parâmetro (Figura 13).

A geração de mil cenários (isto é, mil dados aleatórios para cada parâmetro, considerando uma distribuição normal) envolve a saturação no refinamento dos resultados obtidos com a simulação. Há estabilização da média e desvio padrão em torno de duzentas simulações, e modificações afetam marginalmente a distribuição de probabilidade após mil cenários (BRUNI; FAMA; SIQUEIRA, 1998; DI BERNARDI, 2002).

Obtidas as distribuições de mil cenários para cada parâmetro, eles foram agrupados aos pares, na mesma ordem de geração, pelo *software Excel* (primeiro dado aleatório de cada parâmetro, segundo e assim sucessivamente) e utilizados para cálculo do custo das esquadrias no modelo de regressão linear anteriormente obtido, definindo-se uma distribuição de custos de esquadrias calculados pelo modelo de regressão (Figura 14).

Dessa distribuição de custos, foram calculados a média e o desvio padrão e definidos os extremos de mínimo e máximo. Após, procedeu-se à validação do modelo, que, segundo aponta Ramos (2011), ocorre pelo comparativo entre dados experimentais e do modelo (Figura 15), ou seja, pelo comparativo entre amostra e os dados obtidos pela simulação e posterior obtenção da distribuição de custos de esquadrias.

Esse comparativo foi realizado por meio das médias da amostra e da distribuição de custos por parâmetros de simulação, visto que a amostra é um estimador não tendencioso de um conjunto. Verificou-se se a diferença entre médias dos dois conjuntos estaria de acordo com os limites aceitáveis, segundo a bibliografia sobre estimativa paramétrica, para esse recurso de orçamentação. Consideraram-se os limites indicados por Baeta (2012): com margem de erro admissível, na fase de estudos preliminares, de $\pm 30\%$.

⁴Em função das restrições de espaço, a listagem de parâmetros aleatórios da Simulação de Monte Carlo está disponível em <https://www.engjpm.com.br/2016/08/SimulacaoDeMonteCarlo.ArtigoAC.html>.

Figura 12 - Verificações de normalidade dos resíduos

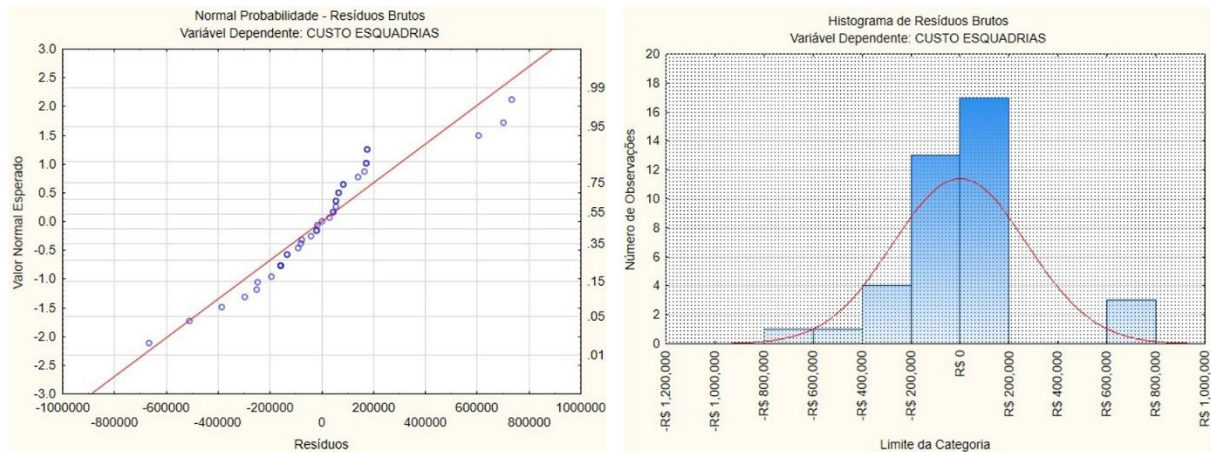


Figura 13 - Passos para a geração de parâmetros aleatórios por Simulação de Monte Carlo

