ESTUDO DA OBTENÇÃO DE ÍNDICES DE PRODUTIVIDADE PARA TABELAS DE COMPOSIÇÕES UNITÁRIAS: UMA ABORDAGEM PROBABILÍSTICA

MARUM, Tiago Haddad (1); ANDRADE, Renan Pereira de (2); PAIXÃO, Márcio Jose Serra (3); ZAPPILE, Jonathan Chefaly (4); RODRIGUES, Beatriz Faria (5); MARANHÃO, Flávio Leal (6)

(1) Engenharia Civil, FIPE, marum@thmestatistica.com;

(2) Engenharia Civil, FIPE, renan.andrade@fipe.org.br;

(3) Engenharia Civil, FIPE, marcio.paixao@fipe.org.br;

(4) Engenharia Civil, FIPE, jonathan.zappile@fipe.ogr.br;

(5) Engenharia Civil, FIPE, beatriz.rodrigues@fipe.org.br;

(6) Engenharia Civil, FIPE, flavio.maranhao@fipe.org.br

Resumo: As tabelas de composição unitária servem como balizadores para todas as obras públicas. As diferenças entre os índices das composições unitárias das diferentes tabelas se tornam fontes de questionamentos pelos órgãos de controle e interferem nos processos licitatórios, aumentando prazos para os certames, levando às constantes suspeições e insatisfação por parte dos *stakeholders*. Este estudo apresenta metodologia para obtenção de índices de produtividade baseados em dados, como ferramenta que pode auxiliar o processo de renovação dos índices das tabelas vigentes. Adotando-se a abordagem probabilística nos índices dos insumos das composições, permite-se que sejam propostas estratégias de atendimento das concorrentes aos índices postulados. O aprofundamento do estudo das produtividades nas técnicas construtivas passa a ser um forte indicativo da capacidade de abrangência do índice escolhido e da possibilidade maior ou menor de concorrência dos certames oriundos da referência estabelecida.

Palavras-chave: *Índices de Produtividade; Tabelas de Referência; Composição Unitária;*

Área do Conhecimento: *Engenharia Civil, Construção Civil, Processos Construtivos, Tecnologia de sistemas construtivos*

1 INTRODUÇÃO

As tabelas de composição unitária da Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras (SIURB), Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), servem como balizadores para todas as obras públicas, possibilitando uma maior isonomia nos processos licitatórios e uma maior concorrência nos certames.

De acordo com a nova Lei Nº 14.133 (2021), de licitações e contratos administrativos, os valores de referência dos editais de obras e serviços de engenharia, deverão ser oriundos das composições de custos unitários, com valores menores ou iguais à mediana do item correspondente do SICRO, para serviços e obras de infraestrutura de transportes, ou do SINAPI, para as demais obras e serviços de engenharia. Ainda faz parte da regulamentação que as propostas de preços de serviços de engenharia deverão ser superiores a 75% do valor orçado pela administração pública, o que torna ainda mais impactante o valor de referência nos processos licitatórios.

No âmbito dos municípios, poderão ser adotados outros sistemas de custos, como no caso de São Paulo, que baseia a maior parte dos preços dos seus editais nos valores da SIURB, que apresentam índices de consumo de recursos divididos em materiais, mão de obra e equipamentos, diferentes dos índices vistos no SINAPI e SICRO. Esta diferença é consequência das particularidades existentes na cidade de São Paulo, como as dificuldades de deslocamentos, restrições de horários de trabalho e grande quantidade de interferências em obras nas vias públicas (LARA, 2017).

Muitas vezes as diferenças entre os índices das composições unitárias das diferentes tabelas se tornam fontes de questionamentos pelos órgãos de controle e interferem nos processos licitatórios. Como consequência, observam-se aumento de prazos para os certames, as constantes suspeições e insatisfação por parte dos *stakeholders* (SANTOS, 2002).

Assim, neste trabalho é proposta metodologia para obtenção de índices de produtividade com apropriação de dados em estudo de caso real em obras de infraestrutura e aplicação de abordagem probabilística para avaliação e obtenção dos índices de produtividade do serviço investigado (YIN, 2005). Após levantamento os índices são comparados com os índices das tabelas vigentes no âmbito da SIURB, SICRO e SINAPI.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização das obras apropriadas

Para o estudo foi proposta a medição do serviço de transporte com caminhão basculante em via urbana pavimentada em duas obras, denominadas “Obra A” e “Obra B”, ambas localizadas no munícipio de São Paulo.

