



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



ÁDRIA DE PAULA MELO DE LIMA
CHRISTIANE HELEN GODINHO COSTA

**INDICADORES DE CONSUMO DE MATERIAIS EM ESTRUTURAS DE
EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM
ESTATÍSTICA: Estudo de edificações em Belém**

BELÉM - PA
Outubro de 2025

ÁDRIA DE PAULA MELO DE LIMA
CHRISTIANE HELEN GODINHO COSTA

**INDICADORES DE CONSUMO DE MATERIAIS EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS
EM CONCRETO ARMADO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM ESTATÍSTICA:**

Estudo de edificações em Belém.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.,

Orientador: Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte.

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldson José de Franca Mendes Carneiro.

BELÉM - PA
Outubro de 2025

ÁDRIA DE PAULA MELO DE LIMA
CHRISTIANE HELEN GODINHO COSTA

**INDICADORES DE CONSUMO DE MATERIAIS EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS
EM CONCRETO ARMADO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM ESTATÍSTICA:**

Estudo de edificações em Belém.

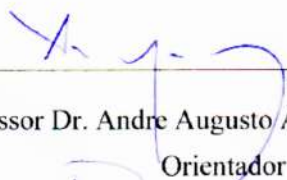
Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil, pela Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. André Augusto Azevedo Montenegro Duarte.

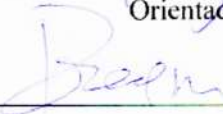
Coorientador: Prof. Dr. Ronaldson José de Franca Mendes Carneiro.

APROVADA EM : 03/11/25

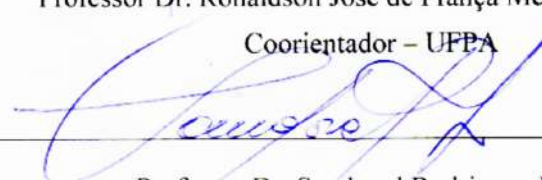
BANCA EXAMINADORA




Professor Dr. Andre Augusto Azevedo Montenegro Duarte
Orientador – UFPA



Professor Dr. Ronaldson José de Franca Mendes Carneiro
Coorientador – UFPA



Professor Dr. Sandoval Rodrigues Junior
Examinador Interno – UFPA



Eng. Bruno Norat Jorge
Examinador Externo

AGRADECIMENTO

Por Adria de Lima

Gostaria de dedicar este trabalho aos meus pais, Ana Paula e Carlos Wendel, que, com amor incondicional, paciência e compreensão, me criaram com uma base sólida que me sustentou nos momentos de alegria e nos desafios ao longo dos anos de faculdade. O apoio de vocês é o mundo para mim.

Às minhas avós, Marilândia e Evanete, que sempre me receberam de braços abertos, oferecendo carinho e acolhimento, mesmo quando a distância me separava de casa. Aos meus avós, em especial ao meu amado avô, Paulo Maurício, que sempre acreditou no meu potencial. Tenho certeza de que ele estaria imensamente orgulhoso de ver a neta mais velha se formando.

Aos meus tios Marcelo, Carol, Márcio, Maurício e Rose, ao meu padrasto Rodrigo e minha prima Bianca, por sempre estarem ao meu lado, apoiando e acreditando em mim. O orgulho de vocês foi combustível para minhas conquistas, muito antes de qualquer título acadêmico.

Às minhas irmãs, Ágata de Paula e Carla Liz, por me inspirarem a ser uma pessoa melhor a cada dia, a buscar sempre mais, e por me lembrarem de que a dedicação e a coragem podem levar qualquer pessoa alcançar grandes realizações.

Aos meus amigos Yule, Elysa, Catharina, Pedro, Mariana, Viviane, Lyandra e Isabelle, que, durante todos os anos de amizade, me lembraram da pessoa que fui antes de ingressar na UFPA e me acompanharam na transformação ao longo dessa jornada.

Aos meus amigos de curso, Roberta, Christian, Jefferson, Yury, João, Nathalia, Breno, Matheus Braga, Matheus Malato, Matheus Pimentel, Erick, Victor, Marcela e Gabriela, pelos momentos compartilhados, pela parceria e pelo apoio constante. Cada um de vocês fez com que a caminhada fosse mais leve e gratificante. Um agradecimento especial ao Arthur, que foi de grande ajuda para o desenvolvimento deste trabalho e nos últimos semestres de faculdade. Muito obrigada, Arthur!

Agradeço também à minha dupla de TCC, Christiane, pela parceria, confiança e carinho nos longos meses de trabalho em conjunto, que foi fundamental para o sucesso deste projeto.

Ao meu orientador, professor André Augusto Azevedo Montenegro Duarte, e ao meu coorientador, Ronaldson José de Franca Mendes Carneiro, pela orientação, paciência e apoio durante todo o processo. Sem o conhecimento e a dedicação de vocês, este trabalho não teria sido possível.

Por fim, agradeço à Universidade Federal do Pará, que me proporcionou a oportunidade de aprender e crescer, tanto acadêmica quanto pessoalmente, e que, sem dúvida, foi um pilar essencial para a realização deste sonho.

AGRADECIMENTO

Por Christiane Costa

Esse trabalho é resultado não só de uma pesquisa específica, mas de toda uma trajetória percorrida nos últimos anos que me trouxe até aqui. Por isso, aqui agradeço a todos que tornaram este momento possível.

Primeiramente, agradeço a Deus pelo amor e paciência comigo. Agradeço pela força renovada de cada dia, pelas portas que foram abertas a mim durante o curso, e pelas que foram fechadas também, por cada pessoa que Ele colocou na minha vida até aqui, e por me sustentar na finalização de mais uma etapa da minha vida. Sem Ele eu não estaria aqui e nada disso seria possível.

À minha família, meu principal suporte emocional, responsáveis pela pessoa que eu sou hoje. Meus queridos pais, Gilberto e Nazaré, e meus irmãos e cunhados, André e Lucélia, Jaqueline e Luciano, o amor e a paciência de vocês me deram condições de chegar aqui sem enlouquecer completamente.

Aos nossos professores e orientadores Prof. André Montenegro e Prof. Ronaldson Carneiro, por todo o suporte e orientação na construção deste trabalho.

Um agradecimento especial ao Prof. Bruno Norat, que não apenas tornou esse trabalho possível, mas também teve grande contribuição na minha formação na área de Engenharia Estrutural. Ao Eng. Marcos Silva, pela proposta de tema deste trabalho e auxílio na construção do mesmo. Assim também, agradeço toda equipe da Solest Engenharia, que ajudou no desenvolvimento desta pesquisa e que contribui diariamente na minha formação como engenheira.

Por fim, mas muito importantes, agradeço aos meus amigos que me acompanharam nesses últimos anos. Ao meu querido Arthur Mendes, por estar presente sempre, por tornar meus semestres mais fáceis de lidar, e por contribuir muito nas análises deste trabalho. Ao Murilo Cabral, pelo apoio, conversas e incentivos, e principalmente por escutar todos os meus dramas (muito relevantes) nos últimos meses. À Ruth Lima e à Camila Dutra, sendo minhas melhores conselheiras, os desafios da vida se tornam mais leves quando eles são compartilhados com vocês. E à Adria de Paula, minha dupla preferida, não dava pra finalizar essa fase da vida de forma melhor.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo estabelecer Intervalos de Referência confiáveis e operacionais para as taxas de consumo de aço, formas e concreto em edifícios de múltiplos pavimentos em concreto armado, localizados em Belém, Pará. A pesquisa, de natureza quantitativa e exploratória, analisou dados de projetos estruturais existentes, com foco em quatro indicadores principais. A metodologia centralizou-se na estratificação da amostra, segregando os dados em seis casos de estudo. O estabelecimento dos limites de referência baseou-se no cálculo do Intervalo de Tolerância (IT), mas a análise descritiva revelou que a forte assimetria dos dados de consumo de aço invalidava a aplicação direta da premissa de Normalidade. Para contornar essa limitação, o estudo propôs e validou o Intervalo de Referência Operacional (IRO). O IRO foi determinado a partir do IT-60% e refinado por uma Análise de Sensibilidade que utilizou os quartis (P25 e P75) e o Arbítrio Técnico, aplicando correções restritivas nos limites para neutralizar a influência dos dados atípicos. Os resultados confirmaram a superioridade dos índices estabelecidos para o Pavimento Tipo (Casos 5 e 6), que apresentaram maior homogeneidade e coerência estatística. Concluiu-se que o IRO não apenas fornece um instrumento preciso para a análise de custos e otimização de projetos, mas também funciona como uma ferramenta essencial de controle de qualidade, alertando para possíveis erros de concepção quando um projeto padrão apresenta índices fora da faixa de consumo mais recorrente. A recomendação final é a adoção dos índices segmentados, garantindo a validade operacional dos referenciais para a construção civil local.

Palavras-chave: Índice de Consumo; Espessura Média; Taxa de Aço; Índice de Referência.

ABSTRACT

The objective of this study was to establish reliable and operational Reference Intervals for the consumption rates of steel, formwork, and concrete in multi-story reinforced concrete buildings located in Belém, Pará. The research, which is quantitative and exploratory in nature, analyzed data from existing structural projects, focusing on four main indicators. The methodology centered on sample stratification, segregating the data into six case studies. The establishment of reference limits was based on the calculation of the Tolerance Interval (TI), but the descriptive analysis revealed that the strong skewness of the steel consumption data invalidated the direct application of the Normality assumption. To overcome this limitation, the study proposed and validated the Operational Reference Interval (ORI). The ORI was determined from the TI-60% and refined through a Sensitivity Analysis that used quartiles (P25 and P75) and Technical Judgment, applying restrictive corrections to the limits to neutralize the influence of outliers. The results confirmed the superiority of the indices established for the Type Floor (Cases 5 and 6), which showed greater homogeneity and statistical coherence. It was concluded that the ORI not only provides an accurate tool for cost analysis and project optimization but also serves as an essential quality control tool, alerting to potential design errors when a standard project presents indices outside the most frequent consumption range. The final recommendation is the adoption of segmented indices, ensuring the operational validity of the benchmarks for local civil construction.

Keywords: Consumption Index; Average Thickness; Steel Rate; Reference Index.

LISTA E ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Organograma da pesquisa	24
Figura 2 - Curva Normal do Índice de Espessura Média, considerando todos os edifícios e a somatória de todos os elementos.	26
Figura 3 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Espessura Média nos Casos.	34
Figura 4 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento nos Casos	34
Figura 5 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 1 nos Casos	35
Figura 6 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 2 nos Casos	35
Figura 7 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Espessura Média nos Casos	39
Figura 8 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento nos Casos	40
Figura 9 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 1 nos Casos	40
Figura 10 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 2 nos Casos,	41
Figura 11 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Espessura Média nos Casos	45
Figura 12 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento nos Casos	45
Figura 13 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 1 nos Casos	46
Figura 14 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 2 nos Casos	46
Figura 15 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Espessura Média nos Casos	50
Figura 16 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento nos Casos	51
Figura 17 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 1 nos Casos	51
Figura 18 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 2 nos Casos	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Caracterização dos projetos residenciais em Belém (PA).	21
Tabela 2- Especificação dos Casos de Estudo	22
Tabela 3- Valores de Z para cada Intervalo de Tolerância	27
Tabela 4 - Caso 1 - Todos os Edifícios - Todos os Pavimentos - Geral	31
Tabela 5– Caso 2 - Edifícios com Laje Maciça - Todos os Pavimentos - Geral	31
Tabela 6 - Caso 3 - Edifícios com Laje Nervurada - Todos os Pavimentos - Geral	32
Tabela 7 - Caso 4 - Todos os Edifícios - Pavimento Tipo - Geral	32
Tabela 8 - – Caso 5 - Edifícios com Laje Maciça - Pavimento Tipo – Geral	32
Tabela 9 - Caso 6 - Edifícios com Laje Nervurada - Pavimento Tipo - Geral	33
Tabela 10 - Caso 1 - Todos os Edifícios - Todos os Pavimentos - Pilares	36
Tabela 11 - Caso 2 - Edifícios com Laje Maciça - Todos os Pavimentos - Pilares	37
Tabela 12 - Caso 3 - Edifícios com Laje Nervurada - Todos os Pavimentos - Pilares	37
Tabela 13 – Caso 4 - Todos os Edifícios - Pavimento Tipo - Pilares	37
Tabela 14 - Caso 5 - Edifícios com Laje Maciça - Pavimento Tipo - Pilares	38
Tabela 15 - Caso 6 - Edifícios com Laje Nervurada - Pavimento Tipo - Pilares	38
Tabela 16 - Caso 1 - Todos os Edifícios - Todos os Pavimentos - Vigas	42
Tabela 17 - Caso 2 - Edifícios com Laje Maciça - Todos os Pavimentos - Vigas,	42
Tabela 18 - Caso 3 - Edifícios com Laje Nervurada - Todos os Pavimentos - Vigas	42
Tabela 19 -Caso 4 - Todos os Edifícios - Pavimento Tipo – Vigas	43
Tabela 20 - Caso 5 - Edifícios com Laje Maciça - Pavimento Tipo - Vigas	43
Tabela 21 - Caso 6 - Edifícios com Laje Nervurada - Pavimento Tipo - Vigas	43
Tabela 22 - Caso 1 - Todos os Edifícios - Todos os Pavimentos - Lajes	47
Tabela 23 - Caso 2 - Edifícios com Laje Maciça - Todos os Pavimentos - Lajes	47
Tabela 24 - Caso 3 - Edifícios com Laje Nervurada - Todos os Pavimentos - Lajes	48
Tabela 25 - Caso 4 - Todos os Edifícios - Pavimento Tipo - Lajes	48

Tabela 26 - Caso 5 - Edifícios com Laje Maciça - Pavimento Tipo - Lajes	48
Tabela 27 - Caso 6 - Edifícios com Laje Nervurada - Pavimento Tipo - Lajes	49
Tabela 28 - Comparação entre os índices de Espessura Média, (de) Todos os Elementos destes edifícios	1
Tabela 29 - Comparação entre os índices de Espessura Média, (de) Apenas Pilares destes edifícios	1
Tabela 30 - Comparação entre os índices de Espessura Média, (de) Apenas Vigas destes edifícios	2
Tabela 31 - Comparação entre os índices de Espessura Média, (de) Apenas Lajes destes edifícios	2
Tabela 32 - Comparação entre os índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Todos os Elementos destes edifícios	3
Tabela 33 - Comparação entre os índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Pilares destes edifícios	4
Tabela 34 - Comparação entre os índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Vigas destes edifícios	4
Tabela 35 - Comparação entre os índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Lajes destes edifícios	5
Tabela 36 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m^3), (de) Todos os Elementos destes edifícios	6
Tabela 37 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m^3), (de) Apenas Pilares destes edifícios	6
Tabela 38 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m^3), (de) Apenas Vigas destes edifícios	7
Tabela 39 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m^3), (de) Apenas Lajes destes edifícios	7
Tabela 40 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m^2), (de) Todos os Elementos destes edifícios	8

Tabela 41 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m^2), (de) Apenas Pilares destes edifícios	9
Tabela 42 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m^2), (de) Apenas Vigas destes edifícios	9
Tabela 43 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m^2), (de) Apenas Lajes destes edifícios	10
Tabela 44 - Intervalos Finais - Índices de Espessura Média, Todos os Elementos	12
Tabela 45 - Intervalos Finais - Índices de Espessura Média, (de) Apenas Pilares destes edifícios	13
Tabela 46 - Intervalos Finais - Índices de Espessura Média, (de) Apenas Vigas destes edifícios	13
Tabela 47 - Intervalos Finais - Índices de Espessura Média, (de) Apenas Lajes destes edifícios	14
Tabela 48 - Intervalos Finais - Índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Todos os Elementos destes edifícios	14
Tabela 49 - Intervalos Finais - Índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Pilares destes edifícios	15
Tabela 50 - Intervalos Finais - Índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Vigas destes edifícios	15
Tabela 51 - Intervalos Finais - Índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Lajes destes edifícios	16
Tabela 52 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m^3), (de) Todos os Elementos destes edifícios	16
Tabela 53 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m^3), (de) Apenas Pilares destes edifícios	17
Tabela 54 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m^3), (de) Apenas Vigas destes edifícios	17
Tabela 55 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m^3), (de) Apenas Lajes destes edifícios	18

Tabela 56 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m^2), (de) Todos os Elementos destes edifícios	18
Tabela 57 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m^2), (de) Apenas Pilares destes edifícios	19
Tabela 58 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m^3), Apenas Vigas destes edifícios	19
Tabela 59 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m^2), (de) Apenas Lajes destes edifícios	20
Tabela 60 - Tabela Resumo dos Intervalos de Referência Finais	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CA - Coeficiente de Assimetria

CV - Coeficiente de Variação

EM - Espessura Média

EP - Erro Padrão

IC - Intervalo de Confiança (IC)

IF - Índice de Formas

IRO - Intervalo de Referência Operacional

IT - Intervalo de Tolerância

IT-60% - Intervalo de Tolerância de 60%

IT-90% - Intervalo de Tolerância de 90%

S - Desvio Padrão

TA1 - Taxa de Aço 1 ou Taxa de Armadura por Volume de Concreto

TA2 - Taxa de Aço 2 ou Taxa de Armadura por Área de Pavimento

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1. OBJETIVO	16
1.1 Objetivo geral	16
1.2 Objetivos específicos	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Estruturas em concreto armado e fundamentos normativos	16
2.2 Indicadores estrutural e taxas de consumo	17
2.3 Fatores que influenciam os indicadores de consumo	18
2.4 Estudos sobre índices de consumo no Brasil	18
2.5 Aplicação de métodos estatísticos na análise de indicadores	19
3. METODOLOGIA	20
3.1 Identificação dos Indicadores de Projeto Estrutural analisados:	20
3.2 Coleta e Classificação dos Dados:	21
3.3 Definição dos Casos	21
3.4 Análise Estatística Descritiva:	25
3.5 Intervalos Probabilísticos de Ocorrência (IT):	26
3.6 Análise de Sensibilidade	29
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	30
4.1 Estatística Descritiva - Caracterização da Amostra e Variabilidade de Consumo	31
4.2 Intervalos Probabilísticos de Ocorrência	53
4.3 Intervalos Probabilísticos de Ocorrência	54
4.4 Análise de Sensibilidade	10

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	23
APÊNDICE A – Tabela de Dados	25
APÊNDICE B – Tabela de Dados	26
APÊNDICE C – Tabela de Dados	27
APÊNDICE D – Tabela de Dados	28
APÊNDICE E – Tabela de Dados	29
APÊNDICE F – Tabela de Dados	30
APÊNDICE G – Tabela de Dados	31

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil possui papel fundamental no desenvolvimento urbano e econômico do país, sendo responsável por uma parcela significativa dos investimentos em infraestrutura e habitação. Nesse contexto, o dimensionamento e a concepção estrutural de edificações em concreto armado destacam-se como etapas decisivas para garantir a segurança, a economia e a durabilidade das obras. Entretanto, observa-se que, em muitos casos, o processo de projeto ainda carece de parâmetros quantitativos consolidados que sirvam de referência para a avaliação do consumo de materiais estruturais.