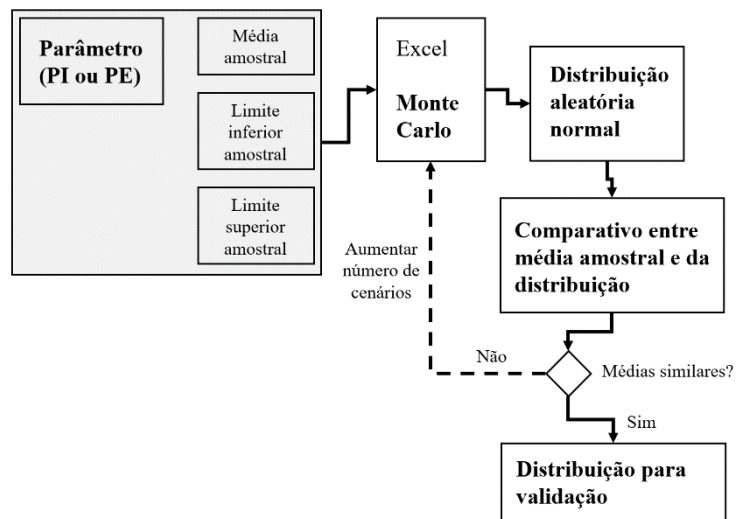


Figura 14 - Obtenção de uma distribuição de custos de esquadrias

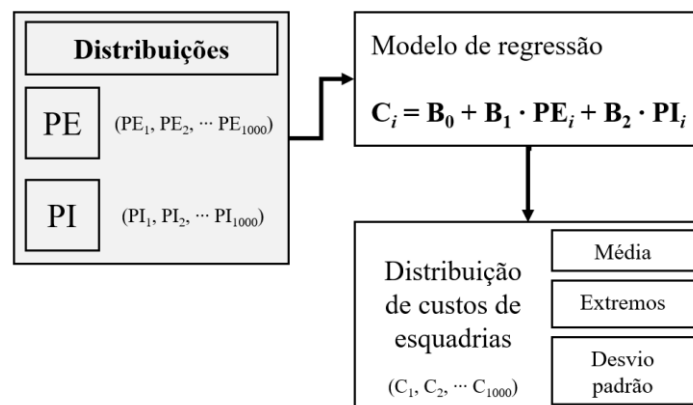
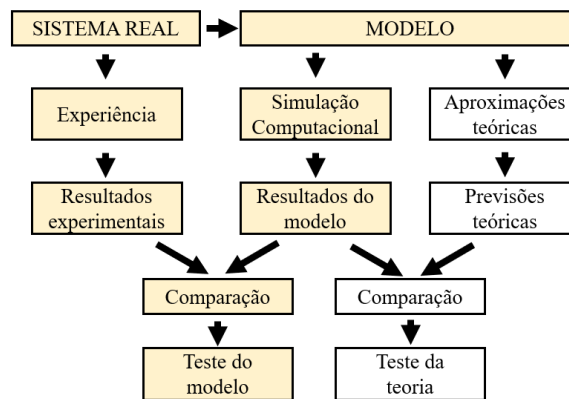


Figura 15 - Procedimentos de validação de modelos



Fonte: adaptada de Coutinho (1997) e Ramos (2011).

Resultados e discussões

Regressão linear e indexação

Conforme o critério estatístico de $r^2_{ajustado}$, o modelo ótimo para estimativa paramétrica de custo C de esquadrias de segurança utiliza as variáveis PI e PE , conforme apresentado na Equação 1.

$$C = 572.791,80 - 1.374,5 \cdot PE + 3.483,90 \cdot PI \quad \text{Eq. 1}$$

Os regressores presentes na Equação 1 apresentam coerência com a modelagem do problema, visto que o aumento de subdivisões internas na edificação prisional aumenta, por conseguinte, o perímetro interno e a demanda por esquadrias de segurança. O regressor de PE é negativo em função da presença da variável PI no modelo: o acréscimo de PE implica acréscimo de PI , de modo que, para não haver sobreposição dos incrementos de custos, um dos regressores assumiu a forma negativa.