A Obra A se trata de um piscinão com capacidade para 150.000 m³ para controle de inundações. Iniciada no dia 16/09/2019 e com orçamento estimado em R$ 144.362.573,36, a obra conta com um efetivo direto de 92 pessoas e se encontrava 60% executada no instante apropriado. Foi realizado o monitoramento por um período de 20 dias de transporte de terra por uma distância de 38 quilômetros entre o local da obra e região de bota fora. O período apropriado foi datado em 23/11/2020 até 04/03/21 no qual foi acompanhado o transporte de aproximadamente 3.800 m³ de terra em caminhões com capacidade entre 14 e 19 m³ com utilização de tábua em caçamba, totalizando 239 viagens. O equipamento utilizado para abastecimento das caçambas eram escavadeiras hidráulicas de 20 a 30 toneladas.

A Obra B contempla serviços do sistema de drenagem e manejo de águas pluviais. Foram realizados 50 dias de acompanhamento de serviços de transporte de terra por uma distância de 29,5 quilômetros de distância entre o local da obra e região de bota fora. O período apropriado foi entre 09/12/2020 até 27/02/2021 no qual foi acompanhado o transporte de 8.590 m³ de terra, através de caminhões com capacidade para transporte entre 14 e 19 m³, totalizando 521 viagens. Esta obra contava com escavadeiras hidráulicas de 20 toneladas para abastecimento dos caminhões.

2.2 Método de aferição

Indicadores de produtividade são definidos a partir da relação entre o recurso/esforço e o produto/resultado obtido. De maneira geral, os indicadores de produtividade em serviços de construção civil seguem a relação exposta na Equação (1), conforme apresentado no “Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil” (SOUZA, MORASCO, RIBEIRO; 2017). Ressalta-se que índices menores indicam maiores produtividades.

$$IP = \frac{Rs}{Pd} \quad (1)$$

Onde, IP = índice de produtividade;

Rs = recurso ou esforço;

Pd = produto ou resultado.

A apropriação de cada serviço foi feita por “elemento”, onde para o transporte de terra, a apropriação da produtividade por dia e para cada caminhão caracterizou uma unidade elementar. O recurso foi apropriado em horas consumidas para a quantidade de produto realizado, em quilômetros vezes metros cúbicos (km x m³).

2.3 Composições similares de tabelas de referência

Foram consultadas composições similares para o serviço apropriado nas tabelas SIURB, SINAPI e SICRO com data base em janeiro de 2020 (SIURB, 2020; SINAPI, 2020; SICRO,2020). O Quadro 1 elenca os índices relacionados:

Quadro 1 – Índices de produtividade em composições similares

Serviço	Tabela	Código da Composição	Descrição resumida do insumo	Índice
Transporte de terra	SINAPI Máximo	97914	Caminhão basculante 6m³	0.01302
	SINAPI Mínimo	95877	Caminhão basculante 18m³	0.00434
	SICRO Máximo	5914344	Caminhão basculante 6m³	0.00446
	SICRO Mínimo	5915321	Caminhão basculante 14m³	0.00181
	SIURB	01-03-10	Caminhão basculante 10m³	0.00952

2.4 Análise estatística dos dados coletados

Os resultados para cada obra foram avaliados inicialmente com o uso de estatística descritiva. As principais medidas de tendência central e dispersão foram obtidas através de quartis, média e coeficiente de variação. A representação dessas medidas foi apresentada por meio de gráficos boxplot (Bussab e Morettin, 2017).

Então, um agrupamento de dados foi conduzido sob a premissa de que os dados pertencem ao mesmo universo amostral das produtividades para o serviço sob análise. A distribuição dos resultados agrupados foi avaliada por meio de histogramas de densidade de frequência e gráficos normais de probabilidade. Um modelo de distribuição de probabilidade foi assumido para os índices coletados considerando a distribuição log-normal, LN (μ, σ^2). A aderência do modelo foi avaliada no histograma de densidade de frequências e no gráfico normal de probabilidade a partir da construção do intervalo de confiança (95%) ao redor da reta de regressão do modelo (Devore, 2006).

Uma vez definido o modelo de probabilidade, os percentis de interesse, p5, p50 e p95 foram calculados. Também foram calculados os percentis equivalentes aos coeficientes assumidos nas tabelas de referência (SIURB, SINAPI e SICRO) em composições similares para o serviço.

A interpretação dada aos percentis das distribuições de probabilidade é exemplificada na Figura 1, onde, por exemplo, o p5 aplicado aos índices de produtividade elementares representa uma produtividade elevada tal que somente 5% dos casos conseguem igualar ou apresentar uma produtividade maior que a avaliada. De maneira análoga, ainda considerando p5, entende-se que 95% dos casos não atenderão ao valor especificado.