A ausência de indicadores confiáveis de consumo de concreto, aço e fôrmas dificulta a análise comparativa entre projetos, a otimização estrutural e o controle de custos. Dessa forma, surge a questão de pesquisa que orienta este estudo: como estabelecer intervalos de referência representativos e estatisticamente fundamentados para o consumo de materiais em estruturas de concreto armado, considerando as especificidades construtivas dos edifícios da região de Belém, Pará?

Diante dessa problemática, busca identificar intervalos de referência para as taxas de consumo de aço, fôrmas e concreto em edifícios de concreto armado localizados na região de Belém, Pará, por meio de análise estatística de dados obtidos em projetos estruturais reais, de tal modo que possam apoiar os projetistas como parâmetros de assertividade do dimensionamento.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: O Capítulo 1 apresenta a introdução, os objetivos, a justificativa, a metodologia e a organização do estudo. O Capítulo 2 aborda o referencial teórico, com base em normas técnicas, publicações e pesquisas relacionadas aos indicadores de consumo e desempenho estrutural. No Capítulo 3 descreve a metodologia de coleta, tratamento e análise dos dados utilizados na pesquisa. O Capítulo 4 apresenta e discute os resultados obtidos, com a definição dos intervalos de referência e a interpretação das tendências de consumo. Por fim, o Capítulo 5 expõe as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

1. OBJETIVO

1.1 Objetivo geral

Estabelecer intervalos de referência operacionais ou assertivos para taxas de aço e consumo de formas e concreto em edifícios de concreto armado na região de Belém, Pará, por meio de análise estatística de dados coletados de projetos estruturais existentes.

1.2 Objetivos específicos

- Coletar dados detalhados de projetos estruturais de edifícios de múltiplos pavimentos em Belém, incluindo taxas de aço (kg/m^3 e kg/m^2), espessura média, área de fôrmas/área estruturada, tipo de pavimento e elementos estruturais.
- Realizar análise estatística descritiva dos dados coletados, utilizando medidas de tendência central (média e erro padrão), medidas de dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação e coeficiente de assimetria), e construindo gráficos (*boxplots*, histogramas e curvas de Gauss).
- Definir de forma propositiva intervalos de referência operacionais para as taxas de aço, formas e concreto, considerando a variabilidade dos dados e os requisitos das normas técnicas vigentes específicas para o pavimento tipo. De forma a fornecer subsídios para a otimização de projetos estruturais em Belém, visando a redução de custos e o aprimoramento da eficiência na construção civil local.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estruturas em concreto armado e fundamentos normativos

O concreto armado é um dos materiais mais utilizados na construção civil brasileira, devido à sua versatilidade, durabilidade e custo-benefício. Sua eficiência estrutural decorre da combinação entre as propriedades do concreto, resistente à compressão, e do aço, resistente à tração (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

Essa associação permite o dimensionamento econômico e seguro de elementos estruturais, como lajes, vigas e pilares. O projeto e a execução de estruturas de concreto armado são regidos principalmente pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- NBR 6118:2014: Projeto de Estruturas de Concreto.
- NBR 6120:2019: Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.
- NBR 8681:2003: Ações e Segurança nas Estruturas.
- NBR 14931:2004: Execução de Estruturas de Concreto.

De acordo com Helene e Andrade (2015), o cumprimento das normas assegura a confiabilidade e durabilidade das construções.

2.2 Indicadores estrutural e taxas de consumo

Segundo Albuquerque (1999), como parâmetros de avaliação de uma estrutura pode-se utilizar os quantitativos: volume de concreto, peso de aço e área de fôrmas; e os índices: espessura média, taxa de aço I, taxa de aço II e taxa de fôrma. De acordo com Mariotto (2012), o estudo e a aplicação desses índices são fundamentais para avaliar a eficiência estrutural e o consumo racional de materiais, auxiliando tanto no dimensionamento econômico quanto no controle tecnológico das obras de concreto armado. A seguir, são descritos os principais indicadores utilizados em análises comparativas de consumo.

2.2.1 Taxa de Aço I (kg/m³)

A Taxa de Aço I representa a quantidade de aço empregada (em quilogramas) por metro cúbico de concreto (m³). Esse índice expressa a densidade de armadura dentro do volume total de concreto de uma estrutura. Uma taxa de aço elevada pode indicar superdimensionamento ou detalhamento excessivo, enquanto valores muito baixos podem comprometer a segurança e ductilidade da estrutura. Além disso, esse índice auxilia na estimativa de custos, pois o aço representa um dos componentes mais onerosos da construção (MARIOTTO, 2012). A análise da Taxa de Aço I também permite comparar a eficiência de projetos estruturais diferentes, verificando se os valores estão dentro de faixas tecnicamente aceitáveis conforme recomendações normativas e práticas de projeto.

2.2.2 Taxa de Aço II (kg/m²)

A Taxa de Aço II expressa a quantidade de aço (kg) utilizada por metro quadrado (m²) de área construída ou de área estrutural efetiva (lajes, paredes, pavimentos, etc.).

Esse índice é amplamente utilizado em estudos comparativos por facilitar o planejamento e controle da execução da obra, já que permite estimar o consumo total de aço por pavimento ou elemento estrutural. Segundo Mariotto (2012), a análise dessa taxa contribui para o controle de qualidade na execução, assegurando que a quantidade projetada de armadura seja efetivamente aplicada em campo.

2.2.3 Espessura Média (m^3/m^2)

A Espessura Média é obtida pela razão entre o volume total de concreto (m^3) e a área total da estrutura (m^2), representando uma espessura média equivalente.

Esse indicador é utilizado para estimar o volume total de concreto necessário em uma obra e para avaliar a eficiência do consumo de concreto em diferentes tipologias estruturais.

Mariotto (2012) destaca que a espessura média é um parâmetro relevante para a avaliação da racionalidade do projeto, permitindo identificar estruturas com uso excessivo de concreto ou com seções otimizadas.

2.2.4 Taxa de Fôrma (m^2/m^2)

A Taxa de Fôrma, ou área de fôrma por área estruturada, é calculada pela razão entre a área total de fôrmas utilizadas (m^2) e a área total da estrutura (m^2). Esse índice está diretamente ligado à complexidade geométrica da edificação. Segundo Mariotto (2012), esse indicador é essencial para o planejamento e controle da execução, pois as fôrmas representam uma parcela significativa do custo de uma estrutura de concreto armado. Projetos com taxas elevadas de fôrma indicam maior complexidade geométrica e custo de execução superior, enquanto taxas mais baixas sugerem projetos mais racionais e econômicos, geralmente associados à padronização e modulação estrutural eficiente.

2.3 Fatores que influenciam os indicadores de consumo

Diversos fatores interferem diretamente nas taxas de consumo de materiais: número de pavimentos, tipo de laje, resistência característica do concreto (f_{ck}), modulação e critérios de projeto. Segundo Pinheiro e Souza (2020), compreender esses fatores é fundamental para explicar as variações entre edificações de mesma tipologia, mas com concepções distintas. Projetos bem modulados reduzem vigas e pilares, otimizando o uso de formas e aço (PFEIL, 2016).

2.4 Estudos sobre índices de consumo no Brasil

Estudos brasileiros apontam faixas médias de consumo de aço, concreto e formas em edificações. Jablonski (2013) apresentou médias de consumo desses materiais em edifícios residenciais de médio porte, analisando três tipologias de lajes. Para sistemas de laje maciça, obteve valores de $0,18 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de concreto, $72,37 \text{ kg}/\text{m}^3$ de aço e $11,36 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de formas; para pré-lajes, $0,11 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de concreto, $74,53 \text{ kg}/\text{m}^3$ de aço e $6,89 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de formas; e para lajes alveolares, $0,14 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de concreto, $101,13 \text{ kg}/\text{m}^3$ de aço e $8,40 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de formas. Esses

valores referem-se à totalidade da edificação em empreendimentos localizados em cidades do Rio Grande do Sul.

De forma complementar, Silva (2024), também faz uma análise estratificada em relação a lajes maciças e nervuradas, assim como diferenciação por pavimentos. Em estudo sobre edificações de concreto armado na cidade de Belém-PA, identificou faixas médias de consumo de concreto (espessura média) entre 0,17 e 0,27 m³/m², taxas de aço entre 80 e 96 kg/m³, consumo de aço entre 15 e 22 kg/m² e índices de forma variando de 1,75 a 2,12 m²/m². Esses intervalos foram obtidos a partir do cálculo de indicadores de projeto globais, referentes à edificação como um todo, e indicadores específicos, determinados para cada pavimento.

2.5 Aplicação de métodos estatísticos na análise de indicadores

O uso de métodos estatísticos é essencial para transformar dados de projetos em informações confiáveis. Conforme Tukey (1977), a análise exploratória de dados permite identificar padrões e valores atípicos em conjuntos de dados. Carneiro (2018) e Yamura (2015) ressaltam que ferramentas estatísticas, como boxplots e análise de dispersão, ajudam a definir intervalos de referência e bancos de dados técnicos regionais.

Na Engenharia Civil, o modelo estatístico paramétrico é largamente utilizado, sendo a Distribuição Normal um de seus pilares para a inferência. Por exemplo, no campo da Confiabilidade Estrutural, a Distribuição Normal é empregada para modelar a incerteza e a variabilidade de variáveis-chave, como a resistência dos materiais e as ações permanentes (cargas), sendo fundamental para a calibração de coeficientes de segurança em normas técnicas (SOUZA JR., 2009). Essa aplicação demonstra a relevância do modelo em situações onde se assume um comportamento simétrico para a definição de limites e fatores de segurança.

Entretanto, para dados empíricos de consumo de materiais, a assimetria e a presença de *outliers* tendem a ser recorrentes. Nesses cenários, os métodos baseados na Média e Desvio-Padrão podem gerar intervalos estatísticos inconsistentes. Por essa razão, a metodologia de geração de limites de referência com base em medidas robustas da distribuição é corroborada por estudos recentes. Por exemplo, Silva (2024) utilizou a análise por *boxplot* para gerar intervalos de referência. O *boxplot*, por ser construído diretamente a partir de medidas de ordem (máximo, mínimo, mediana e, crucialmente, os quartis – P25 e

P75), permite estabelecer limites que são inerentemente resistentes a *outliers* e, principalmente, à assimetria dos dados.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho é fundamentado em uma pesquisa quantitativa de caráter exploratório, com foco na análise de projetos estruturais de edifícios residenciais em concreto armado. A abordagem metodológica aqui aplicada se mostrou a mais adequada para mensurar e estabelecer indicadores de referência para o consumo de materiais, que é o objetivo central do estudo. A análise quantitativa detalhada permite segmentar os resultados por tipologia estrutural, fornecendo referências mais precisas e aplicáveis para auxiliar no desenvolvimento de projetos.

O objetivo desta etapa é analisar as tendências de consumo de aço, concreto e forma, considerando a influência de variáveis importantes como a especificação do tipo de pavimento e o sistema de laje predominante (Maciça e Nervurada). A coleta e análise dos dados consistiu nas seguintes etapas:

3.1 Identificação dos Indicadores de Projeto Estrutural analisados:

O estudo baseia-se em quatro índices principais, calculados por pavimento, que servem como métricas cruciais de eficiência estrutural, otimização de custos e planejamento logístico:

a. *Espessura Média Equivalente de Concreto (m^3/m^2):*

$$EM = \frac{\text{Volume de Concreto (m}^3\text{)}}{\text{Área Estruturada do Pavimento (m}^2\text{)}}$$

b. *Índice de Formas por Área de Pavimento (m^2/m^2)*

$$\acute{I}F = \frac{\text{Área de Forma (m}^2\text{)}}{\text{Área Estruturada do Pavimento (m}^2\text{)}}$$

c. *Taxa de Armadura por Volume de Concreto (kg/m^3)*

$$TA1 = \frac{\text{Massa de Aço (kg)}}{\text{Volume de Concreto (m}^3\text{)}}$$

d. *Taxa de Armadura por Área de Pavimento (kg/m^2)*

$$TA2 = \frac{\text{Massa de Aço (kg)}}{\text{Área Estruturada do Pavimento (m}^2\text{)}}$$

3.2 Coleta e Classificação dos Dados:

Para a formação da amostra, foram coletados quantitativos de materiais de 13 edifícios residenciais, situados em Belém-PA, sendo que a resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}) foi limitada às classes de 35 MPa e 40 MPa. Esta restrição garante a homogeneidade e a comparabilidade dos dados dentro de um espectro de projetos de alto desempenho estrutural. É importante pontuar que todos os projetos analisados foram desenvolvidos pelo mesmo escritório de engenharia estrutural. A Tabela 1 apresenta a caracterização de cada amostra, indicando o sistema estrutural adotado (tipo de laje predominante), o coeficiente de esbeltez, o número de pavimentos e a classe de resistência do concreto (f_{ck}).

Tabela 1- Caracterização dos projetos residenciais em Belém (PA).

Amostras	Sistema Estrutural	Coef. Esbeltez	Nº de Pav.	FCK
Amostra 1	Nervurada	7,09	40	35
Amostra 2	Nervurada	7,64	39	40
Amostra 3	Maciça	6,25	38	40
Amostra 4	Nervurada	3,89	34	40
Amostra 5	Maciça	8,00	28	35
Amostra 6	Nervurada	5,87	37	35
Amostra 7	Nervurada	8,28	35	35
Amostra 8	Maciça	6,03	42	40
Amostra 9	Nervurada	8,45	38	40
Amostra 10	Maciça	9,17	40	35
Amostra 11	Nervurada	7,28	40	35
Amostra 12	Nervurada	7,37	41	35
Amostra 13	Maciça	4,49	35	40

Fonte: Autoral (2025).

De cada empreendimento foi coletado, por pavimento e por elemento, a área estruturada do pavimento (m^2), os quantitativos de concreto (m^3), de forma (m^2) e de aço (kg) a partir dos projetos. Dados necessários para o cálculo dos índices de consumo escolhidos.

3.3 Definição dos Casos

Para garantir a precisão e a validade dos intervalos de referência, a amostra de empreendimentos foi segmentada em seis casos de estudo distintos. Esta segregação é fundamental para isolar e compreender a influência das principais variáveis estruturais nas taxas de desempenho e consumo analisadas. Os casos foram definidos pela combinação de duas características-chave: o Sistema de Laje Principal Predominante no edifício e a

Abrangência de Pavimentos considerada. O objetivo principal desta abordagem é demonstrar que o estabelecimento de referenciais adequados para as quatro taxas de desempenho analisadas requer a consideração das especificidades do sistema estrutural de lajes e da tipologia do pavimento, evitando conclusões generalistas que desconsideram a heterogeneidade da construção civil.

A matriz de análise detalhada para os seis casos é apresentada na Tabela 2. Resumidamente, os casos foram definidos para permitir a segregação dos dados conforme o Sistema de Laje Principal (todos os edifícios, laje maciça ou laje nervurada) e a Tipologia de Pavimento considerada. A classificação de Pavimento Tipo é adotada neste estudo para agrupar todos os níveis destinados ao uso residencial que compartilham uma função e geometria estrutural repetitiva ou semelhante, englobando os pavimentos repetitivos convencionais, bem como os pavimentos de apartamentos uniplex e duplex. Os Casos 1, 2 e 3 incluem a totalidade dos pavimentos da edificação, enquanto os Casos 4, 5 e 6 restringem a análise apenas ao Pavimento Tipo. Essa estrutura permite uma comparação direta entre a análise total e a análise restrita, reforçando a proposta de que a tipologia do pavimento é uma variável crucial. Embora o escopo atual se concentre nas especificidades do Pavimento Tipo, a metodologia de segregação por variáveis estruturais aqui proposta é aplicável a futuras análises dos demais pavimentos.

Tabela 2- Especificação dos Casos de Estudo

Caso	Classificação por Laje Principal	Classificação por Pavimento	Elemento Analisado
1	Geral	Geral	Pilar
			Viga
			Laje
			Geral
2	Lajes Maciças	Geral	Pilar
			Viga
			Laje
			Geral
3	Lajes Nervuradas	Geral	Pilar
			Viga
			Laje
			Geral

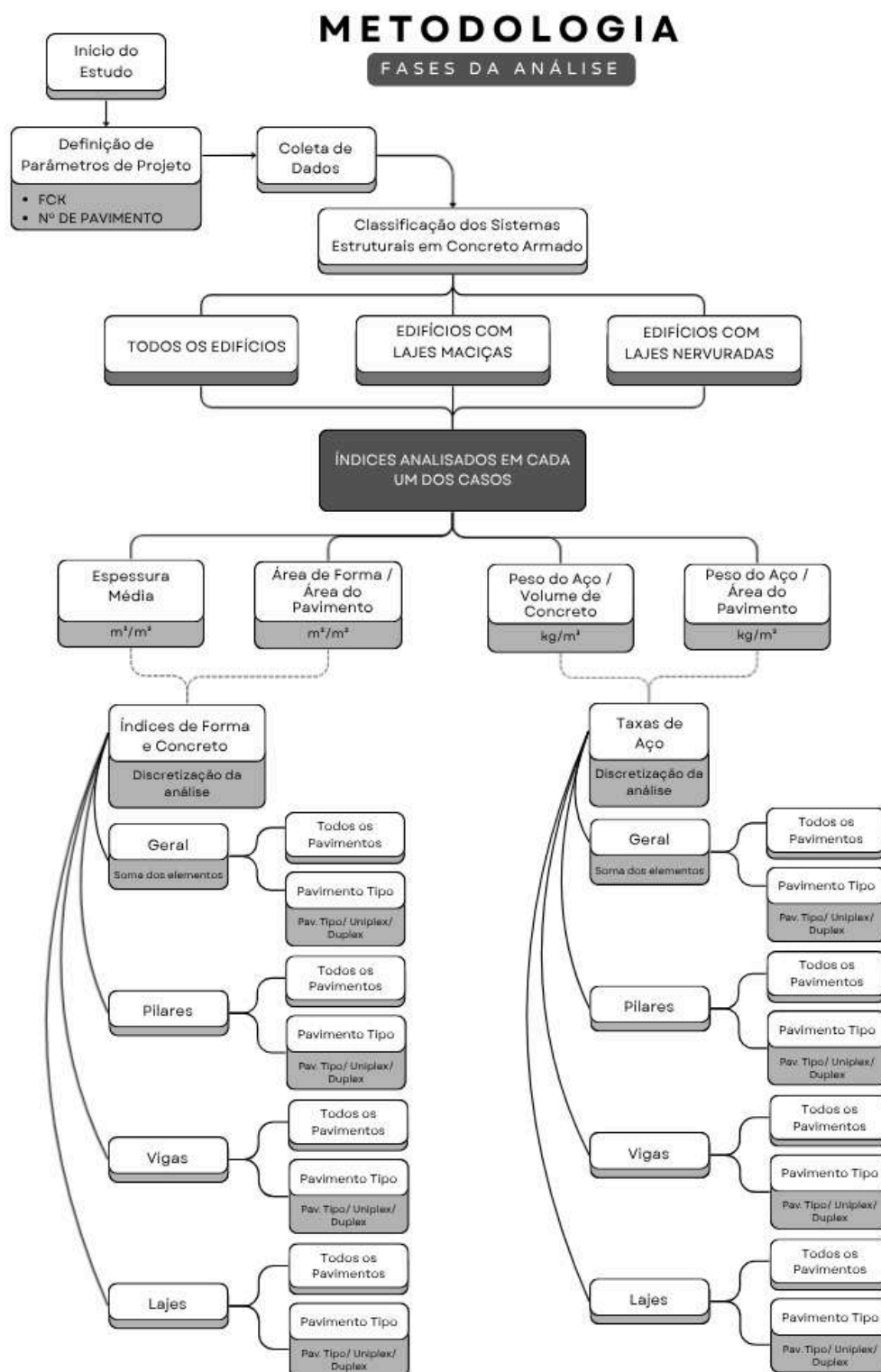
Continuação

Caso	Classificação por Laje Principal	Classificação por Pavimento	Elemento Analisado
4	Geral	Pavimento Tipo	Pilar Viga Laje Geral Pilar
5	Lajes Maciças	Pavimento Tipo	Viga Laje Geral Pilar
6	Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	Viga Laje Geral

Fonte: Autorial (2025).