Quanto às estatísticas do modelo de regressão linear multivariada apresentado na Equação 1, têm-se os dados apresentados no Quadro 1.

Outro dado que permite caracterizar o modelo de regressão é seu gráfico de poder de predição (Figura 16). Nele se destaca a bissetriz dos quadrantes em vermelho, onde maior aproximação representa menores resíduos, considerados os custos reais e estimados. Não é esperado um ajuste perfeito na bissetriz (*overfitting*), mas que haja distribuição uniforme de pontos em torno dessa bissetriz e que sejam atendidos aspectos esperados de um estimador, como não tendenciosidade, eficiência e consistência, pelo modelo proposto, de modo que o qualifiquem como um modelo adequado à estimativa de custos de esquadrias de segurança.

Para estimativas de custo expeditas, em período futuro a janeiro de 2016 (que foi o mês de referência para a elaboração do modelo), portanto, é necessária a correção por indexador, de forma que o modelo represente o momento presente. Não se optou por atualizar cada um dos dados para 2022, visto que, dado o aspecto temporal de custos ser progressivo, ainda assim haveria defasagem do modelo com o passar do tempo. Dessa forma, previu-se um ajuste à Equação 1, pelos desdobramentos apresentados na Equação 2 à Equação 4, considerando o mesmo indexador utilizado no tratamento dos dados, o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC-M), proposto pela Fundação Getúlio Vargas (FUNDAÇÃO..., 2022).

$$C' = C \cdot \frac{INCC-M_{atual}}{INCC-M_{jan2016}} \quad \text{Eq. 2}$$

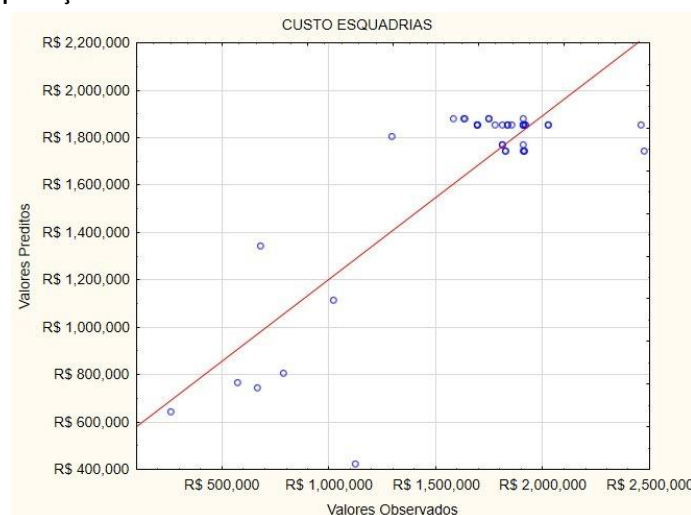
$$C' = \frac{INCC-M_{atual}}{INCC-M_{jan2016}} \cdot (572.791,80 - 1.374,5 \cdot PE + 3.483,90 \cdot PI) \quad \text{Eq. 3}$$

$$C' = \frac{INCC-M_{atual}}{649,563} \cdot (572.791,80 - 1.374,5 \cdot PE + 3.483,90 \cdot PI) \quad \text{Eq. 4}$$

Quadro 1 - Estatísticas da regressão

Estatística	Valor
R	0,83
R ²	0,69
R ² ajustado	0,67
Erro padrão	R\$ 208.506,19
N	39

Figura 16 - Poder de predição do modelo



Desse modo, foi considerado o fator temporal na elaboração do modelo de custos. Tem-se que os custos em valor presente de esquadrias de segurança (C') podem ser obtidos com dados de PE e PI, bem como com o INCC-M do mês de referência ($INCC-M_{atual}$), divulgado mensalmente pela FGV e pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil (Sinduscon) estaduais. O INCC-M do mês de referência foi substituído por seu valor absoluto para a obtenção da Equação 4, não sendo necessária sua consulta a cada utilização do modelo.