Todos os gráficos e representações utilizadas no presente trabalho foram gerados a partir do software R 4.0.3 (R Core Team, 2020).

Figura 1 – Análise esquemática de percentis de uma distribuição de probabilidades



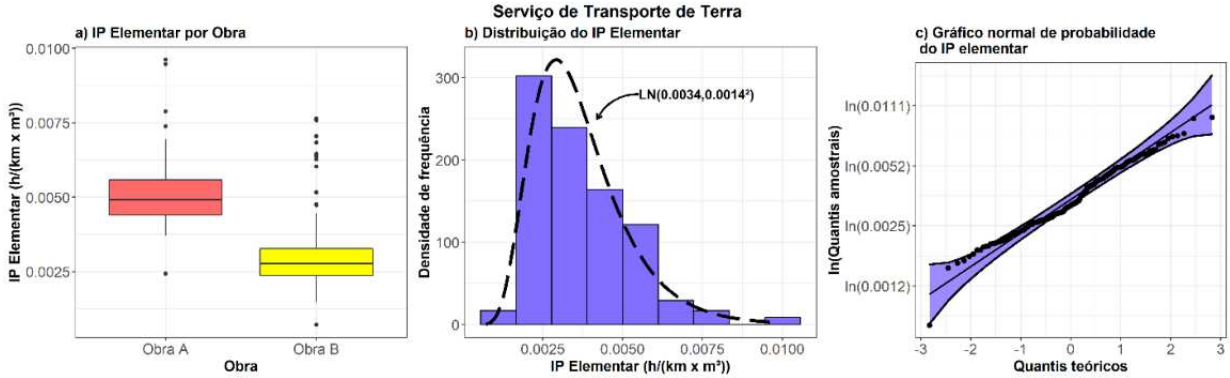
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para o serviço de transporte foram primeiramente avaliados por meio de suas medidas de tendência central e de dispersão. O Quadro 2 apresenta o número de elementos apropriado (n), os quartis (Q), média e coeficiente de variação (C.V.) dos dados para cada obra. O item “a” da Figura 2 representa os resultados por meio de boxplots. A análise descritiva apontou para eficiência média da Obra B distinta da Obra A, com intervalos interquartis significativamente afastados. O coeficiente de variação foi maior para Obra B, com possível influência de *outliers* observados acima de índices elementares (IP) de 0.0050 h/(km x m³);

Quadro 2 – Medidas de posição central e dispersão dos IP Elementares

Obra	n	Mínimo	1Q	Mediana	Média	3Q	Máximo	C.V.
Unidade	Quantidade	h/(kmxm³)	h/(kmxm³)	h/(kmxm³)	h/(kmxm³)	h/(kmxm³)	h/(kmxm³)	%
A	66	0,0024	0,0044	0,0049	0,0051	0,0056	0,0096	23,2%
B	148	0,0007	0,0024	0,0028	0,003	0,0033	0,0076	38,2%

Figura 2 – Análise de resultados do serviço



O agrupamento de dados foi então realizado, onde obteve-se uma distribuição de frequências com boa aproximação à distribuição log-normal com parâmetros média 0.0034 h/(km x m³) e desvio padrão 0.0014 h/(km x m³). O item "b" da Figura 2 apresenta o histograma de densidade de frequências e o modelo de distribuição de probabilidades assumido, enquanto o item "c" indica a aderência dos resultados ao modelo, com os índices amostrais contidos no intervalo de confiança (95%) da regressão.

Assumida a representatividade da distribuição log-normal aos índices de produtividade elementar apropriados, os resultados dos percentis de interesse (Quadro 3) e dos percentis equivalentes aos coeficientes das tabelas de referência (Quadro 4) foram então obtidos.

Quadro 3 – Percentis de interesse para o modelo proposto

Modelo proposto			
Percentil	p5	p50	p95
Índice equivalente	0.0018	0.0034	0.0065

Quadro 4 – Percentis equivalentes aos coeficientes das tabelas de referência

Tabelas de referência					
Fonte	SIURB	SINAPI Mín.	SINAPI Máx.	SICRO Mín.	SICRO Máx.
Percentil equivalente	>p97.5	p75	>p99	p5	p75
Coeficiente	>0.009	0.00434	>0.01	0.0018	0.0045

Pôde-se observar que o resultado obtido para a tabela SIURB e o maior valor da SINAPI foram os de maior percentil equivalente (>p97.5), com produtividades que são atendidas em mais de 95% dos casos. O coeficiente SINAPI mínimo apresentou um valor que é atendido em 75% das vezes, excluindo as 25% piores produtividades elementares. Os resultados para SICRO apresentaram um intervalo entre o coeficiente mínimo e máximo que contemplou 70% das produtividades elementares, incluindo os valores mais prováveis (próximos ao p50). Pode-se considerar que esse intervalo foi o que mais aproximou da mensuração em campo.