No organograma apresentado na Figura 1, estão descritas as etapas previstas para a execução do estudo em cada um dos casos definidos.

Figura 1 - Organograma da pesquisa



Fonte: Autoral (2025).

3.4 Análise Estatística Descritiva:

A caracterização inicial dos seis casos de estudo e das quatro taxas de desempenho estrutural (citadas no tópico 3.3) foi realizada por meio de uma análise estatística descritiva completa (MONTGOMERY; RUNGER, 2009). O objetivo desta etapa é diagnosticar o comportamento das variáveis de consumo e fornecer a base quantitativa necessária para o cálculo dos intervalos de referência, conforme a metodologia de Intervalos de Tolerância adotada.

Para cada caso de estudo, foram calculadas a Média Ponderada e o Desvio Padrão (S). A Média Ponderada é utilizada como o valor representativo central da amostra, enquanto o Desvio Padrão quantifica o grau de dispersão dos dados em torno dessa média. Adicionalmente, o Coeficiente de Variação (CV) foi empregado para medir a dispersão relativa, expressando o desvio padrão em percentual da média. O CV é uma métrica crucial para avaliar a heterogeneidade da amostra, permitindo a comparação da variabilidade das diferentes taxas de consumo, independentemente de suas unidades de medida (MONTGOMERY; RUNGER, 2009). Por fim, o Erro Padrão será calculado para quantificar a precisão da estimativa da média amostral, servindo de base para futuras inferências.

A forma da distribuição dos dados foi examinada através do Coeficiente de Assimetria (Skewness). Este coeficiente é fundamental para diagnosticar a aderência dos dados à distribuição Normal, uma vez que a metodologia subsequente de Intervalo de Tolerância (IT) é baseada nesta premissa (MONTGOMERY; RUNGER, 2009). A constatação da assimetria dos dados será explicitamente apontada como uma limitação da aplicação dos ITs, sendo mitigada pela posterior Análise de Sensibilidade e pelo Julgamento Empírico. Complementarmente, os valores Mínimo e Máximo serão apresentados para demarcar a amplitude total de variação observada para cada taxa e cada caso, definindo os limites absolutos de desempenho registrados na amostra.

Na etapa de visualização, os dados foram organizados em classes de frequência para a avaliação detalhada da distribuição de probabilidade (MONTGOMERY; RUNGER, 2009). Com base nessas classes, foram gerados:

- Histogramas com Polígono de Frequência: Utilizados para a visualização clara das frequências e identificação imediata de padrões de ocorrência.

- Gráficos Boxplot: Cruciais para a análise visual da dispersão, do posicionamento dos quartis e da identificação de eventuais outliers, contribuindo para uma compreensão robusta do comportamento das variáveis.

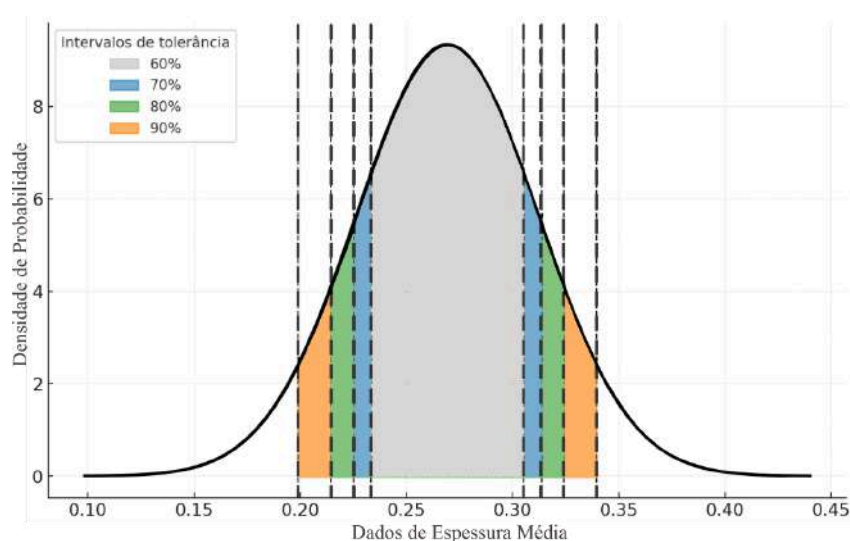
3.5 Intervalos Probabilísticos de Ocorrência (IT):

A inferência estatística dos dados é realizada por meio do cálculo do Intervalo de Tolerância (IT). Este método é considerado o mais adequado para o estabelecimento de limites de referência na Engenharia, uma vez que prediz um intervalo de variação que engloba uma proporção específica da população de projetos com um determinado nível de confiança (MONTGOMERY; RUNGER, 2009). O IT difere do Intervalo de Confiança (IC), pois, enquanto o IC estima o intervalo onde a média populacional se encontra, o IT estabelece os limites onde uma grande proporção dos dados individuais futuros deverá cair. A correta aplicação e distinção entre IT e IC são fundamentais na engenharia para a definição precisa de faixas de desempenho e controle de qualidade (DORNELAS, 2019).

Para estabelecer os ITs foram geradas as curvas normais de cada conjunto de dados analisado, como o exemplo mostrado na Figura x, que mostra a curva normal do índice de Espessura Média em Todos os Elementos para o Caso 1.

Para tal, foram geradas as curvas normais de conjunto de dados analisados, como o exemplo mostrado na Figura x, que mostra a curva normal do índice de Espessura Média em Todos os Elementos para o Caso 1.

Figura 2 - Curva Normal do Índice de Espessura Média, considerando todos os edifícios e a somatória de todos os elementos.



Fonte: Autoral (2025).

Para a construção das curvas no presente estudo, utilizou-se a função de densidade de probabilidade. Essa função é definida por dois parâmetros fundamentais do conjunto de dados: a Média e o Desvio Padrão. A Média determina a posição central da curva, enquanto o Desvio Padrão define o grau de dispersão e o formato da curva de sino. Para o cálculo de probabilidades e Intervalos de Tolerância os dados brutos são padronizados a partir da equação a seguir:

$$Z = \frac{(\text{Dado em análise} - \text{Média})}{\text{Desvio Padrão}}$$

Onde Z é o Fator de Tolerância. Entendendo que o dado em análise é o nosso Limite do Intervalo de Tolerância, a equação é reescrita da seguinte forma para alcançarmos os intervalos desejados.

$$\text{Limite de Tolerância} = \text{Média} \pm Z \times \text{Desvio Padrão}$$

Por meio da Tabela de Distribuição Normal Padrão, foi possível determinar a área sob a curva, representando a proporção da população coberta pelo intervalo de dados. Para alcançar os intervalos mostrados na figura 2 foram utilizados os seguintes valores de z mostrados na Tabela 3.

Tabela 3- Valores de Z para cada Intervalo de Tolerância

Intervalo de Tolerância Desejado	Valores de Z
60%	0,845
70%	1,035
80%	1,285
90%	1,645

Fonte: Autoral (2025).

Embora o cálculo seja realizado sob a premissa da Distribuição Normal, conforme a prática comum na engenharia e para fins de comparação padronizada, a análise descritiva anterior revelou a presença de assimetria significativa em diversos casos de estudo. A aplicação direta da Equação (1) a dados assimétricos frequentemente resulta em incoerência nos limites do intervalo de referência. Esta limitação, causada pela não-aderência à normalidade, será explicitamente identificada na discussão dos resultados (MONTGOMERY; RUNGER, 2009). Para garantir que estes limites não sejam apenas resultados de uma fórmula,

mas também coerentes e representativos do comportamento real dos projetos, a análise prossegue com uma validação multifatorial detalhada, que será o ponto de partida para a Análise de Sensibilidade.

A metodologia de avaliação de coerência se baseia nas seguintes fases analíticas:

□ *Relação de Aproximação Limite-Classe*

Para quantificar a coerência dos limites teóricos com a realidade dos dados, calcula-se a relação percentual de aproximação entre os limites do IT e os limites da classe de maior frequência, utilizando a Equação 2:

$$\text{Aproximação} = ((\text{Limite IT} - \text{Limite Classe}) \div \text{Limite Classe}) \times 100\%$$

(eq.02)

Esta métrica permite uma avaliação precisa de quão distantes ou próximos estão os limites teóricos dos limites práticos da amostra.

□ *Validação por Frequência Modal*

É realizada uma comparação direta entre os ITs calculados e as classes de dados mais frequentes (modais) obtidas na análise descritiva. Este passo verifica se o intervalo engloba o comportamento mais comum da amostra, atuando como um teste de robustez da localização do IT em relação à Média.

□ *Análise de Tendência e Alcance*

O IT é comparado com os valores máximo e mínimo gerais observados no conjunto de dados. Essa comparação é crucial para identificar o grau de conservadorismo dos limites e para verificar a direção para a qual a distribuição tende, especialmente em variáveis com assimetria pronunciada.

A partir desta avaliação, os ITs que demonstram maior coerência com a distribuição real dos dados serão identificados, e a necessidade de correção de limite (marcada pela discrepância ou influência da assimetria) será formalmente apontada. Esta limitação, causada pela não-aderência à normalidade, será o ponto de partida para a etapa final de Análise de

Sensibilidade, onde o Julgamento Empírico da Engenharia será empregado para a definição dos intervalos de referência finais.

3.6 Análise de Sensibilidade

A Análise de Sensibilidade constitui a etapa final do estudo, dedicada à correção e validação dos Intervalos de Tolerância (IT) do IT-60% que foram identificados como desalinhados com os quartis (P25 e P75). Esta fase integra o conhecimento prático da Engenharia Estrutural com as observações estatísticas. Nos casos em que o IT-60% não se mostrou coerente, a intervenção metodológica resulta na proposição de um Intervalo de Referência Operacional que é, por natureza, um limite arbitrado (ou arbitrário) pela engenharia, justificado pela falha do modelo estatístico puro em dados assimétricos.

Esta etapa de validação concentrou-se nos ITs do IT-60% que apresentaram uma variação percentual superior a 20% em relação aos seus quartis correspondentes (Limites Inferiores-P25 e Limites Superiores P75). A correção dos limites seguiu um critério de robustez operacional que equilibra a tendência estatística com a viabilidade prática, sendo definida em função da escala e do impacto do índice:

Critérios de Correção Baseados em Quartis (P25 e P75):

Os limites foram ajustados para novas margens baseadas nos quartis, garantindo que o Intervalo de Referência Final estivesse estritamente centrado no comportamento recorrente da amostra:

Espessura Média, Índice de Área de Forma e Taxa de Aço 2 - Para estes índices, a correção foi definida pela margem de 15% em relação aos quartis:

- Limite Inferior: corrigido para um valor até 15% abaixo do Quartil 1 (P25);
- Limite Superior: corrigido para um valor até 15% acima do Quartil 3 (P75).

Taxa de Aço 1 - Esta categoria exigiu uma correção mais restritiva, limitada a 10% em relação aos quartis. O rigor na correção é imposto pelo fato de os valores absolutos do índice serem significativamente maiores, o que evitaria a superestimação do consumo recorrente.

A correção dos limites inferiores foi particularmente crítica para as Taxas de Aço, onde a forte assimetria positiva interfere no modelo estatístico, levando os ITs teóricos de

maior abrangência (IT-90%) a valores impraticáveis (como limites negativos). Essa falha inicial justifica a necessidade de intervir. Com o ajuste baseado nos quartis, os limites foram repositados em um patamar coerente com a faixa de ocorrência mais comum, garantindo a validade operacional da referência mínima.

□ *Julgamento de Engenharia e Verificação Final*

Para cada caso em que a variação superou 20%, o ajuste foi analisado individualmente, comparando o limite proposto com os valores máximo e mínimo populacionais e com o comportamento da distribuição de frequência. Essa análise visou garantir que os limites ajustados não fossem excessivamente restritivos nem excessivamente conservadores. Casos específicos que apresentaram significativa variação foram mantidos sem correção quando o ajuste metodológico se mostrou desnecessário ou quando o comportamento estatístico da distribuição de frequência justificou a manutenção do IT original.

Após a aplicação desses critérios e a análise individualizada de cada IT problemático, o Intervalo de Referência Final foi estabelecido a partir do IT-60% corrigido. Esta metodologia garante que os limites sejam estatisticamente válidos, rigorosamente coerentes com a tendência central dos dados e operacionalmente aplicáveis à realidade da Engenharia.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente capítulo é dedicado à apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos a partir do processamento estatístico das taxas de consumo de materiais por elemento estrutural (Pilares, Vigas e Lajes) nos diferentes casos de estudo. A análise é estruturada em três etapas sequenciais e complementares: a Estatística Descritiva, que visa caracterizar a amostra e sua variabilidade intrínseca; Intervalos Probabilísticos de Ocorrência, que estabelece e compara os ITs (Limite Superior e Inferior) para os elementos estudados, sendo a base dos nossos Intervalos de Referência, apontados posteriormente; e, por fim, a Análise de Sensibilidade, que valida as premissas metodológicas e define os limites de controle finais mais robustos para a Engenharia. O estudo detalhado é apresentado de forma segmentada, abordando inicialmente o desempenho global do pavimento e, em seguida, a análise aprofundada por cada elemento estrutural.

4.1 Estatística Descritiva - Caracterização da Amostra e Variabilidade de Consumo

a. Desempenho Geral do Pavimento (Geral)

A análise inicial, baseada no conjunto de dados Geral (Casos 1 a 6), revela que os indicadores de consumo podem ser caracterizados por dois comportamentos distintos. O primeiro grupo compreende os indicadores de concreto e forma, que apresentam Coeficientes de Variação (CV) relativamente baixos a moderados, como a Espessura Média e a relação Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento. Já o segundo grupo é formado pelas variáveis relacionadas às taxas de aço, que exibem CVs substantivamente mais elevados, indicando uma maior dispersão.

Tabela 4 - Caso 1 - Todos os Edifícios - Todos os Pavimentos - Geral

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,2692	0,0428	16%	-0,64	0,002	0,1747	0,5311
AF	m ² /m ²	1,7144	0,5732	33%	0,93	0,0271	0,6942	5,3866
TA 1	kg/m ³	98,4384	28,8601	29%	1,13	1,3635	47,6363	239,8602
TA 2	kg/m ²	25,9417	9,3998	36%	2,04	0,4441	10,5986	81,0263

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 5– Caso 2 - Edifícios com Laje Maciça - Todos os Pavimentos - Geral

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,2627	0,0501	19%	-1,44	0,0039	0,1842	0,5246
AF	m ² /m ²	2,1756	0,436	20%	0,27	0,034	1,5871	5,3866
TA 1	kg/m ³	94,316	29,7018	31%	1,14	2,3193	51,9133	239,8602
TA 2	kg/m ²	24,6048	9,4714	38%	2,64	0,7396	13,6191	74,9

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 6 - Caso 3 - Edifícios com Laje Nervurada - Todos os Pavimentos - Geral

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,2771	0,043	16%	-2,6	0,0026	0,1747	0,4395
AF	m ² /m ²	1,5558	0,4904	32%	1,28	0,0291	0,6942	4,4282
TA 1	kg/m ³	100,9861	29,8579	30%	0,69	1,7749	47,6363	222,1794
TA 2	kg/m ²	27,2474	9,3547	34%	1,38	0,5561	10,5986	81,0263

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 7 - Caso 4 - Todos os Edifícios - Pavimento Tipo - Geral

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,2749	0,0338	12%	-4,03	0,0017	0,2064	0,3284
AF	m ² /m ²	1,8134	0,4857	27%	-0,21	0,025	1,0502	3,1008
TA 1	kg/m ³	95,2428	26,4491	28%	0,93	1,3622	56,7625	222,1794
TA 2	kg/m ²	25,9469	7,7567	30%	1,35	0,3995	13,9599	68,2106

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 8 - -- Caso 5 - Edifícios com Laje Maciça - Pavimento Tipo - Geral

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,2587	0,0454	18%	-3,82	0,004	0,2064	0,2934
AF	m ² /m ²	2,1867	0,3596	16%	-4,69	0,0314	1,9219	2,5776
TA 1	kg/m ³	92,3371	23,2417	25%	-0,04	2,0306	70,1205	179,1234
TA 2	kg/m ²	24,2155	5,0826	21%	-1,22	0,4441	20,456	39,4713

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 9 - Caso 6 - Edifícios com Laje Nervurada - Pavimento Tipo - Geral

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,2781	0,0363	13%	-5,36	0,0023	0,2438	0,3263
AF	m ² /m ²	1,4802	0,4062	27%	0,25	0,0263	1,0502	2,3299
TA 1	kg/m ³	98,9127	29,4916	30%	0,57	1,9077	56,7625	222,1794
TA 2	kg/m ²	27,8744	8,8968	32%	0,91	0,5755	13,9599	68,2106

Fonte: Autoral (2025).