Validação: Simulação de Monte Carlo

Para os dados originais, que basearam a Equação 1, realizou-se procedimento de simulação para validação. A aplicação da Simulação de Monte Carlo no modelo auxilia a verificar a representatividade dos custos, compreendendo-se se o modelo os explica. A simulação se iniciou com a geração de números aleatórios a partir da amostra, por parâmetros retirados dos CAS, ou seja, foram criados cenários aleatórios, mas dentro de um intervalo factível e ajustado à amostra, de modo que não houve cenários sem predefinições.

A quantidade de cenários gerados foi de mil, seguindo os aspectos apresentados por Bruni, Fama e Siqueira (1998) e Di Bernardi (2002), com estabilização da média de valores. Caso isso não ocorresse, mais cenários aleatórios poderiam ser utilizados (cinco a dez mil, ou quantidades superiores).

Após a criação dos cenários, o modelo foi aplicado neles e foram verificados os valores mínimo, médio e máximo, realizando-se análises de custos. Com base nos cenários simulados, para o período-base de janeiro de 2016, o custo médio nos mil cenários foi de R\$ 1.704.870,15, com desvio padrão de R\$ 549.908,84 para o serviço de esquadrias de segurança. Os custos simulados são bem distribuídos em torno da média, resultando em um coeficiente de variação de 32,26%.

Para a amostra, o custo médio das esquadrias foi de R\$ 1.650.390,48. Tomando-se para comparativo de validação a média dos custos obtidos por parâmetros simulados e da amostra, o desvio entre médias foi de +3,30%, percentual que estaria dentro dos limites aceitáveis para estimativas em estudos preliminares apontados por Baeta (2012).

A vantagem da utilização de validação por parâmetros de Simulação de Monte Carlo consiste na adoção de abordagem probabilística nessa validação. Em vez de se utilizar um ou alguns pontos em específico da amostra para cálculo de erros, utilizaram-se dados estatísticos de dois conjuntos de dados, um real e outro simulado,

para tal validação, verificando-se nível de erro dentro do aceitável para a etapa de estudos preliminares, quando é factível o uso de estimativas paramétricas.

Variáveis e aplicabilidade do modelo

Finalizadas as análises estatísticas, observa-se que PE e PI se mostraram como variáveis independentes explicativas para a modelagem do serviço de esquadrias de segurança, ou seja, são direcionadores de custos.

Quanto ao modelo, a precisão dele é compatível com a disponibilidade de informações na fase de viabilidade dos projetos de CAS, ou seja, na etapa inicial do empreendimento é possível estimar os custos com maior conformidade do que comparativos simplificados, como relações entre área construída e custo total do empreendimento (custos unitários globais).

Outros limites de aplicabilidade do modelo são relacionados à amostra que o originou. O mesmo pode servir de base para estimativa paramétrica de custo de esquadrias de segurança de CAS em estrutura de concreto armado com vedação em alvenaria estrutural, com os limites de $146,34 \text{ m} \leq \text{PI} \leq 926,27 \text{ m}$ e $150,73 \text{ m} \leq \text{PE} \leq 1.660,76 \text{ m}$.

A geração do modelo da presente pesquisa contribui ao agregar conhecimento sobre edificações de CAS, pouco exploradas pela bibliografia nacional e necessárias em maior número nas unidades federativas nacionais para atendimento aos princípios de ressocialização e melhor manejo da população interna. O modelo contempla edificações de CAS a serem construídas, não abrangendo situações de rebelião, em que a extensão dos danos relacionados aos eventos e a consequente carência de dados não permitiram a criação de um modelo adicional para tal condição. Outra limitação a considerar é a aplicabilidade em outros estabelecimentos penais: como consistem em edificações destinadas ao público apenas adulto, têm características que as diferenciam dos CAS, como porte, capacidade e estrutura interna, o que não permite a extrapolação, existindo os modelos de regressão propostos por Beltrão *et al.* (2022) para essa finalidade. Destaca-se também a delimitação do estudo ao serviço de esquadrias, sendo necessários outros modelos de custos para estimativa dos demais itens da EAP de construção de CAS, para estimativas considerando a obra como um todo, ou em outros processos construtivos não pertencentes à amostra.