4 CONCLUSÕES

Conforme evidenciado na pesquisa e resultados obtidos existe uma grande variação nos Índices de Produtividade dos insumos, tanto entre os valores de referência presentes nas tabelas quanto na discrepância entre tais valores com as apropriações realizadas. Tais resultados, somados com as novas regulamentações trazidas pela Lei 14.133, que busca prevalecer a técnica e preço nas formações de concorrência, subsidiam a conclusão da forte necessidade de revisões constantes nos coeficientes unitários de produtividade.

Estão incutidas nas tabelas de composições unitárias uma grande responsabilidade no que tange a orçamentação de obras públicas, principalmente devido aos desdobramentos dos custos unitários nos editais de licitação. Num cenário estabelecido onde aumenta, cada vez mais, a responsabilidade dos gestores da Administração Pública nas contratações de serviços de engenharia e os órgãos de controle se tornam cada vez mais robustos e assertivos na cobrança do cumprimento das melhores práticas de gestão, evidencia-se a necessidade de tornar mais técnica e científica a formação dos valores de referência.

Embora os custos unitários das tabelas de referência sejam compostos pelo produto dos preços unitários pelos coeficientes de produtividade, os dois parâmetros não gozam do mesmo privilégio de revisões periódicas. São comuns a todas as tabelas a revisão sucessiva dos preços unitários dos insumos vigentes, em períodos não maiores que trimestrais, muito embora os índices de produtividade estejam fixados e não sofram alterações por um longo período de tempo, o que leva a uma grande defasagem do âmbito técnico da composição e da tabela, por consequência.

Deste modo, a formulação da metodologia de obtenção de índices de produtividade baseada em abordagem probabilística presente nesse estudo se mostrou uma importante ferramenta para auxiliar o processo de renovação dos índices das tabelas vigentes. A metodologia formulada apresenta as vantagens de, além de ser uma ferramenta dinâmica, que pode ser atualizada a partir do aumento no quantitativo amostral coletado (e, portanto, se tornar cada vez mais representativa), também traz em sua proposição uma abordagem estratégica inerente, devido à sua natureza probabilística.

Adotando-se a abordagem probabilística, nos índices de consumo unitário dos insumos das composições, permite-se que sejam propostas para cada índice estudado uma estratégia de atendimento das concorrentes aos índices postulados, de acordo com a quantificação das porcentagens de atendimento de determinada produtividade adotada. Sendo assim, o aprofundamento do estudo das produtividades nas técnicas construtivas passa a ser um forte indicativo tanto da capacidade de abrangência do índice escolhido, quanto da possibilidade maior ou menor de concorrência dos certames oriundos da referência estabelecida.

5 REFERÊNCIAS

BRASIL. LEI Nº 14.133, de 1° de abril de 2021. **Lei de Licitações e Contratos Administrativos**, Brasília,DF, Abr 2021.

BUSSAB, WO; MORETTIN, PA. Estatística Básica (9ª Edição). São Paulo: **Editora Saraiva**, 2017.

DEVORE, J. L. Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências. **Ed. Thomson**, 2006.

ESTADO DE SÃO PAULO**. Manual de redação e estilo**. São Paulo, 1997. Disponível em: http://www1.estado.com.br/redac/manual.html. Acesso em: 19 maio 1998.

LARA, F. D. A. Modalidades de contrato. **PINI Web**, 2002. Disponivel em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/modalidades-de-contrato-80736-1.aspx>. Acesso em: 21 Agosto 2017.

R CORE TEAM (2020). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/.

SANTOS, A. L. P. et al. Crítica ao processo de contratação de obras públicas no Brasil. **ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Foz do Iguaçu, Maio 2002. 10.

SICRO – SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS. **SICRO.** São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro. Acesso em: 06 maio 2021.

SINAPI – SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Referências de preços e custos.** São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/poder-

publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx. Acesso em: 06 maio 2021.

SIURB – SECRETARIA MUNICIPAL DE INFRAESTRUTURA E OBRAS. **Tabelas de Custos.** São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/tabelas_de_custos/index.php?p=310197. Acesso em: 06 maio 2021.

SOUZA, U. E. L.; MORASCO, F. G.; RIBEIRO, G. N. B. Manual básico de indicadores de produtividade na construção civil. v.1. Brasília, DF: CBIC, 2017.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 4. ed. São Paulo: Artmed Editora S.A., 2010. Tradução de: Daniel Grassi.