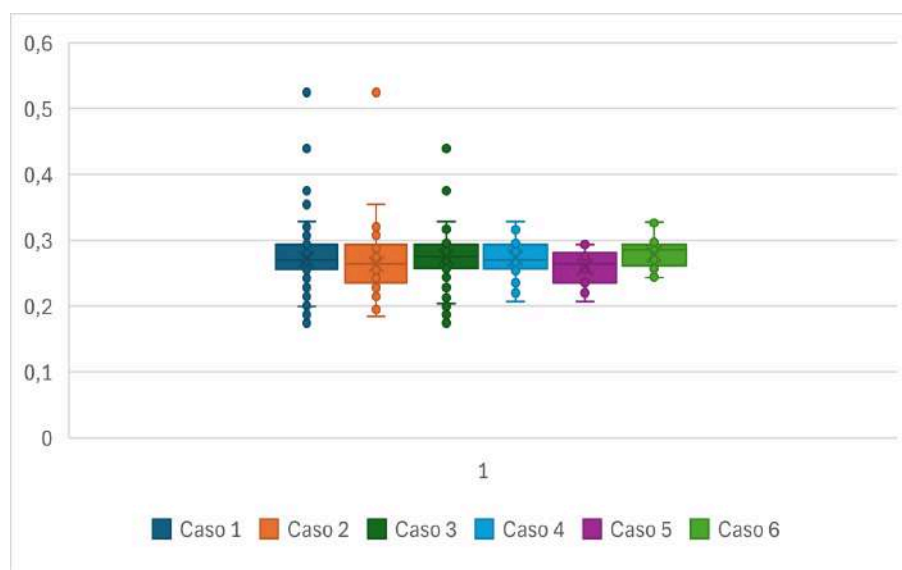
O indicador de Espessura Média (m³/m²) demonstra baixa dispersão relativa, com o CV variando em torno de 12% a 19% nos diferentes casos. O Erro Padrão (EP) para esta variável é notavelmente baixo (da ordem de 10⁻³), o que poderia indicar maior precisão à estimativa da média. Contudo, a assimetria (CA) é consistentemente negativa em quase todos os casos (atingindo valores como CA=-5,36 no Caso 6), indicando uma concentração da massa de dados à direita da média e a presença de valores menores que puxam a cauda para a esquerda. Essa assimetria negativa significativa sugere que a Média, por ser um parâmetro sensível a valores extremos, deve ser utilizada com cautela, exigindo a análise conjunta de outros fatores do intervalo de dados (como os quartis) para garantir uma referência representativa do consumo recorrente.

A análise da razão Área de Forma / Área do Pavimento (m²/m²) revela uma maior heterogeneidade entre os edifícios, com o CV atingindo valores mais altos em alguns casos (aproximadamente 33% no Caso 1 e 32% no Caso 3) e um EP um pouco maior (ordem de 10⁻²) em comparação com a Espessura Média, indicando precisão moderada. O coeficiente de assimetria tende a ser positivo (ex: CA=0,93 no Caso 1), apontando uma cauda à direita na distribuição. Essa característica justifica a maior dispersão observada, indicando a presença de edifícios com uma razão forma/pavimento muito elevada, o que reflete uma variabilidade arquitetônica e espacial relevante a ser considerada na generalização dos resultados.

As taxas de aço (tanto em kg/m³ quanto em kg/m²) apresentam a maior dispersão relativa. Os CVs são substantivamente maiores, variando de 28% a 31% para a Taxa de Aço 1 (em kg/m³) e de 30% a 38% para a Taxa de Aço 2 (em kg/m²) nos casos gerais, e se elevando

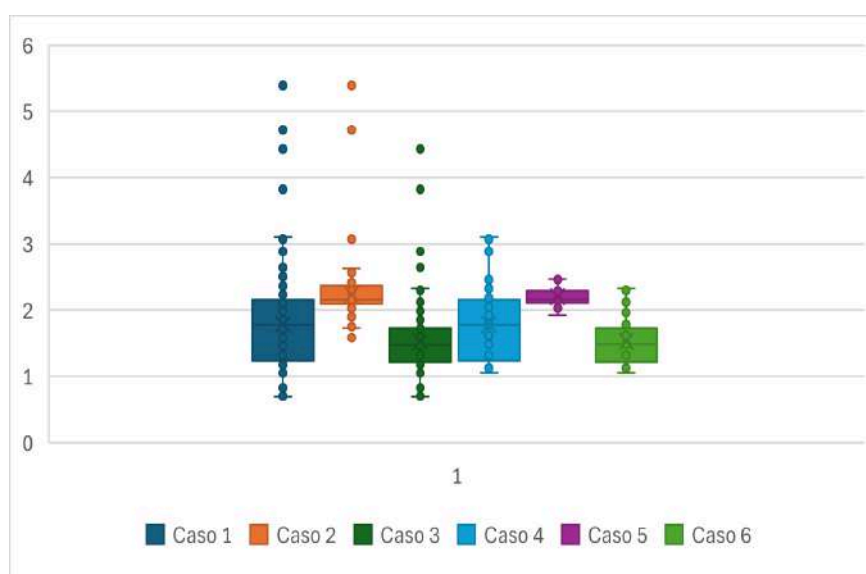
ainda mais nas análises por elemento (pilares, vigas e lajes). A assimetria é frequentemente positiva e elevada (ex: $CA=2,04$ no Caso 1 Geral para a Taxa de Aço 2), sinalizando uma distribuição com cauda alongada à direita, um comportamento típico de variáveis onde existe grande diversidade de soluções estruturais ou a presença de casos extremos de alto consumo. O EP para essas taxas é muito variável e pode chegar a valores da ordem de unidades (ex: $EP=1,36$ no Caso 1), indicando que as estimativas da média são menos precisas. Consequentemente, torna-se imprudente depender exclusivamente da média como referência.

Figura 3 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Espessura Média nos Casos.



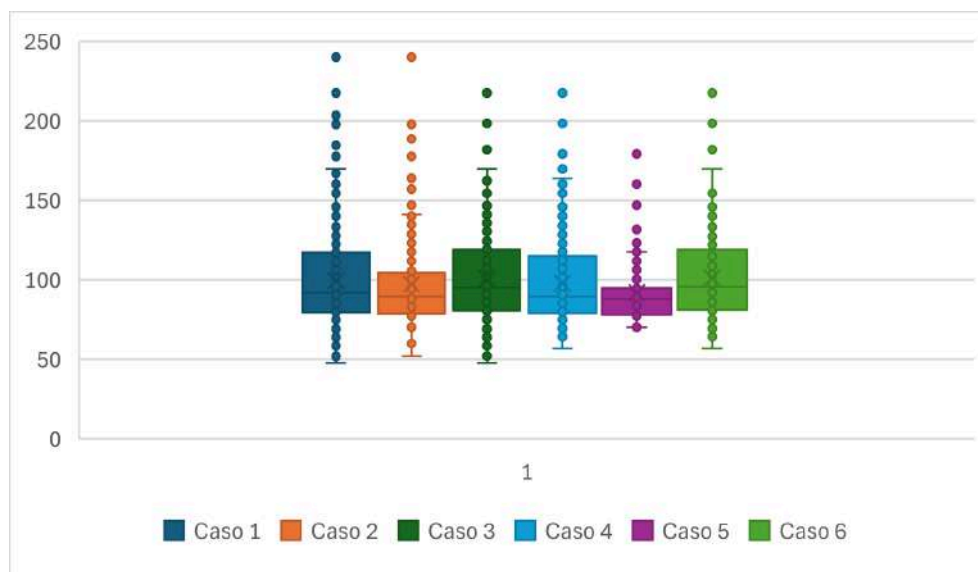
Fonte: Autoral (2025).

Figura 4 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento nos Casos



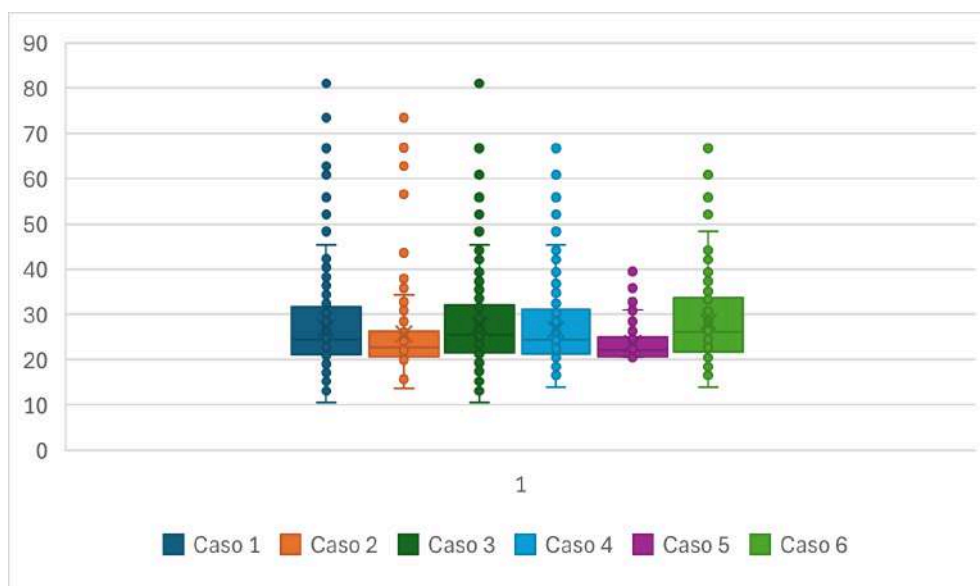
Fonte: Autoral (2025).

Figura 5 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 1 nos Casos



Fonte: Autoral (2025).

Figura 6 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 2 nos Casos



Fonte: Autoral (2025).

Em síntese, a amostra global de pavimentos é caracterizada por uma baixa variabilidade no índice de Espessura Média, contrastando com uma alta variabilidade nas demais taxas, particularmente o aço, dados reforçados pelos gráficos Boxplot apresentados. As assimetrias observadas (negativa para espessura e positiva para área e taxas de aço) e a diferenciação no erro padrão indicam que diversas variáveis possuem uma distribuição significativamente não-normal. Tais achados confirmam que a média, quando usada

isoladamente, pode mascarar a presença de extremos importantes, evidenciando a necessidade de uma análise de sensibilidade

dos intervalos de tolerância encontrados, a fim de apontar o intervalo de referência mais confiável.

Uma observação importante desta análise é que, ao isolar os dados para os Casos 4, 5 e 6 (que representam apenas os Pavimentos Tipo), a variabilidade relativa das métricas de consumo (medida pelo CV) consistentemente diminui, mesmo que sutilmente em alguns indicadores (os gráficos boxplots ilustram essa variação graficamente). Essa redução do CV ao analisar subgrupos mais homogêneos confirma que a grande dispersão observada no conjunto geral é, em parte, causada pela mistura de diferentes tipos de pavimentos. Portanto, essa evidência estatística válida a abordagem de separar os dados por tipo de pavimento (estratificação), garantindo que as referências técnicas estabelecidas sejam muito mais precisas e confiáveis para o controle de projetos de construção padronizada.

b. Pilares

A análise estatística descritiva dos dados de Pilares indica um comportamento de dispersão mais acentuado em comparação com os indicadores globais do pavimento. Os resultados mostram Coeficientes de Variação (CV) moderados para indicadores de concreto e forma e CVs significativamente mais elevados para as taxas de aço. Adicionalmente, alguns casos evidenciam assimetrias pronunciadas e Erros Padrão (EP) relativamente grandes em relação às médias, alertando para a heterogeneidade da amostra.

Tabela 10 - Caso 1 - Todos os Edifícios - Todos os Pavimentos - Pilares

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0868	0,0245	28%	-0,19	0,0012	0,0088	0,1776
AF	m ² /m ²	0,6049	0,1738	29%	0,17	0,0082	0,0624	1,5662
TA 1	kg/m ³	103,5705	69,5485	67%	2,32	3,2859	23,577	479,5197
TA 2	kg/m ²	9,3541	5,6604	61%	3,92	0,2674	1,5856	63,9564

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 11 - Caso 2 - Edifícios com Laje Maciça - Todos os Pavimentos - Pilares

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0811	0,0238	29%	0,2	0,0019	0,0297	0,1776
AF	m ² /m ²	0,6528	0,177	27%	0,55	0,0138	0,1969	1,5662
TA 1	kg/m ³	122,2532	76,1644	62%	2,59	5,9474	53,7079	479,5197
TA 2	kg/m ²	10,8355	7,1654	66%	4,42	0,5595	3,2045	63,9564

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 12 - Caso 3 - Edifícios com Laje Nervurada - Todos os Pavimentos - Pilares

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0929	0,0256	28%	-0,69	0,0015	0,0088	0,1758
AF	m ² /m ²	0,6788	0,1803	27%	-0,42	0,0107	0,0624	1,3575
TA 1	kg/m ³	96,0244	65,7601	68%	1,99	3,909	23,577	387,7443
TA 2	kg/m ²	7,8821	4,5996	58%	1,84	0,2734	1,5856	29,212

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 13 – Caso 4 - Todos os Edifícios - Pavimento Tipo - Pilares

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0912	0,0184	20%	-0,56	0,0009	0,0453	0,1426
AF	m ² /m ²	0,6527	0,1342	21%	-0,4	0,0069	0,3465	1,044
TA 1	kg/m ³	79,9583	46,7193	58%	2,32	2,4062	23,577	356,2179
TA 2	kg/m ²	7,338	4,2533	58%	2,05	0,2191	1,5856	29,212

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 14 - Caso 5 - Edifícios com Laje Maciça - Pavimento Tipo - Pilares

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0817	0,0155	19%	-2,81	0,0014	0,0647	0,098
AF	m ² /m ²	0,6076	0,1217	20%	-2,37	0,0106	0,4844	0,765
TA 1	kg/m ³	94,6391	45,9348	49%	2,39	4,0133	53,7079	315,2681
TA 2	kg/m ²	6,9085	3,4108	49%	1,77	0,298	3,8953	20,411

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 15 - Caso 6 - Edifícios com Laje Nervurada - Pavimento Tipo - Pilares

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0817	0,0155	19%	-2,81	0,0014	0,0647	0,098
AF	m ² /m ²	0,6076	0,1217	20%	-2,37	0,0106	0,4844	0,765
TA 1	kg/m ³	94,6391	45,9348	49%	2,39	4,0133	53,7079	315,2681
TA 2	kg/m ²	6,9085	3,4108	49%	1,77	0,298	3,8953	20,411

Fonte: Autoral (2025).

A Espessura Média dos Pilares (m³/m²) exibe uma dispersão moderada, com CVs variando tipicamente entre 19% e 29% (por exemplo, CV = 28% no Caso 1). O coeficiente de assimetria (CA) se mantém próximo de zero ou ligeiramente negativo, indicando uma distribuição que é relativamente simétrica, ou levemente enviesada para valores menores. Notavelmente, o EP é muito pequeno, mantendo-se na ordem de 10⁻³, o que assegura uma estimativa da média com excelente precisão. A interpretação desses indicadores é direta: a espessura média dos pilares apresenta uma dispersão aceitável, e a estimativa da sua Média é confiável, sem fortes indícios de *outliers* geométricos que possam comprometer a tendência central.

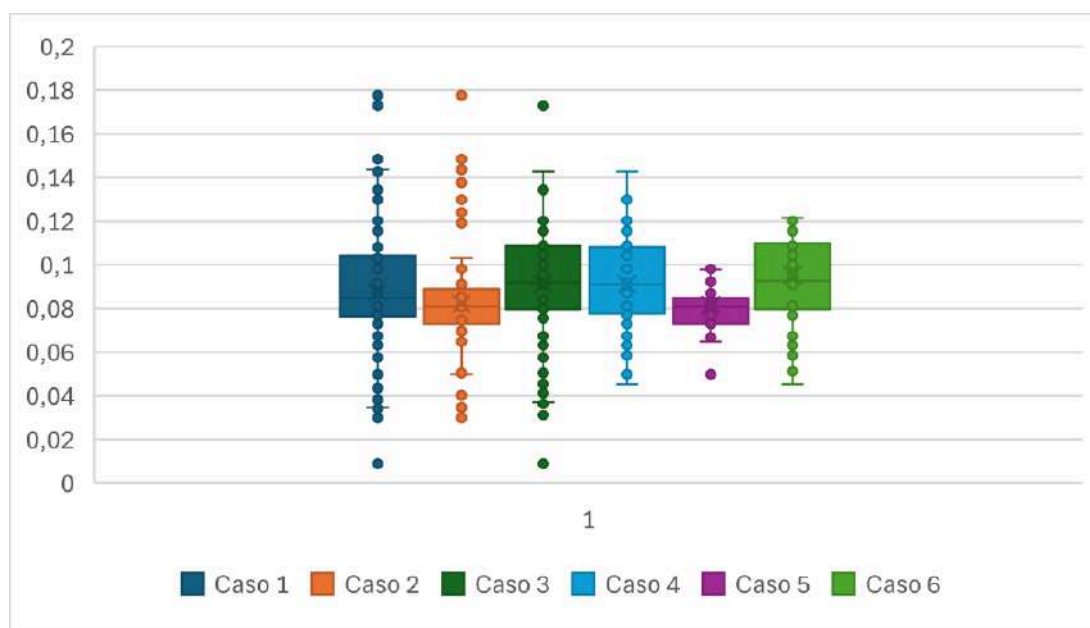
A variável Área de Forma/Área do Pavimento para pilares demonstra uma heterogeneidade moderada, com o CV variando entre 20% e 29% dependendo do caso. O CA mantém-se próximo de zero ou ligeiramente positivo na maioria dos casos. O EP é pequeno,

da ordem de 10^{-2} . Estes resultados sugerem que, embora exista uma variabilidade moderada no *layout* e dimensão relativa dos pilares entre os projetos, a distribuição da amostra não é altamente enviesada por extremos significativos.

As Taxas de Aço (kg/m^3 e kg/m^2) para pilares são as que apresentam a maior dispersão de todo o conjunto de dados. Os CVs são extremamente altos, frequentemente situando-se entre 49% e 68% para ambas as taxas, em diversos casos de estudo. Essa variabilidade é acompanhada por uma assimetria (CA) fortemente positiva, atingindo picos expressivos (ex: $CA=3,92$ para a Taxa de Aço 2 no Caso 1), o que atesta a presença de valores atipicamente altos (*outliers* à direita). O EP é, correspondentemente, relativamente grande (ex: 3,29 para a Taxa de Aço 1 no Caso 1), e o intervalo Mínimo-Máximo é vastíssimo (como 23,6 a 479,5 para a Taxa de Aço 1 no Caso 1). A combinação de CV elevado, CA alto e EP expressivo demonstra que a média, por si só, é uma medida pouco representativa da "típica" taxa de aço em pilares.