Conclusões

A presente pesquisa cumpre com o objetivo de apresentar um modelo de estimativa paramétrica de custos para esquadrias de segurança em CAS. Verificou-se que, para CAS em estrutura de concreto armado com vedação em alvenaria estrutural, com os limites de $146,34 \text{ m} \leq \text{PI} \leq 926,27 \text{ m}$ e $150,73 \text{ m} \leq \text{PE} \leq 1.660,76 \text{ m}$, o modelo permite estimar, dentro de limites de erro aceitáveis para esse tipo de cálculo, o custo de esquadrias de segurança de uma unidade nova, em implantação. Outros atributos do modelo proposto consistem em um fator de indexação, visando a sua utilização estendida, visto que são escassos os dados para reiteradas elaborações de modelos com o passar do tempo, e a utilização de Simulação de Monte Carlo como procedimento estatístico complementar após a verificação de pressupostos básicos do modelo de regressão linear.

As estimativas paramétricas de custo ajudam a tornar o levantamento de custos das obras públicas mais assertivo, por utilizarem dados históricos e relações de parâmetros com o custo de obras com características especiais, como os CAS. Esse levantamento de custos, dadas as especificidades desse tipo de obra, não pode ser adequadamente realizado por parametrizações convencionais, como por área construída e CUB, que representam outro padrão construtivo. O benefício da utilização do modelo de custo deste artigo nas próximas construções de obras de CAS consiste em estimativas mais precisas do item de maior peso no custo de uma unidade (mais representativo na curva ABC), que são as esquadrias de segurança. Além do orçamento, auditorias por órgãos externos são favorecidas pela existência de modelos de custo.

Tal modelo contribui para a geração de conhecimento na área de construção de edificações penais (extenso sob os aspectos de psicologia, sociologia, direito e outras áreas, mas parco quanto à pesquisa em construção civil), visto que propõe a estimativa de custo com critérios factíveis ao nível de detalhamento existente em estudos preliminares e anteprojetos, baseando-se em características geométricas. Seu método de obtenção permite replicabilidade a outros serviços de construção, possibilitando a geração de novos modelos, de forma similar. Sendo edificações pouco estudadas em pesquisa, há enormes oportunidades de aprimoramentos, aliadas à constante demanda de implantação de novas unidades, que visam à ressocialização de jovens em condições mais adequadas de saúde e segurança.

Da mesma forma que na construção, outra oportunidade e desafio na pesquisa de custos de esquadrias de CAS e outros serviços consiste em modelos que possam ser utilizados para manutenções (preventivas ou

emergenciais) nessas unidades. Não foram identificados dados relativos à extensão dos danos em edificações prisionais em bibliografia nacional, apesar da relevância do tema, em função dos investimentos públicos envolvidos.

Referências

AHMED, C. Early cost estimation models based on multiple regression analysis for road and railway tunnel projects. *Arabian Journal of Geosciences*, v.14, n. 972, p. 1-10, 2021.

ANDERSEN, M.; PANOSSETTI, C.; REUTER, K. A practical guide to surface kinetic Monte Carlo simulations. *Frontiers in Chemistry*, v. 7, p. 202, 2019.

BAETA, A. P. **Orçamento e controle de preços de obras públicas**. São Paulo: Pini, 2012.

BARRETO, M. R.; BRAGA, F. M. G; BRANDÃO, C. C. Avaliação de custos de processos em estações de tratamento de água convencionais no Distrito Federal: estudo de caso da reforma da ETA Brasília. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., Rio de Janeiro, 2015. **Anais [...]** Rio de Janeiro: Abes, 2015.

BARROS, A. C. da S.; FALCÃO, D. F. Orçamento paramétrico como ferramenta de controle de custos na construção civil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DA LARES, 16. , São Paulo, 2016. **Anais [...]** São Paulo: Lares, 2016.