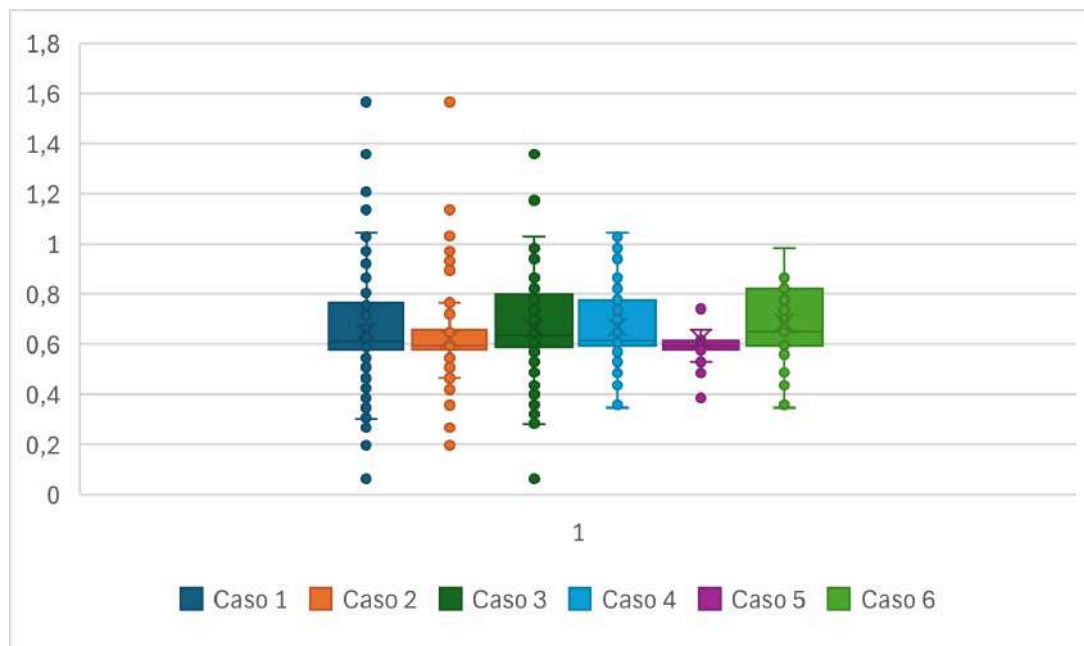
Os gráficos boxplot a seguir demonstram a variação dos dados. Se comparados os casos 1, 2 e 3 (todo o edifício) com os casos 4, 5 e 6 (apenas pavimentos tipos) é possível verificar uma redução na amplitude dos dados, principalmente nos indicadores de concreto e forma, mas nas taxas de aço a mudança é singela.

Figura 7 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Espessura Média nos Casos



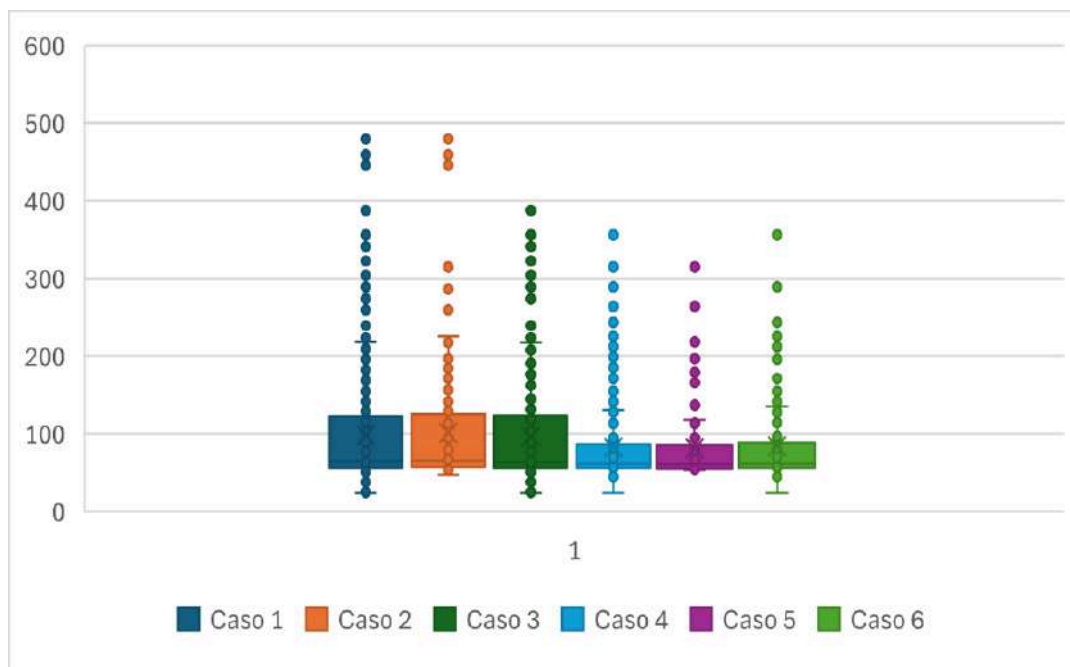
Fonte: Autoral (2025).

Figura 8 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento nos Casos



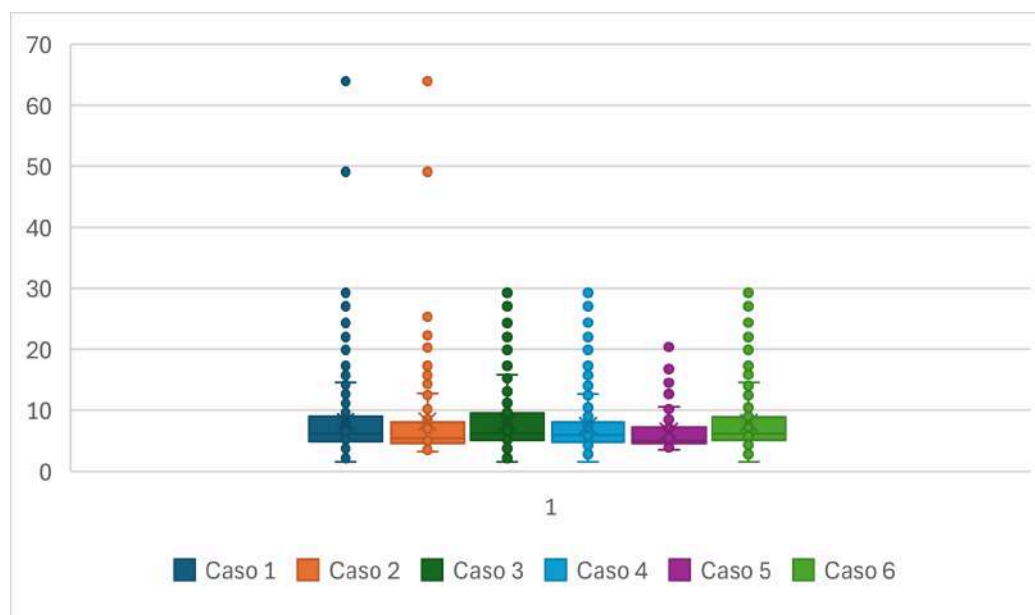
Fonte: Autoral (2025).

Figura 9 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 1 nos Casos



Fonte: Autoral (2025).

Figura 10 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 2 nos Casos,



Fonte: Autoral (2025).

A extrema variabilidade relativa e a forte assimetria positiva observadas nas taxas de aço dos Pilares (conforme evidenciado pelo elevado CV e CA) podem ser diretamente atribuídas à variação da altura dos pavimentos considerada na amostra. Embora a análise tenha incluído uma estratificação inicial (Comparando Casos 1-3, com o edifício completo, e Casos 4-6, restritos ao pavimento tipo), o subconjunto "pavimento tipo" ainda é composto por uma porção significativa da torre. Conseqüentemente, este subconjunto engloba tanto pilares inferiores (sujeitos a cargas acumuladas e, por isso, demandando maior volume de concreto e taxas elevadas de armadura) quanto pilares superiores (com menores solicitações e, tipicamente, menor consumo de aço). Essa coexistência de pilares em diferentes níveis de solicitação dentro do mesmo estrato é o principal fator que justifica a manutenção da alta heterogeneidade interna, mesmo após a estratificação.

c. Vigas

A análise descritiva dos dados relativos às Vigas demonstra elevada variabilidade e assimetrias marcantes em diversas métricas, um comportamento que as aproxima dos Pilares no que tange ao consumo de aço. Contudo, a variabilidade geométrica (espessura média) é superior à observada nas lajes, sinalizando uma notável heterogeneidade nos detalhes arquitetônicos e estruturais entre os pavimentos estudados.

Tabela 16 - Caso 1 - Todos os Edifícios - Todos os Pavimentos - Vigas

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0681	0,0237	35%	3,89	0,0011	0,033	0,3036
AF	m ² /m ²	0,689	0,2523	37%	4,49	0,0119	0,3065	3,0267
TA 1	kg/m ³	160,6956	70,1557	44%	1,74	3,3145	41,9196	374,9084
TA 2	kg/m ²	10,3763	5,2683	51%	2,69	0,2489	2,8584	48,0062

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 17 - Caso 2 - Edifícios com Laje Maciça - Todos os Pavimentos - Vigas,

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,076	0,0256	34%	2,44	0,002	0,0401	0,2239
AF	m ² /m ²	0,7052	0,2419	34%	4,57	0,0189	0,3937	3
TA 1	kg/m ³	135,3017	31,9143	24%	-0,87	2,4921	41,9196	236,7627
TA 2	kg/m ²	9,0876	5,1026	56%	5,09	0,3984	3,6822	48,0062

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 18 - Caso 3 - Edifícios com Laje Nervurada - Todos os Pavimentos - Vigas

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0682	0,019	28%	1,67	0,0011	0,033	0,1877
AF	m ² /m ²	0,6594	0,2222	34%	2,74	0,0132	0,3065	2,409
TA 1	kg/m ³	176,1516	81,7056	46%	1,24	4,8569	56,5826	374,9084
TA 2	kg/m ²	12,0282	5,0598	42%	1,19	0,3008	2,8584	40,9649

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 19 - Caso 4 - Todos os Edifícios - Pavimento Tipo – Vigas

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0707	0,0146	21%	0,09	0,0007	0,0488	0,1394
AF	m ² /m ²	0,7	0,1556	22%	-0,19	0,008	0,4737	1,3108
TA 1	kg/m ³	167,5699	71,927	43%	1,68	3,7044	58,8282	374,9084
TA 2	kg/m ²	11,0422	4,0507	37%	1,16	0,2086	5,2325	22,1457

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 20 - Caso 5 - Edifícios com Laje Maciça - Pavimento Tipo - Vigas

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,073	0,0163	22%	-1,87	0,0014	0,0497	0,1046
AF	m ² /m ²	0,7641	0,1434	19%	-2,83	0,0125	0,5583	1,0113
TA 1	kg/m ³	133,972	30,7753	23%	-1,46	2,6888	81,5575	210,8664
TA 2	kg/m ²	9,4389	2,2265	24%	-1,52	0,1945	6,7762	13,0162

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 21 - Caso 6 - Edifícios com Laje Nervurada - Pavimento Tipo - Vigas

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,0671	0,0139	21%	-0,25	0,0009	0,0488	0,1394
AF	m ² /m ²	0,6472	0,1599	25%	-0,24	0,0103	0,4737	1,035
TA 1	kg/m ³	190,4181	82,2182	43%	1,14	5,3183	58,8282	374,9084
TA 2	kg/m ²	12,0473	4,5779	38%	0,75	0,2961	5,2325	22,1457

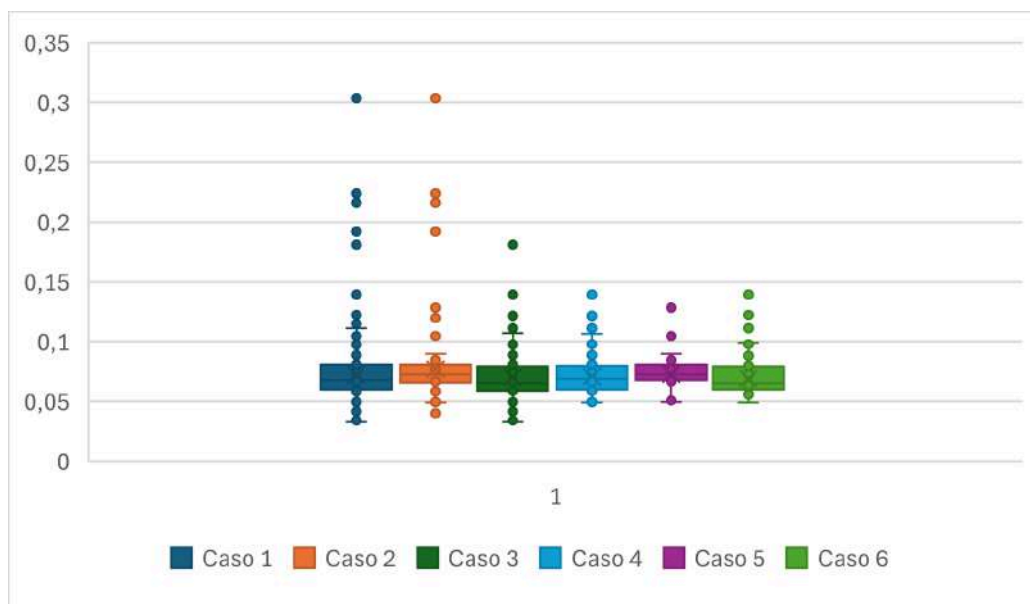
Fonte: Autoral (2025).

A Espessura Média das Vigas apresenta uma dispersão que, em certos casos, é mais alta do que a observada em pilares ou lajes (por exemplo, CV=35% no Caso 1). O coeficiente de assimetria (CA) é frequentemente muito positivo (chegando a CA=3,89 no Caso 1 e 2,44 no Caso 2), o que sugere uma forte cauda à direita na distribuição. Embora o Erro Padrão (EP) seja baixo (na ordem de 10^{-3}), indicando que a Média é estimada com precisão, a forte assimetria indica que essa Média pode estar deslocada pela presença de *outliers*. Essa dispersão e o enviesamento positivo refletem a existência de vigas dimensionadas com seções muito maiores em alguns projetos, possivelmente devido a vigas de borda, vigas de transferência ou grandes vãos. Portanto, a interpretação da Média requer cautela.

A razão Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento para vigas exibe Coeficientes de Variação altos, variando em torno de 34% a 37% em certos casos. O EP situa-se na ordem de 10^{-2} , valor considerado baixo. Todavia, o Coeficiente de Assimetria é muito positivo (atingindo CA=4,49 no Caso 1), refletindo a presença de valores extremos. Este conjunto de indicadores aponta para uma heterogeneidade significativa na distribuição espacial das vigas e em suas proporções relativas, o que é um indício de pavimentos atípicos na amostra.

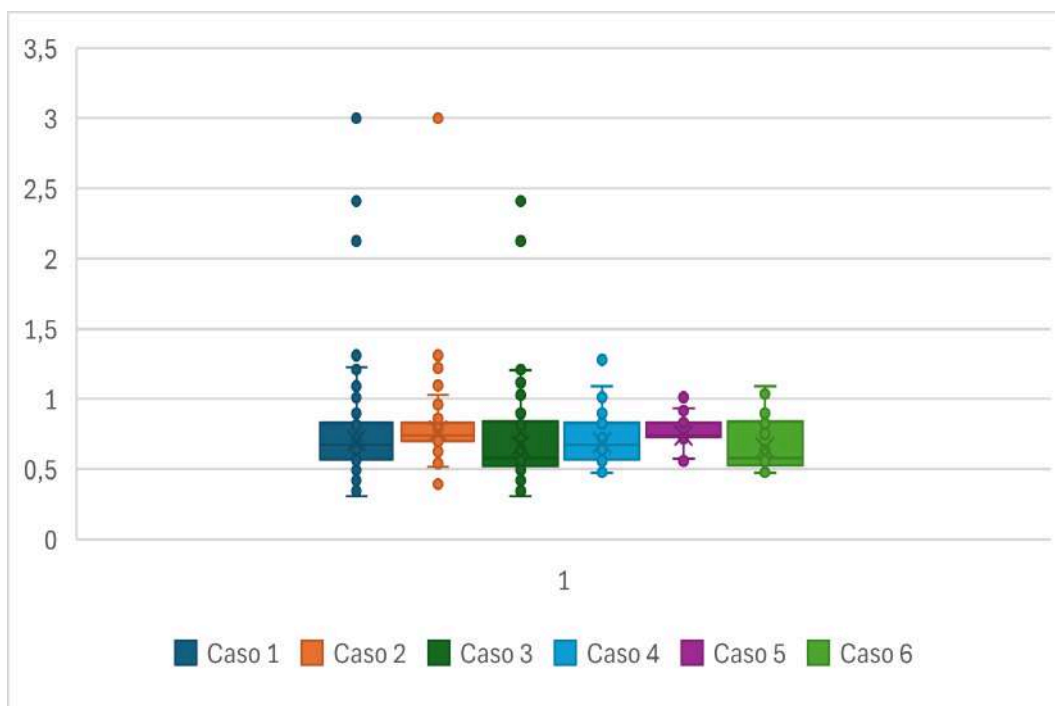
O consumo de aço nas vigas também apresenta alta variabilidade. Os CVs para a Taxa de Aço 1 (kg/m^3) variam entre 24% e 46%, e para a Taxa de Aço 2 (kg/m^2) situam-se entre 37% e 56% em alguns casos. A assimetria é frequentemente positiva, com picos muito elevados (ex: CA=5,09 na Taxa de Aço 2 no Caso 2), confirmando a existência de uma forte cauda direita. O EP é relativamente grande para as taxas em kg/m^3 e a amplitude entre o mínimo e o máximo é bastante larga mesmo nos casos que só consideram o pavimento tipo (ex: Taxa de Aço 1 varia de 58,8 a 374,9 no Caso 6).

Figura 11 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Espessura Média nos Casos



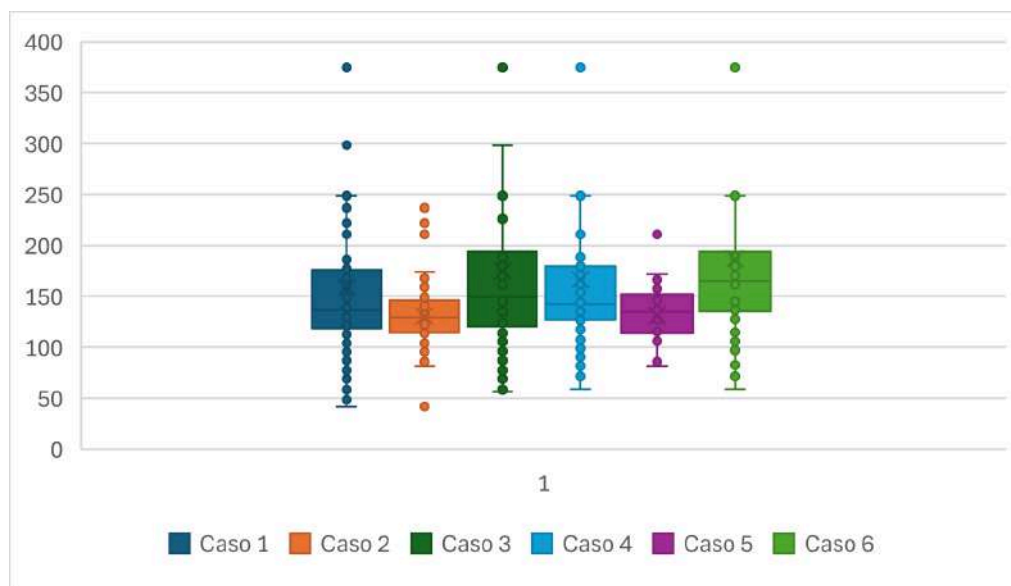
Fonte: Autoral (2025).

Figura 12 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento nos Casos



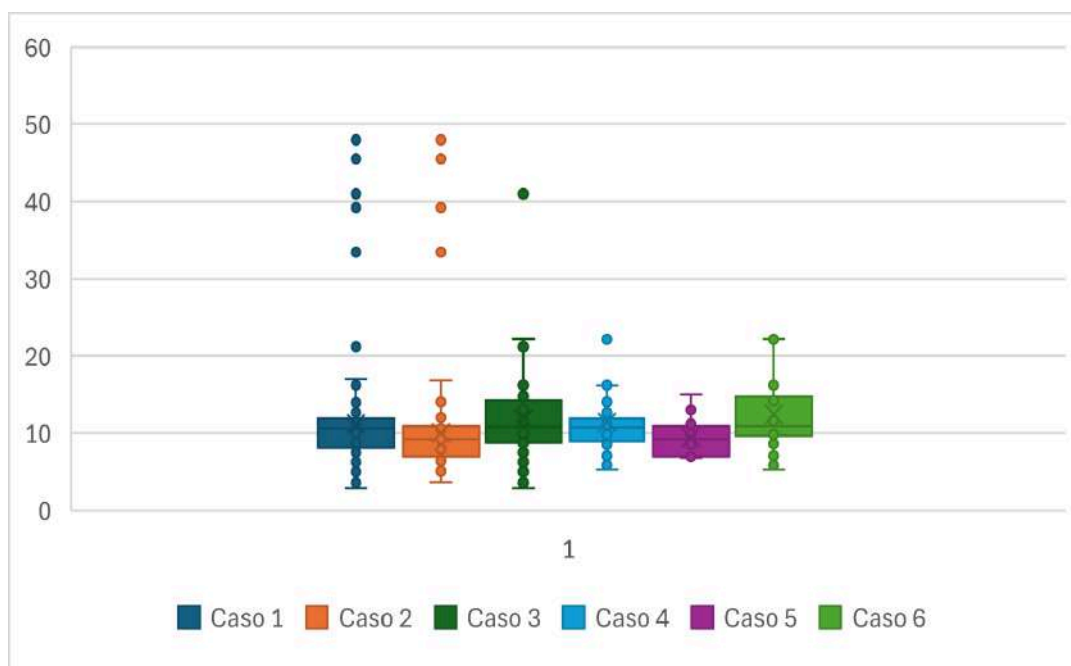
Fonte: Autoral (2025).

Figura 13 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 1 nos Casos



Fonte: Autoral (2025).

Figura 14 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 2 nos Casos



Fonte: Autoral (2025).

Em conclusão, as vigas demonstram elevada variabilidade e uma acentuada assimetria positiva em diversas métricas, especialmente nas taxas de aço, compartilhando o padrão de dispersão extrema observado nos pilares. No entanto, sua geometria também apresenta padrões de variabilidade mais evidentes do que em outros elementos. Do mesmo modo que

nos outros elementos analisados, o CV diminui nos casos que consideram apenas pavimentos tipo.

d. Lajes

O conjunto de dados das Lajes apresenta o padrão mais estável nos indicadores de concreto, exibindo os Coeficientes de Variação (CV) mais baixos na amostra. No entanto, o elemento ainda mantém uma variabilidade significativa nas taxas de aço e na relação área/forma, o que é sobretudo perceptível quando se analisam em conjunto os distintos tipos construtivos, como lajes maciças e nervuradas.

Tabela 22 - Caso 1 - Todos os Edifícios - Todos os Pavimentos - Lajes

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,1105	0,014	13%	-3,45	0,0007	0,0748	0,128
AF	m ² /m ²	0,4516	0,3489	77%	0,18	0,0165	0,012	0,9822
TA 1	kg/m ³	71,4473	23,331	33%	3,04	1,1023	24,6006	251,2453
TA 2	kg/m ²	7,5001	2,6346	35%	2,83	0,1245	2,7335	27,0552

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 23 - Caso 2 - Edifícios com Laje Maciça - Todos os Pavimentos - Lajes

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Variação	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,1026	0,0198	19%	-2,25	0,0015	0,0787	0,128
AF	m ² /m ²	0,8455	0,1169	14%	-6,39	0,0091	0,6924	0,8999
TA 1	kg/m ³	69,3632	15,2155	22%	-0,97	1,1881	44,3648	139,2661
TA 2	kg/m ²	6,9079	1,9538	28%	0,03	0,1526	4,5019	17,1487

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 24 - Caso 3 - Edifícios com Laje Nervurada - Todos os Pavimentos - Lajes

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,1136	0,0131	12%	-6,78	0,0008	0,0748	0,1251
AF	m ² /m ²	0,2058	0,1944	94%	1,57	0,0116	0,012	0,8787
TA 1	kg/m ³	69,8495	27,3881	39%	2,91	1,6281	24,6006	251,2453
TA 2	kg/m ²	7,658	2,965	39%	2,77	0,1763	2,7335	27,0552

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 25 - Caso 4 - Todos os Edifícios - Pavimento Tipo - Lajes

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,1111	0,0148	13%	-3,5	0,0008	0,0748	0,128
AF	m ² /m ²	0,4348	0,3443	79%	0,24	0,0177	0,0539	0,8826
TA 1	kg/m ³	74,1276	22,7672	31%	3,19	1,1726	44,1961	251,2453
TA 2	kg/m ²	7,9977	2,5122	31%	2,84	0,1294	3,9459	27,0552

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 26 - Caso 5 - Edifícios com Laje Maciça - Pavimento Tipo - Lajes

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,1034	0,0214	21%	-2,19	0,0019	0,081	0,128
AF	m ² /m ²	0,8409	0,128	15%	-6,02	0,0112	0,794	0,8826
TA 1	kg/m ³	71,6119	14,4876	20%	-2,35	1,2658	56,8209	87,4311
TA 2	kg/m ²	7,3671	1,8684	25%	-1,15	0,1632	5,2781	9,4183

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 27 - Caso 6 - Edifícios com Laje Nervurada - Pavimento Tipo - Lajes

Índice	Unidade	Média	Desvio	Coef.	Coef.	Erro	Mínimo	Máximo
		Ponderada	Padrão	Varição	Assimetria	Padrão		
EM	m ³ /m ²	0,1148	0,0134	12%	-7,54	0,0009	0,1037	0,1251
AF	m ² /m ²	0,1959	0,1747	89%	1,37	0,0113	0,0539	0,5817
TA 1	kg/m ³	74,9503	27,3744	37%	2,97	1,7707	44,1961	251,2453
TA 2	kg/m ²	8,4534	2,9018	34%	2,79	0,1877	5,2512	27,0552

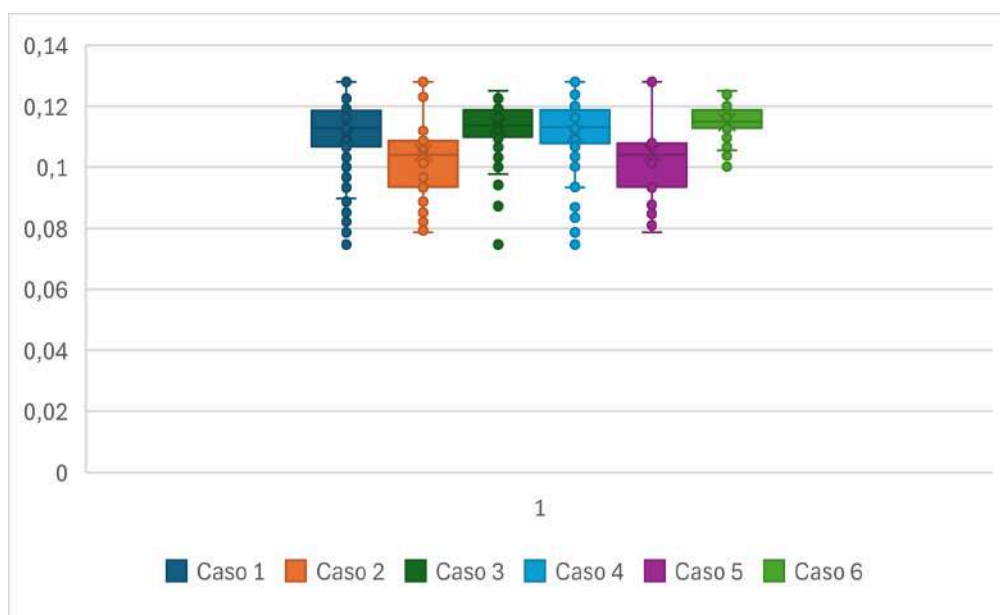
Fonte: Autoral (2025).

A Espessura Média das Lajes apresenta a menor dispersão relativa de toda a amostra, com CVs tipicamente baixos, situando-se em torno de 12% a 21% (e em muitos casos, 12% a 13%). Da mesma forma que na análise Geral dos elementos, Erro Padrão (EP) desse índice é muito pequeno (10^{-3}), o que poderia representar certa precisão, mas outros fatores indicam o contrário. O coeficiente de assimetria (CA) é fortemente negativo em alguns casos (atingindo valores extremos como $CA=-7,54$ no Caso 6), indicando uma cauda esquerda pronunciada. Esta assimetria reforça que a maioria dos valores de espessura se concentra em um patamar superior, com alguns poucos valores atípicos (possivelmente lajes muito finas ou detalhes construtivos específicos) puxando a cauda para a esquerda. Devido à baixa variabilidade relativa, a Média é uma boa referência para a espessura, mas é crucial atentar para a presença e a origem desses casos atípicos.

Em contraste com a Espessura, a razão Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento das lajes apresenta uma dispersão extremamente alta em certos cenários, com CVs atingindo valores muito elevados (por exemplo, $CV\approx 94\%$ no Caso 3 e 89% no Caso 6). Essa grande dispersão na relação forma/área é um reflexo direto da coexistência de diferentes sistemas estruturais (lajes maciças *versus* lajes nervuradas) e das diferenças arquitetônicas locais. O coeficiente de assimetria é altamente variável (ex: $CA=-6,02$ no Caso 5 e $CA=1,57$ no Caso 3), demonstrando que a forma da distribuição é fortemente dependente do subconjunto em análise. A grande heterogeneidade e a alta variabilidade observada nessa métrica reduzem a utilidade de uma única Média como referência para toda a categoria 'lajes', tornando imperativa a estratificação por tipo construtivo.

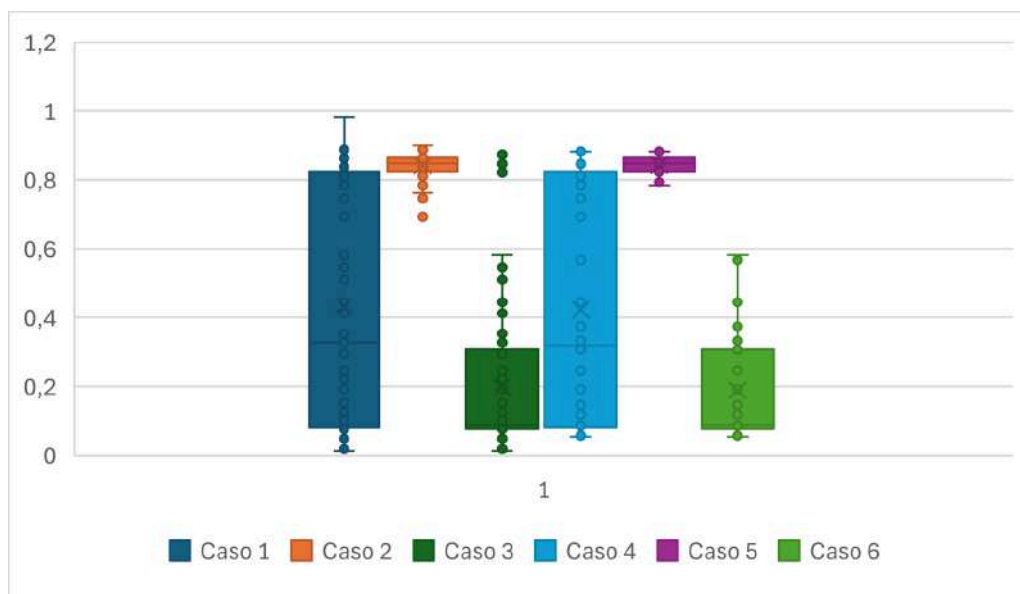
O consumo de aço nas lajes demonstra uma variabilidade de moderada a alta. O CV para a Taxa de Aço 1 (kg/m³) varia tipicamente entre 20% e 39% entre os casos, e a Taxa de Aço 2 (kg/m²) apresenta valores semelhantes. O coeficiente de assimetria é frequentemente positivo para ambas as taxas, indicando a presença de alguns valores máximos altos, que elevam a Média. O Erro Padrão (EP) é maior do que o da Espessura, mas se mantém em níveis aceitáveis para amostras que exibem esta faixa de variabilidade. A principal inferência é que o consumo de aço em lajes tem variabilidade significativa, principalmente devido à combinação de lajes maciças e nervuradas. Portanto, para a definição de Intervalos de Referência precisos, a separação dos dados por tipo construtivo (o que será abordado subsequentemente no relatório) é o procedimento mais apropriado, pois a Média única que mistura os tipos pode levar a erros de estimativa.

Figura 15 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Espessura Média nos Casos



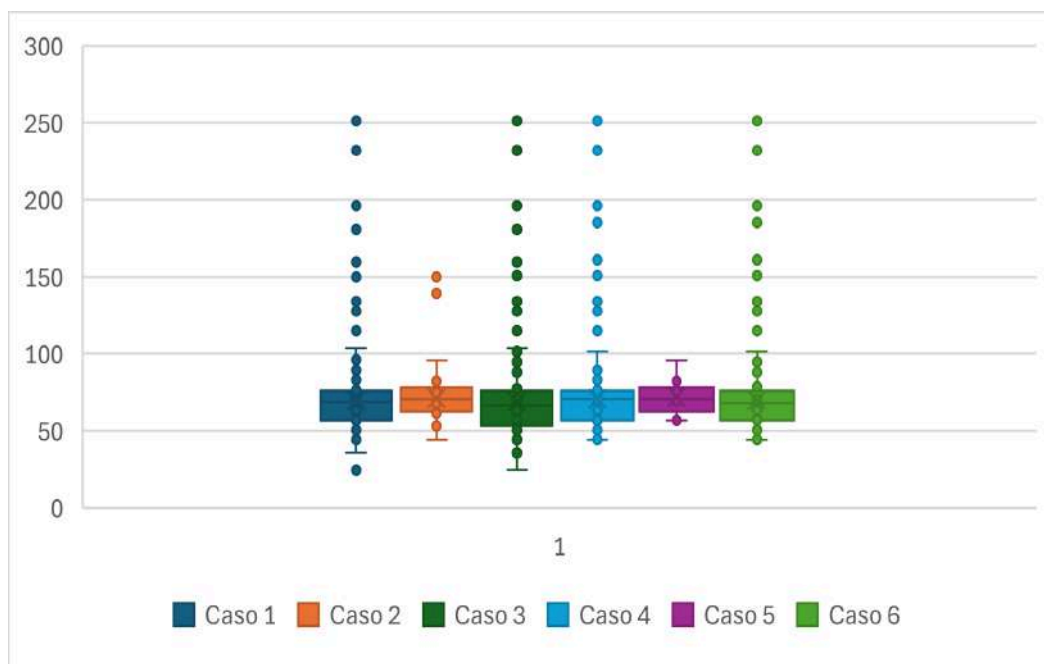
Fonte: Autoral (2025).

Figura 16 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento nos Casos



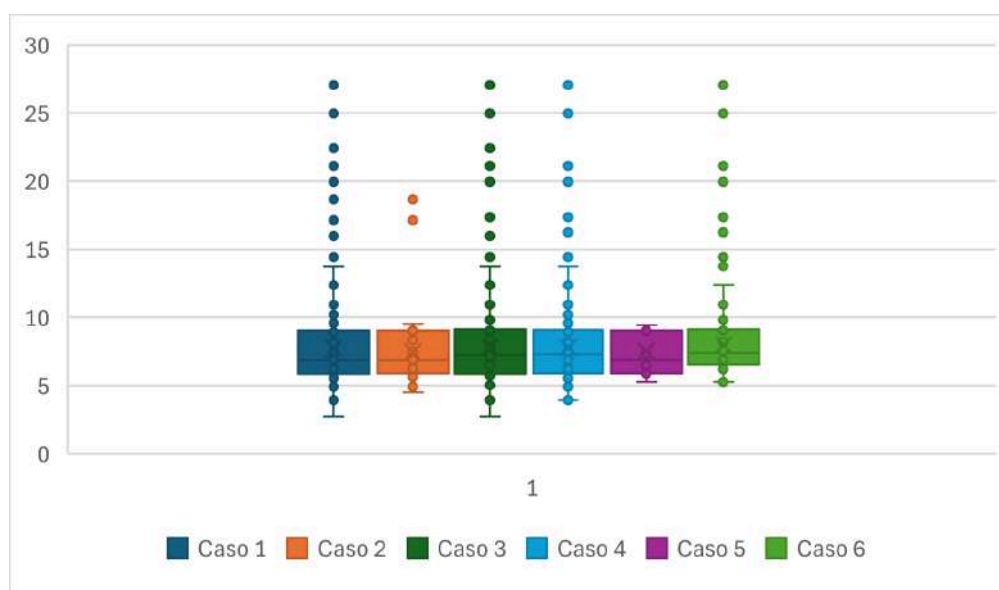
Fonte: Autoral (2025).

Figura 17 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 1 nos Casos



Fonte: Autoral (2025).

Figura 18 - Gráfico BoxPlot - comparação entre a Taxa de Aço 2 nos Casos



Fonte: Autoral (2025).

Em resumo, as lajes exibem um excelente grau de homogeneidade em sua Espessura (indicando que a Média é altamente representativa para este parâmetro). Contudo, essa estabilidade contrasta com a forte heterogeneidade observada na relação Área de Forma/Área e a variabilidade moderada nas taxas de aço. Tendo em vista esses achados, a estratificação da amostra por tipo construtivo torna-se um procedimento essencial e primordial. A separação das lajes nervuradas das maciças não é apenas uma questão de consumo de material, mas também de diferenciação metodológica na quantificação da forma: as lajes nervuradas frequentemente utilizam escoramento com elementos leves (como o EPS) no lugar da forma tradicional de fundo, alterando o padrão de custo e volume de forma por área. Portanto, a estratificação (separando, por exemplo, lajes maciças de nervuradas, ou pavimento tipo de pavimentos atípicos) é fundamental para mitigar o impacto da alta dispersão e estabelecer referências operacionais que sejam tecnicamente análogas e confiáveis para o planejamento em Engenharia.