BELTRÃO, L. M. P. *et al.* Modelos para estimativa de custos com o uso de regressão linear: modelagem com obras penitenciárias. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 193-211, jul./set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.462**, de 4 de agosto de 2011. Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC [...]. Brasília, Presidência da República, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112462.htm. Acesso em: 6 jun. 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.133**, de 1º de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília, Presidência da República, Subchefia para Assuntos Jurídicos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14133.htm#art193. Acesso em: 29 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos. **SINASE**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdh/pt-br/navegue-por-temas/crianca-e-adolescente/dados-e-indicadores/sinase>. Acesso em: 01 jun. 2022.

BRUNI, A.; FAMA, R.; SIQUEIRA, J. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: uma aplicação do Método de Monte Carlo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 6, 1998.

CARTA CAPITAL. **O que os dados da Fundação Casa dizem sobre maioria penal**. 2015. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/sociedade/o-que-os-dados-da-fundacao-casa-dizem-sobre-maioridade-penal-9732/>. Acesso em: 3 jun. 2022.

CARTA CAPITAL. **Uma em cada três unidades da Fundação Casa tem superlotação**. 2014. Disponível em: <https://www.cartacapital.com.br/sociedade/um-em-cada-tres-unidades-da-fundacao-casa-tem-superlotacao-acima-do-permitido-pela-justica-2637/>. Acesso em: 3 jun. 2022.

CASTAÑEDA, S.; VILLARREAL, J.; ECHEVERRY, D. Modelo de valoración financiera de proyectos especializados en ingeniería de la construcción. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 55-70, out./dez. 2007.

CEREA, A. P.; PREMOLI, C. **Stima parametrica del costo di costruzione**: individuazione di un metodo di stima, in fase di progettazione preliminare, del costo di costruzione tramite l'uso delle regressioni lineari. Milão, 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Politecnico di Milano, Facoltà di Ingegneria Edile/Architettura, Milão, 2010.

COELHO, P. **Um preso por vaga**: estratégias políticas e judiciais de contenção da superlotação carcerária. São Paulo, 2020. Dissertação (Mestrado em Direito) – Escola de Direito, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2020.

COUTINHO, K. **Modelo discreto de solvente**: solvatocromismo no espectro de absorção molecular. São Paulo, 1997. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

DAMETTO, L. S. Estudo de caso: avaliação dos materiais empregados na construção de celas coletivas de uma unidade prisional paraense. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 8, n. 4, p. 14070–01e, 2022.

DI BERNARDI, P. B. **Análise de risco em investimentos imobiliários por simulação**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ELMOUSALAMI, H. H. Artificial intelligence and parametric construction cost estimate modeling: state-of-the-art review. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 146, n. 1, p. 03119008, 2020.

ELMOUSALAMI, H. H. Intelligent methodology for project conceptual cost prediction. **Heliyon**, v. 5, n. 2019, p. e01625, 2019.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Departamento de Defesa. **Parametric Cost Estimating Handbook**. Condado de Arlington: Departamento de Defesa dos Estados Unidos, 2020a.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Nasa. **Cost Estimating Handbook**. Version 4.0. 2020b. Disponível em: <https://www.nasa.gov/content/cost-estimating-handbook>. Acesso em: 27 maio 2022.

ESTECA, A. C. P. **Edificação penal: um estudo da tecnologia do projeto arquitetônico de estabelecimentos de segurança máxima no Brasil**. 2017. Brasília, Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

FERRARO, G. B.; OSCAR, L. H. C. Composições de estimativa de custos de uma obra. **Revista Boletim do Gerenciamento**, v. 27, p. 41-53, 2021.

FRAGA, T. J. **Modelo para avaliação da sustentabilidade ambiental em estabelecimentos penais**. Florianópolis, 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **INCC-M: Índice Nacional de Custo da Construção sobe 1,49% em maio de 2022**. 2022. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/incc-m-maio-2022>. Acesso em: 8 jun. 2022.

GARCIA, S.; LUSTOSA, P. R. B.; BARROS, N. R. Aplicabilidade do método de Simulação de Monte Carlo na previsão dos custos de produção de companhias industriais: o caso da companhia Vale do Rio Doce. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 4, n. 10, p. 152-173, set./dez. 2010.