A análise estatística descritiva do conjunto de projetos revela uma heterogeneidade intrínseca dos índices de consumo, exigindo cautela na definição de referências. O desempenho global da amostra é claramente segregado: os indicadores de concreto (como a Espessura Média de Lajes) demonstram consistentemente baixa dispersão (CV baixo) e alta precisão na estimativa da Média (EP reduzido). Em contraste, as taxas de material, sobretudo o aço em Pilares e Vigas, exibem a maior variabilidade (CVs elevados, frequentemente acima

de 30%) e fortes assimetrias positivas (CA alto), indicando a presença de projetos com consumo atipicamente elevado devido a exigências estruturais ou arquitetônicas específicas.

A observação de que a dispersão diminui em subgrupos mais homogêneos, como os Pavimentos Tipo, confirma que a estratificação da amostra é o caminho metodológico mais robusto. Para os Pilares, a persistência da alta variabilidade mesmo após a estratificação é explicada pela variação de cargas acumuladas ao longo da altura da torre (pilares inferiores versus superiores), que exige armaduras e seções significativamente distintas. Para as Lajes, a necessidade de estratificação (Maciças versus nervuradas) é crítica não apenas pela diferença de consumo, mas pela mudança no sistema de forma e quantificação, que afeta diretamente o custo e a logística.

4.2 Intervalos Probabilísticos de Ocorrência

1. Relação de Aproximação Limite-Classe:

Para quantificar a aderência dos limites, calcula-se a relação percentual de aproximação entre os limites do IT e os valores dos quartis (P25 e P75), utilizando a fórmula:

$$\text{Aproximação} = ((\text{Limite IT} - \text{Referência Quartil}) \div \text{Referência Quartil}) \times 100\%$$

Está métrica permite uma avaliação precisa de quão distantes ou próximos estão os limites teóricos dos limites que delimitam os 50% centrais dos dados amostrais. Embora não seja um critério eliminatório, essa relação aponta a possibilidade de reajustes no IT caso a discrepância com a tendência central da amostra seja significativa. É avaliado, de forma específica, se as variações entre o limite do IT e seu quartil correspondente (P75 para Limite Superior e P25 para Limite Inferior) superam $\pm 20\%$. Variações superiores a este limiar são consideradas um sinal de alerta de distanciamento do comportamento recorrente da amostra, indicando a necessidade potencial de uma análise de correção mais detalhada.

2. Validação por Frequência Modal e Quartis:

É realizada uma comparação direta entre os ITs calculados e a classe de dados mais frequente (modal) obtida na análise descritiva, e simultaneamente, a validação é confrontada com os quartis P25 e P75. Este passo verifica se o intervalo engloba o comportamento mais comum e recorrente da amostra, atuando como um teste de robustez da localização do IT em relação à Média.

Para a validação do limite superior do Intervalos Probabilísticos de Ocorrência (IT), e visando a máxima representatividade do consumo mais frequente, estabeleceu-se o seguinte

critério: o limite não deverá ser menor que o máximo da classe modal. Adicionalmente, definiu-se que o limite superior corrigido deve respeitar uma margem máxima de variação de 15% abaixo do valor máximo da classe modal. Este critério assegura que o IT superior mantenha uma aderência estrita ao comportamento da maioria dos projetos.

3. Análise de Tendência e Alcance:

O IT é comparado com os valores máximo e mínimo gerais observados no conjunto de dados. Essa comparação é crucial para identificar o grau de conservadorismo dos limites e para verificar a direção para a qual a distribuição tende, especialmente em variáveis com assimetria pronunciada.

A partir desta avaliação, serão identificados os ITs que demonstram maior coerência com a distribuição real dos dados recorrentes e será formalmente apontada a necessidade de correção de limite quando a discrepância ou a influência da assimetria for significativa, o que será abordado na Análise de Sensibilidade.

4.3 Análise de Sensibilidade

Esta seção estabelece e avalia os Intervalos Probabilísticos de Ocorrência ou Intervalos de Tolerância (IT) com o objetivo de cobrir a parcela mais representativa e recorrente da população de projetos (P25 a P75).

Para garantir que estes limites de referência sejam não apenas resultados de uma fórmula estatística (sob a premissa de Normalidade), mas também coerentes e representativos do comportamento típico dos projetos de Engenharia, a análise prossegue com uma validação multifatorial detalhada.

A metodologia de avaliação de coerência se baseia em três fases analíticas:

4. Relação de Aproximação Limite-Classe:

Para quantificar a aderência dos limites, calcula-se a relação percentual de aproximação entre os limites do IT e os valores dos quartis (P25 e P75), utilizando a fórmula:

$$\text{Aproximação} = ((\text{Limite IT} - \text{Referência Quartil}) \div \text{Referência Quartil}) \times 100\%$$

Esta métrica permite uma avaliação precisa de quão distantes ou próximos estão os limites teóricos dos limites que delimitam os 50% centrais dos dados amostrais. Embora não seja um critério eliminatório, essa relação aponta a possibilidade de reajustes no IT caso a discrepância com a tendência central da amostra seja significativa. É avaliado, de forma

específica, se as variações entre o limite do IT e seu quartil correspondente (P75 para Limite Superior e P25 para Limite Inferior) superam $\pm 20\%$. Variações superiores a este limiar são consideradas um sinal de alerta de distanciamento do comportamento recorrente da amostra, indicando a necessidade potencial de uma análise de correção mais detalhada.

5. Validação por Frequência Modal e Quartis:

É realizada uma comparação direta entre os ITs calculados e a classe de dados mais frequente (modal) obtida na análise descritiva, e simultaneamente, a validação é confrontada com os quartis P25 e P75. Este passo verifica se o intervalo engloba o comportamento mais comum e recorrente da amostra, atuando como um teste de robustez da localização do IT em relação à Média.

Para a validação do limite superior do Intervalos Probabilísticos de Ocorrência (IT), e visando a máxima representatividade do consumo mais frequente, estabeleceu-se o seguinte critério: o limite não deverá ser menor que o máximo da classe modal. Adicionalmente, definiu-se que o limite superior corrigido deve respeitar uma margem máxima de variação de 15% abaixo do valor máximo da classe modal. Este critério assegura que o IT superior mantenha uma aderência estrita ao comportamento da maioria dos projetos.

6. Análise de Tendência e Alcance:

O IT é comparado com os valores máximo e mínimo gerais observados no conjunto de dados. Essa comparação é crucial para identificar o grau de conservadorismo dos limites e para verificar a direção para a qual a distribuição tende, especialmente em variáveis com assimetria pronunciada.

A partir desta avaliação, serão identificados os ITs que demonstram maior coerência com a distribuição real dos dados recorrentes e será formalmente apontada a necessidade de correção de limite quando a discrepância ou a influência da assimetria for significativa, o que será abordado na Análise de Sensibilidade.

a. Espessura Média

O indicador de Espessura Média, para Lajes, Pilares e Vigas, demonstrou o comportamento mais estável na análise descritiva, sendo caracterizado por um baixo Coeficiente de Variação (CV) e um reduzido Erro Padrão (EP). Esta homogeneidade se reflete na alta coerência geral dos Intervalos de Tolerância (IT). Embora os intervalos com maior

confiança, como o IT-90%, abrangem quase a totalidade da amostra, o Intervalo de Tolerância de 60% se destacou por demonstrar uma excelente aproximação dos quartis (P25 e P75) e por abranger consistentemente a classe modal mais frequente. Isso confirma que, para fins de referência de consumo, o IT-60% se adequa melhor aos dados mais frequentes, sendo altamente representativo do dimensionamento geométrico 'típico' e recorrente da amostra.

Tabela 28 - Comparação entre os índices de Espessura Média, (de) Todos os Elementos destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA							
			60%		70%		80%		90%	
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,2331	0,3053	0,2250	0,3134	0,2143	0,3241	0,1989	0,3395
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,2169	0,3085	0,2066	0,3188	0,1930	0,3324	0,1735	0,3519
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,2410	0,3135	0,2329	0,3216	0,2221	0,3324	0,2067	0,3478
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,2463	0,3037	0,2399	0,3101	0,2314	0,3186	0,2192	0,3308
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,2204	0,2969	0,2118	0,3055	0,2004	0,3168	0,1841	0,3331
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,2470	0,3086	0,2401	0,3155	0,2310	0,3246	0,2179	0,3377

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 29 - Comparação entre os índices de Espessura Média, (de) Apenas Pilares destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA							
			60%		70%		80%		90%	
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,0662	0,1074	0,0615	0,1121	0,0554	0,1182	0,0466	0,1270
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,0612	0,1014	0,0566	0,1059	0,0507	0,1118	0,0421	0,1204
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,0713	0,1145	0,0664	0,1194	0,0600	0,1258	0,0508	0,1350
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,0757	0,1068	0,0722	0,1103	0,0676	0,1149	0,0609	0,1215
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,0672	0,0937	0,0642	0,0967	0,0602	0,1006	0,0546	0,1063
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,0811	0,1142	0,0774	0,1179	0,0725	0,1228	0,0654	0,1299

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 30 - Comparação entre os índices de Espessura Média, (de) Apenas Vigas destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA			
			60%	70%	80%	90%
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,0481 0,0882	0,0436 0,0927	0,0377 0,0987	0,0291 0,1072
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,0498 0,1022	0,0439 0,1081	0,0361 0,1158	0,0250 0,1270
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,0522 0,0844	0,0486 0,0880	0,0438 0,0928	0,0370 0,0996
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,0584 0,0832	0,0556 0,0860	0,0519 0,0897	0,0466 0,0950
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,0589 0,0876	0,0556 0,0908	0,0514 0,0951	0,0453 0,1012
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,0554 0,0792	0,0527 0,0819	0,0491 0,0855	0,0440 0,0905

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 31 - Comparação entre os índices de Espessura Média, (de) Apenas Lajes destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA			
			60%	70%	80%	90%
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,0987 0,1224	0,0960 0,1250	0,0925 0,1285	0,0875 0,1336
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,0860 0,1194	0,0822 0,1231	0,0773 0,1281	0,0702 0,1352
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,1024 0,1246	0,0999 0,1271	0,0967 0,1304	0,0919 0,1352
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,0985 0,1236	0,0957 0,1264	0,0920 0,1301	0,0866 0,1355
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,0843 0,1205	0,0802 0,1245	0,0749 0,1299	0,0672 0,1376
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,1028 0,1255	0,1003 0,1280	0,0969 0,1314	0,0921 0,1362

Fonte: Autoral (2025).

Desta forma, os Limites de Tolerância para a Espessura Média são considerados adequados e representativos para a referência técnica imediata. O Intervalo de Tolerância de 60% (IT-60%) se mostrou consistentemente o mais adequado em todos os casos de Lajes, Pilares, Vigas e Geral, confirmando a estabilidade do indicador observada na análise descritiva. Apenas os limites da Espessura Média de Vigas no Caso 2 apresentam uma observação relevante: a variação entre o IT e os quartis excedeu 20% em ambos os limites. Esta discrepância será melhor avaliada na próxima Seção (Análise de Sensibilidade). O objetivo é garantir que a referência proposta para o Caso 2 reflita a distribuição real de projetos e que o intervalo mantenha a validade operacional, não subestimando nem superestimando a faixa de ocorrência do projeto mais comum para este elemento específico.

a. Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento

A análise do Índice de Área de Forma/Área Estruturada do Pavimento reflete a maior variabilidade geométrica e arquitetônica observada na etapa descritiva. No entanto, apesar da alta dispersão inicial, os Intervalos de Tolerância de 60% (IT-60%) demonstraram excelente adequação aos dados centrais (P25 e P75), além de abrangerem a classe modal mais frequente, mostrando-se os limites de referência mais coerentes para este índice. Em contraste, os intervalos de maior abrangência, como o IT-90%, embora cubram uma boa parte da amostra em quase todos os casos, apresentam-se deslocados para a esquerda (com valores mais baixos nos limites inferior e superior) devido à assimetria dos dados. Esse deslocamento reforça a decisão de utilizar o IT-60% como referência, por se adequar melhor ao comportamento mais frequente e recorrente da amostra, e não ao todo.

Para os Casos de Elementos Gerais, a análise de coerência confirmou a robustez do IT-60%, pois nenhum dos limites calculados superou a variação de 20% em relação aos quartis correspondentes. Isso indica que, mesmo com a variabilidade intrínseca, a tendência central do consumo é bem contida e representada pelo modelo estatístico do IT-60%.

Tabela 32 - Comparação entre os índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Todos os Elementos destes edifícios

Caso	Descrição do Caso	INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA				
		60%	70%	80%	90%	
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	1,2314 2,1991	1,1226 2,3079	0,9794 2,4510	0,7733 2,6571
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	1,7900 2,5954	1,6995 2,6860	1,5803 2,8051	1,4087 2,9767
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	1,1427 1,9707	1,0496 2,0638	0,9271 2,1863	0,7507 2,3627
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	1,4038 2,2243	1,3116 2,3166	1,1902 2,4379	1,0154 2,6127
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	1,8834 2,4890	1,8153 2,5571	1,7257 2,6466	1,5967 2,7756
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	1,1387 1,8277	1,0612 1,9051	0,9593 2,0071	0,8125 2,1538

Fonte: Autoral (2025).

No conjunto de Pilares, o IT-60% também apresentou alta coerência, com a maioria dos limites mantendo a variação abaixo de 20%. Contudo, dois índices específicos demandam atenção para a próxima etapa: o limite inferior do Caso 1 e o limite superior do Caso 2 apresentaram variações ligeiramente superiores a 20%, atingindo um máximo de 23%. Essa pequena discrepância sugere uma avaliação posterior na Análise de Sensibilidade.

Tabela 33 - Comparação entre os índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Pilares destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA			
			60%	70%	80%	90%
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,4579 0,7514	0,4249 0,7844	0,3815 0,8278	0,3189 0,8904
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,5036 0,8047	0,4697 0,8386	0,4252 0,8831	0,3610 0,9473
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,5258 0,8302	0,4916 0,8644	0,4466 0,9094	0,3818 0,9743
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,5395 0,7661	0,5140 0,7915	0,4805 0,8250	0,4323 0,8733
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,5030 0,7104	0,4797 0,7337	0,4490 0,7644	0,4048 0,8086
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,5696 0,8095	0,5426 0,8365	0,5071 0,8720	0,4560 0,9231

Fonte: Autoral (2025).

O conjunto de Vigas apresentou o maior ponto de atenção. Enquanto a maioria dos limites demonstrou coerência, com baixa variação, o limite inferior do Caso 2 se destacou com uma variação de 30%. Essa discrepância significativa em um único limite indica que, embora o IT-60% seja o mais representativo, esse caso isolado é particularmente influenciado pela assimetria ou dados atípicos no extremo inferior, exigindo uma análise mais detalhada para confirmar a validade operacional do limite de referência.

Tabela 34 - Comparação entre os índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Vigas destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA			
			60%	70%	80%	90%
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,4768 0,9031	0,4289 0,9511	0,3658 1,0141	0,2750 1,1050
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,4531 0,9573	0,3965 1,0140	0,3219 1,0885	0,2145 1,1959
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,4725 0,8482	0,4303 0,8905	0,3747 0,9460	0,2946 1,0261
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,5684 0,8334	0,5386 0,8632	0,4994 0,9024	0,4430 0,9588
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,6440 0,8872	0,6167 0,9145	0,5807 0,9505	0,5289 1,0023
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,5241 0,7981	0,4933 0,8289	0,4528 0,8695	0,3944 0,9278

Fonte: Autoral (2025).

Para as Lajes, a análise inferencial foi simplificada por uma decisão metodológica crucial: os ITs de lajes nervuradas foram integralmente desconsiderados (ou desclassificados). Essa exclusão se justifica pela diferença fundamental nos sistemas de forma/escoramento, visto que lajes nervuradas frequentemente utilizam métodos (como o EPS) que alteram substancialmente a base de quantificação da área de forma em comparação com as lajes maciças. Portanto, os limites de referência válidos para o Índice de Área de

Forma/Área Estruturada do Pavimento foram estabelecidos exclusivamente para os casos de Lajes Maciças, garantindo a homogeneidade conceitual e a validade operacional dos ITs propostos. Em ambos os casos de Laje Maciça foram adotados IT-60% por se adequarem aos quartis com baixa variação dos valores (abaixo de 11%).

Tabela 35 - Comparação entre os índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Lajes destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA							
			60%		70%		80%		90%	
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,1572	0,7462	0,0910	0,8124	0,0038	0,8996	-0,1216	1,0250
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,7464	0,9435	0,7242	0,9656	0,6951	0,9948	0,6531	1,0368
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,0423	0,3710	0,0054	0,4080	-0,0433	0,4566	-0,1133	0,5266
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,1439	0,7251	0,0786	0,7904	-0,0074	0,8764	-0,1312	1,0001
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,7334	0,9491	0,7092	0,9733	0,6773	1,0052	0,6313	1,0512
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,0492	0,3445	0,0160	0,3777	-0,0277	0,4214	-0,0906	0,4843

Fonte: Autoral (2025).

b. Taxa de Aço 1 (kg/m³)

A análise inferencial da Taxa de Aço 1, a variável de maior dispersão e assimetria na amostra, demonstrou que a utilização de Intervalos de Tolerância (IT) de maior abrangência requer cautela. O IT-90%, embora seja o que mais contempla os dados em sua totalidade, mostrou-se frequentemente deslocado para a esquerda (apresentando valores mais baixos nos limites inferior e superior) devido à acentuada assimetria dos dados. Em casos críticos (três casos de Pilares), o limite inferior teórico resultou em valores negativos, o que é materialmente impraticável para a Taxa de Aço.

Dessa forma, o foco da análise de coerência recaiu sobre o IT-60%, que busca representar o comportamento mais frequente e recorrente da amostra (P25 a P75), mitigando a influência dos dados atípicos e da assimetria.

Para os Casos de Elementos Gerais, o IT-60% demonstrou total aderência aos quartis e demais critérios de coerência, indicando que, para o índice global, a tendência central do consumo é bem contida e validada pelo modelo estatístico.

Tabela 36 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m³), (de) Todos os Elementos destes edifícios

Caso	Descrição do Caso	INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA								
		60%		70%		80%		90%		
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	73,9686	122,7675	68,4823	128,2537	61,2635	135,4725	50,8685	145,8675
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	69,3335	119,4679	63,6971	125,1043	56,2808	132,5206	45,6013	143,2001
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	75,6102	126,1092	69,9328	131,7866	62,4625	139,2568	51,7054	150,0140
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	72,8512	117,5183	67,8294	122,5401	61,2219	129,1476	51,7070	138,6625
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	72,8307	112,0024	68,4268	116,4063	62,6322	122,2009	54,2879	130,5452
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	73,9109	123,7011	68,3132	129,2988	60,9478	136,6642	50,3416	147,2704

Fonte: Autoral (2025).

A incoerência do modelo estatístico tradicional é mais evidente nos Pilares, mesmo para o IT-60%. Mais crítico, todos os limites superiores dos Pilares apresentaram variação acima da estabelecida, oscilando entre 24% e 59%. Em relação aos limites inferiores, apenas os Casos 2 e 5 se adequaram aos critérios de variação; os demais casos (1, 3, 4 e 6) variaram de 21% a 30% em relação aos quartis inferiores. Essa elevada discrepância nos limites superiores sugere que o comportamento mais frequente (moda/quartis) está concentrado em valores muito inferiores aos previstos pelo limite superior teórico, evidenciando forte assimetria positiva.