GAVIRA, M de O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. São Carlos, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GONÇALVES, C. M.; MELHADO, S. B. Gestão do custo da construção para atender a meta do negócio. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., João Pessoa, 2017. **Anais [...]** Porto Alegre: Antac, 2017.

GRECO, P. B. T. *et al.* Estresse no trabalho em agentes dos centros de atendimento socioeducativo do Rio Grande do Sul. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 34, n. 1, p. 94-103, 2013.

INSTITUTE FOR CRIME AND JUSTICE POLICY RESEARCH. **Welcome**. Disponível em: <https://www.prisonstudies.org/>. Acesso em: 01 jun. 2022.

ISATON, C. **Análise de custos paramétricos para dados orçamentários de unidades de internação socioeducativas**. Florianópolis, 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

JI, S-H.; PARK, M.; LEE, H-S. Data preprocessing-based parametric cost model for building projects: case studies of Korean construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 136, n. 8, p. 844-853, 2010.

JUSBRASIL. Supremo Tribunal Federal. **Recurso extraordinário: RE 592581 RS**. 2010. Disponível em: <https://stf.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/8543926/recurso-extraordinario-re-592581-rs-stf>. Acesso em: 3 jun. 2022.

KELLER, S.; COLLOPY, P.; COMPONATION, P. What is wrong with space system cost models? A survey and assessment of cost estimating approaches. **Acta Astronautica**, v. 93, p. 345-351, 2013.

- KIM, K. J.; KIM, K. Preliminary cost estimation model using case-based reasoning and genetic algorithms. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 24, n. 6, p. 499-505, 2010.
- LIGO, A. K. **A Simulação de Monte Carlo como instrumento de análise de riscos e seleção de projetos**. São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado Profissional em Administração de Empresas) – Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2003.
- MACHADO, N. R. dos S.; FERREIRA, A. Método de Simulação de Monte Carlo em planilha Excel: desenvolvimento de uma ferramenta versátil para análise quantitativa de riscos em gestão de projetos. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 16, n. 23, p. 223-244, 2012.
- MARTINS, D. das N.; JUNGLES, A. E.; OLIVEIRA, R. de. Avaliação da qualidade geométrica de projetos habitacionais e seu impacto no custo do empreendimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., Canela, 2010. **Anais [...]** Porto Alegre: Antac, 2010.
- MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 3. ed. Porto Alegre: JLM, 2004.
- MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. São Paulo: Nobel, 1985.
- MAUÉS, F. C. A. *et al.* Estimativa de custos paramétricos de construção de edifícios usando modelo de regressão linear. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 19-37, 2022.
- MICROSOFT. **Introdução à Simulação do Monte Carlo no Excel**. Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-pt/office/introdu%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-simula%C3%A7%C3%A3o-do-monte-carlo-no-excel-64c0ba99-752a-4fa8-bbd3-4450d8db16f1>. Acesso em: 23 set. 2022.
- MORAES, A. F. de S.; PICCHI, F.; GRANJA, A. D. Variáveis e índices geométricos de projeto arquitetônico relacionados ao custo de empreendimentos residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., São Paulo, 2016. **Anais [...]** Porto Alegre: Antac, 2016.
- NIEDBALA, S. Measures of restraint: the remaking of carceral space in the postwar United States. **Space and Culture**, v. 25, n. 3, p. 398-414, 2022.
- NONATO, E. M. N. *et al.* Segurança construtiva e aspectos de ressocialização: um olhar da engenharia civil no contexto das medidas socioeducativas. **Revista Conexão UEPG**, v. 14, n. 1, p. 40-45, 2018.
- OLIVEIRA, M. **Caracterização de prédios habitacionais de Porto Alegre através de variáveis geométricas**: uma proposta a partir das técnicas de estimativas preliminares de custo. Porto Alegre, 1990. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.
- PAIVA, U. V. G. C. de. **Restrição de liberdade com humanização**: anteprojeto arquitetônico de uma unidade socioeducativa para internação em Pitimbu – Parnamirim/RN. Natal, 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Projeto e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- QUARESMA, N. M. P.; ROCHA, R. dos S.; CRUZ, L. A. A pedagogia e o sistema prisional: a educação em ambiente não escolar. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 409-425, 2021.
- RAMOS, A. L. O. **Validação de Simulação por Monte Carlo da interação de laser vermelho e infravermelho com emulsão lipídica para estudos de dosimetria de luz em tecidos biológicos**. São Paulo, 2011. Dissertação (Mestrado em Física) – Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- RATNER, B. Variable selection methods in regression: ignorable problem, outing notable solution. **Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing**, v. 18, n. 1, p. 65-75, 2010.
- RIO GRANDE DO SUL. **Construção do Centro de Atendimento Socioeducativo de Osório receberá investimento de R\$ 21 milhões**. 2021. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/construcao-do-centro-de-atendimento-socioeducativo-de-osorio-recebera-investimento-de-r-21-milhoes>. Acesso em: 3 jun. 2022.
- SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos**: formulação e aplicação de uma metodologia. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SANTOS, A. P. L.; LIMA, S. F. dos S. de. Aplicação da compra proativa na administração de obras da construção civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10., Curitiba, 2020. **Anais [...]** Curitiba: Aprepro, 2020.

SÃO PAULO (Estado). Fundação Casa. **Centro de Atendimento Socioeducativo ao Adolescente**: história. Disponível em: <https://fundacaocasa.sp.gov.br/index.php/a-fundacao-casa/>. Acesso em: 25 maio 2022.

SIGNOR, R. *et al.* A nova lei de licitações como promotora da maldição-do-vencedor. **Revista de Administração Pública, Fórum: Perspectivas Práticas**, v. 56, n. 1, p. 176-190, jan. 2022.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SONMEZ, R. Parametric range estimating of building costs using regression models and bootstrap. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 134, n. 12, p. 1011-1016, 2008.

TRISTÃO, T. A. Do lado de lá da muralha, mas nunca em cima do muro: o compromisso ético e político das educadoras e dos educadores sociais que atuam com jovens privados de liberdade na Fundação Casa. **Mouro**, v. 12, n. 15, 2022.

VERONSE, J. R. P.; LIMA, F. da S. O Sistema Nacional de Atendimento Socioeducativo (Sinase): breves considerações. **Revista Brasileira de Adolescência e Conflitualidade**, v. 1, n. 1, p. 29-46, 2009.

VILCAPOMA, A. A. I.; MOURA, L. de M.; SAMPAIO, L. M. D. Uso da simulação de Monte Carlo em projetos de construção de rodovias no Norte Fluminense. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 17., Rio de Janeiro, 2014. **Anais [...]** Rio de Janeiro, 2014.

WATSON, R.; KWAK, Y. H. Parametric estimating in the knowledge age: capitalizing on technological advances. In: IAMOT INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT OF TECHNOLOGY, 13., Washington, 2004. **Anais [...]** Washington, 2004.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001, e com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Camila Isaton

Conceitualização, Curadoria de dados, Análise de dados, Pesquisa, Metodologia, Validação de dados e experimentos, Redação do manuscrito original.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil | Universidade Federal de Santa Catarina | Rua João Pio Duarte Silva, s/n, Sala 110 B, Córrego Grande | Florianópolis - SC - Brasil | CEP 88040-900 | Tel.: (48) 3721-5544 | E-mail: camila.isaton@pucpr.br

Antônio Edésio Jungles

Supervisão.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil | Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis - SC - Brasil | E-mail: ajungles@ceped-ufsc.com

João Paulo Maciel de Abreu

Pesquisa, Metodologia, Design da apresentação de dados, Redação do manuscrito original, Redação - revisão e edição.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil | Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis - SC - Brasil | E-mail: joaopaulojpma@hotmail.com

Fernanda Fernandes Marchiori

Supervisão.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil | Universidade Federal de Santa Catarina | Florianópolis - SC - Brasil | E-mail: fernanda.marchiori@ufsc.br

Ambiente Construído

Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

www.scielo.br/ac

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.