Tabela 37 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m³), (de) Apenas Pilares destes edifícios

Caso	Descrição do Caso	INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA								
		60%		70%		80%		90%		
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	44,7428	162,2450	31,5325	175,4553	14,1505	192,8373	-10,8796	217,8674
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	56,6608	185,1755	42,2124	199,6239	23,2013	218,6349	-4,1746	246,0109
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	40,3532	151,4418	27,8640	163,9311	11,4308	180,3643	-12,2331	204,0282
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	40,4407	119,3536	31,5689	128,2254	19,8954	139,8989	3,0855	156,7088
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	55,8507	133,2035	47,1543	141,9000	35,7116	153,3427	19,2340	169,8203
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	39,5110	120,7409	30,3786	129,8733	18,3624	141,8895	1,0589	159,1930

Fonte: Autoral (2025).

No conjunto de Vigas, o IT-60% demonstrou coerência para os Casos 2 e 5, que se adequaram em ambos os limites. No entanto, nos demais casos (1, 3, 4 e 6), a maior parte da atenção se concentra nos limites superiores, que apresentaram variação significativa, oscilando entre 26% e 34%, indicando um desalinhamento nos dados.

Tabela 38 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m³), (de) Apenas Vigas destes edifícios

Caso	Descrição do Caso	INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA								
		60%		70%		80%		90%		
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	101,2392	219,7712	87,9131	233,0972	70,3788	250,6316	45,1294	275,8810
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	108,4389	162,2135	102,3932	168,2592	94,4384	176,2140	82,9835	187,6689
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	106,8154	244,8700	91,2945	260,3909	70,8722	280,8132	41,4642	310,2213
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	106,6269	228,1047	92,9696	241,7620	74,9995	259,7321	49,1226	285,6090
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	107,9477	159,7899	102,1193	165,6183	94,4504	173,2873	83,4071	184,3306
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	120,5647	259,4383	104,9517	275,0513	84,4082	295,5948	54,8257	325,1773

Fonte: Autoral (2025).

Finalmente, para as Lajes, o IT-60% demonstrou uma boa adequação na maioria dos limites. No entanto, os limites superiores dos Casos 3, 4 e 6 apresentaram variação acima de 20% em relação ao quartil, oscilando entre 22% e 29%. Essa constatação impede a validação imediata desses limites superiores, indicando a necessidade de reavaliação na Análise de Sensibilidade.

Tabela 39 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m³), (de) Apenas Lajes destes edifícios

Caso	Descrição do Caso	INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA								
		60%		70%		80%		90%		
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	51,6915	91,0953	47,2615	95,5254	41,4325	101,3543	33,0388	109,7481
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	55,5172	83,2091	52,4039	86,3224	48,3075	90,4189	42,4086	96,3178
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	46,6567	92,8832	41,4596	98,0803	34,6214	104,9185	24,7744	114,7656
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	54,8866	93,3198	50,5657	97,6407	44,8803	103,3260	36,6934	111,5130
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	58,2777	82,9484	55,5040	85,7220	51,8545	89,3715	46,5992	94,6268
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	51,8189	97,9979	46,6271	103,1896	39,7959	110,0208	29,9590	119,8578

Fonte: Autoral (2025).

A persistência de limites insatisfatórios em elementos como Pilares, Vigas e em casos específicos de Lajes, mesmo com a redução do Intervalo de Tolerância, confirma que a extrema assimetria e o alto Erro Padrão da Taxa de Aço 1 comprometem a validade dos ITs calculados sob a premissa de Normalidade. Conclui-se, portanto, que a correção ou reajuste de limites para Pilares, Vigas e casos pontuais de Lajes é indispensável para redefinir referências de consumo que sejam estatística e operacionalmente válidas.

c. Taxa de Aço 2 (kg/m²)

A análise dos Intervalos de Tolerância (IT) para a Taxa de Aço 2, que mede o consumo de armadura por área de pavimento, inicialmente revela desafios semelhantes aos da Taxa de Aço 1. Os intervalos de maior abrangência, como o IT-90%, se mostraram desalinhados com a tendência central dos dados, com seus limites tendendo para a esquerda devido à assimetria da amostra.

Dessa forma, o foco da análise de coerência também recaiu sobre o IT-60%, que apresentou valores que representam melhor o comportamento mais frequente e recorrente da amostra (P25 a P75).

Para a Tabela Geral, o IT-60% demonstrou alta coerência com os dados centrais, pois a grande maioria dos limites se adequou. A exceção foi o limite superior do Caso 2, que apresentou uma variação de 26,5% em relação ao quartil correspondente.

Tabela 40 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m²), (de) Todos os Elementos destes edifícios

Caso	Descrição do Caso	INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA								
		60%		70%		80%		90%		
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	17,9816	33,8649	16,1959	35,6506	13,8463	38,0002	10,4629	41,3836
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	16,5239	33,2210	14,6467	35,0982	12,1767	37,5682	8,6200	41,1250
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	19,3088	35,1183	17,5314	36,8957	15,1927	39,2343	11,8250	42,6020
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	19,4124	32,5040	17,9406	33,9759	16,0039	35,9125	13,2152	38,7012
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	19,9454	28,5150	18,9819	29,4785	17,7142	30,7462	15,8888	32,5717
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	20,3811	35,3874	18,6940	37,0745	16,4741	39,2944	13,2775	42,4910

Fonte: Autoral (2025).

Nos Pilares, a incoerência do modelo tradicional é extrema. Todos os limites superiores dos Pilares apresentaram variação acima do limite estabelecido de 20%, oscilando drasticamente entre 24% e 111%. Essa discrepância confirma que o comportamento mais frequente do consumo de aço por área de pavimento está concentrado em valores muito inferiores aos previstos pelo limite superior teórico, sendo um claro sinal da forte assimetria positiva. Em relação aos limites inferiores, os Casos 1, 2 e 5 se adequaram, mas os Casos 3, 4 e 6 apresentaram variações entre 21% e 25% em relação aos quartis, demandando atenção.

Tabela 41 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m²), (de) Apenas Pilares destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA							
			60%		70%		80%		90%	
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	4,5692	14,1321	3,4941	15,2072	2,0795	16,6218	0,0425	18,6589
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	4,7859	16,8663	3,4278	18,2244	1,6408	20,0114	-0,9325	22,5848
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	3,9829	11,7564	3,1089	12,6303	1,9590	13,7802	0,3031	15,4361
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	3,7397	10,9205	2,9324	11,7278	1,8702	12,7900	0,3406	14,3197
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	3,9762	9,7345	3,3288	10,3819	2,4770	11,2337	1,2504	12,4603
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	3,8298	11,6351	2,9523	12,5126	1,7977	13,6673	0,1350	15,3299

Fonte: Autoral (2025).

O conjunto de Vigas apresentou um cenário misto: os Casos 3 e 5 se adequaram em todos os seus limites. No entanto, os Casos 1 e 2 apresentaram variação significativa em ambos os limites, oscilando entre 25% e 34%. Adicionalmente, o Caso 4 apresentou uma variação de 22% no limite superior.

Tabela 42 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m²), (de) Apenas Vigas destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA							
			60%		70%		80%		90%	
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	5,9223	14,8169	4,9223	15,8169	3,6065	17,1327	1,7118	19,0274
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	4,5898	14,0034	3,5315	15,0617	2,1390	16,4542	0,1337	18,4595
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	7,7397	16,2789	6,7797	17,2389	5,5165	18,5021	3,6975	20,3211
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	7,6304	14,4680	6,8617	15,2367	5,8502	16,2482	4,3936	17,7047
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	7,7639	11,6084	7,3317	12,0406	6,7630	12,6093	5,9441	13,4282
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	8,1938	15,9145	7,3257	16,7825	6,1836	17,9247	4,5390	19,5693

Fonte: Autoral (2025).

Por fim, nas Lajes, o IT-60% demonstrou a maior adequação entre todos os elementos estruturais, com todos os limites validando os critérios de coerência em relação aos quartis e à classe modal, confirmando sua robustez como referência imediata.

Tabela 43 - Comparação entre os índices de Taxa de Aço (kg/m²), (de) Apenas Lajes destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		INTERVALO DE PROBABILIDADE / INTERVALO DE TOLERÂNCIA			
			60%	70%	80%	90%
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	5,2692 9,7206	4,7688 10,2211	4,1103 10,8796	3,1620 11,8278
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	5,1026 8,7132	4,6966 9,1191	4,1625 9,6533	3,3934 10,4224
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	5,1452 10,1532	4,5822 10,7162	3,8414 11,4570	2,7746 12,5238
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	5,8731 10,1131	5,3964 10,5898	4,7692 11,2170	3,8660 12,1202
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	5,7940 8,9400	5,4403 9,2937	4,9749 9,7591	4,3047 10,4292
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	6,0021 10,8961	5,4519 11,4463	4,7279 12,1703	3,6854 13,2128

Fonte: Autoral (2025).

A persistência de limites insatisfatórios em Pilares e Vigas, e o ponto de atenção na Tabela Geral, reforçam que, para a Taxa de Aço 2, os ITs calculados sob a premissa de Normalidade não conseguem se adequar à assimetria da amostra em intervalos de maior confiança. Conclui-se, portanto, que a correção ou reajuste de limites é indispensável para Pilares e Vigas, e necessário para o caso pontual da Tabela Geral, a fim de redefinir referências de consumo que sejam estatística e operacionalmente válidas.

4.4 Análise de Sensibilidade

A etapa de Análise de Sensibilidade teve como objetivo aplicar os critérios de ajuste definidos na metodologia para corrigir os Intervalos de Tolerância (IT) do IT-60% que falharam nos testes de coerência com os quartis (P25 e P75). O foco foi transformar limites estatísticos desalinhados em referências operacionais válidas, integrando a dispersão dos dados mais recorrentes com o julgamento técnico de engenharia.

Critérios de Correção Baseados na Coerência Estatística:

A correção dos limites foi necessária sempre que a variação percentual entre o limite do IT-60% e o quartil correspondente excedeu 20%. Para esses casos, os limites foram ajustados para novas margens baseadas nos quartis, em uma decisão justificada pela variabilidade e, principalmente, pela escala absoluta de cada índice:

- Espessura Média, Índice de Área de Forma e Taxa de Aço 2: Para estes índices, a variação de 15% foi adotada como margem de correção nos quartis. Esta decisão se justifica pela menor magnitude absoluta do IT nestas categorias, onde uma margem de 15% garante uma cobertura adequada dos 50% centrais dos dados (P25 a P75) sem gerar um intervalo de referência excessivamente extenso. O critério foi:

- Limite Inferior corrigido até 15% abaixo do Quartil 1 (P25).

- Limite Superior corrigido até 15% acima do Quartil 3 (P75).
- Taxa de Aço 1: Esta categoria exige uma intervenção mais restritiva, utilizando a margem de 10%. O rigor na correção é imposto pelo fato de os valores absolutos do IT serem significativamente maiores para a Taxa de Aço 1 em comparação com os demais índices. A adoção de uma margem de 15% resultaria em um acréscimo absoluto desproporcional no Intervalo de Referência. A limitação a 10% garante que o IT permaneça focado no consumo mais frequente, mitigando o risco de superestimação operacional. O critério foi:
 - Limite Inferior corrigido até 10% abaixo do Quartil 1 (P25).
 - Limite Superior corrigido até 10% acima do Quartil 3 (P75).

A correção dos limites foi particularmente crítica para as Taxas de Aço. Nesses casos, a forte assimetria positiva interfere significativamente no modelo estatístico, levando os ITs teóricos de maior abrangência (IT-90%) a valores impraticáveis (como limites negativos). Essa falha inicial justifica a necessidade de intervir. Com o ajuste realizado no IT-60%, baseado nos quartis (P25 e P75), os limites foram reposicionados em um patamar coerente com a faixa de ocorrência mais comum, garantindo a validade operacional da referência.

Julgamento de Engenharia e Manutenção de Limites:

Embora a variação percentual tenha sido o critério primário de correção, alguns casos específicos exigiram um julgamento empírico de engenharia para justificar a manutenção de limites ou a não aplicação da correção:

Índice de Área de Forma – Lajes Maciças (Manutenção do IT): O IT-60% calculado para Lajes Maciças apresentou um limite inferior abaixo do valor mínimo da amostra e um limite superior acima do máximo. Esta aparente falha foi justificada pela análise da distribuição de frequência. O histograma revelou um comportamento bimodal, onde as classes correspondentes ao mínimo e ao máximo da amostra apresentaram maior frequência do que a classe central. Essa estrutura de distribuição sugere uma probabilidade real de ocorrência de valores extremos na população, justificando a manutenção do intervalo gerado pelo modelo estatístico (IT-60%), que, neste caso, está buscando cobrir o comportamento populacional verdadeiro, e não apenas o amostral.

Taxa de Aço 2 – Pilares (Casos Não Corrigidos): Apesar de os limites inferiores dos Casos 3, 4 e 6 da Taxa de Aço 2 em Pilares terem excedido o limite de variação de 20% (variando de 21% a 25%), estes casos não foram corrigidos. Esta decisão se baseou na análise do valor absoluto dos limites. Devido ao baixo valor absoluto desses limites inferiores, a aplicação da correção metodológica (margem de 15% em relação ao P25) resultaria em um valor final muito semelhante ao limite já obtido pelo IT-60%. Desta forma, não se considerou

necessário o ajuste, priorizando a intervenção da Análise de Sensibilidade nas falhas mais extremas e de maior impacto operacional, como os limites superiores de Pilares e os limites de Vigas.

Ajuste Restrito na Taxa de Aço: A opção por margens de correção mais restritas para a Taxa de Aço tem o objetivo de fechar o Intervalo de Referência. Isso é feito para garantir que o IT final não seja excessivamente conservador e permaneça rigorosamente representativo da ocorrência mais frequente (P25 a P75).

A seguir são apresentados os intervalos de Referências Finais, indicando os ajustes feitos nos ITs adotados.

Tabela 44 - Intervalos Finais - Índices de Espessura Média, Todos os Elementos

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,23	0,31	60,00%	-	-	0,23	0,31
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,22	0,31	60,00%	-	-	0,22	0,31
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,24	0,31	60,00%	-	-	0,24	0,31
4	Todos os Edifícios		0,25	0,30	60,00%	-	-	0,25	0,30
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,22	0,30	60,00%	-	-	0,22	0,30
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,25	0,31	60,00%	-	-	0,25	0,31

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 45 - Intervalos Finais - Índices de Espessura Média, (de) Apenas Pilares destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,07	0,11	60,00%	-	-	0,07	0,11
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,06	0,10	60,00%	-	-	0,06	0,10
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,07	0,11	60,00%	-	-	0,07	0,11
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,08	0,11	60,00%	-	-	0,08	0,11
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,07	0,09	60,00%	-	-	0,07	0,09
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,08	0,11	60,00%	-	-	0,08	0,11

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 46 - Intervalos Finais - Índices de Espessura Média, (de) Apenas Vigas destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,05	0,09	60,00%	-	-	0,05	0,09
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,05	0,10	60,00%	-	-	0,05	0,10
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,05	0,08	60,00%	-	-	0,05	0,08
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,06	0,08	60,00%	-	-	0,06	0,08
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,06	0,09	60,00%	-	-	0,06	0,09
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,06	0,08	60,00%	-	-	0,06	0,08

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 47 - Intervalos Finais - Índices de Espessura Média, (de) Apenas Lajes destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,10	0,12	60,00%	-	-	0,10	0,12
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,09	0,12	60,00%	-	-	0,09	0,12
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,10	0,12	60,00%	-	-	0,10	0,12
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,10	0,12	60,00%	-	-	0,10	0,12
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,08	0,12	60,00%	-	-	0,08	0,12
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,10	0,13	60,00%	-	-	0,10	0,13

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 48 - Intervalos Finais - Índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Todos os Elementos destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	1,23	2,20	60,00%	-	-	1,23	2,20
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	1,79	2,60	60,00%	-	-	1,79	2,60
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	1,14	1,97	60,00%	-	-	1,14	1,97
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	1,40	2,22	60,00%	-	-	1,40	2,22
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	1,88	2,49	60,00%	-	-	1,88	2,49
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	1,14	1,83	60,00%	-	-	1,14	1,83

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 49 - Intervalos Finais - Índices de Área de Forma/Área do Pavimento, (de) Apenas Pilares destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,4579	0,7514	60,00%	0,4900	-	0,4900	0,7514
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,5036	0,8047	60,00%	-	0,7537	0,5036	0,7537
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,5258	0,8302	60,00%	-	-	0,5258	0,8302
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,5395	0,7661	60,00%	-	-	0,5395	0,7661
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,5030	0,7104	60,00%	-	-	0,5030	0,7104
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,5696	0,8095	60,00%	-	-	0,5696	0,8095

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 50 - Intervalos Finais - Índices de Área de Forma/, (de) Apenas Vigas destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,4768	0,9031	60,00%	-	-	0,4768	0,9031
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,4531	0,9573	60,00%	0,5492	-	0,5492	0,9573
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,4725	0,8482	60,00%	-	-	0,4725	0,8482
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,5684	0,8334	60,00%	-	-	0,5684	0,8334
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,6440	0,8872	60,00%	-	-	0,6440	0,8872
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,5241	0,7981	60,00%	-	-	0,5241	0,7981

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 51 - Intervalos Finais - Índice de Área de Forma, (de) Apenas Lajes destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	0,1572	0,7462	-	-	-	0,1572	0,7462
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	0,7464	0,9435	60,00%	-	-	0,7464	0,9435
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	0,0423	0,3710	-	-	-	0,0423	0,3710
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	0,1439	0,7251	-	-	-	0,1439	0,7251
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	0,7334	0,9491	60,00%	-	-	0,7334	0,9491
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	0,0492	0,3445	-	-	-	0,0492	0,3445

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 52 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m³), (de) Todos os Elementos destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	73,9686	122,7675	60,00%	-	-	73,9686	122,7675
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	69,3335	119,4679	60,00%	-	-	69,3335	119,4679
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	75,6102	126,1092	60,00%	-	-	75,6102	126,1092
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	72,8512	117,5183	60,00%	-	-	72,8512	117,5183
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	72,8307	112,0024	60,00%	-	-	72,8307	112,0024
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	73,9109	123,7011	60,00%	-	-	73,9109	123,7011

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 53 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m³), (de) Apenas Pilares destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	44,7428	162,2450	60,00%	48,1250	140,7240	48,1250	140,7240
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	56,6608	185,1755	60,00%	-	139,4906	56,6608	139,4906
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	40,3532	151,4418	60,00%	47,8125	140,7520	47,8125	140,7520
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	40,4407	119,3536	60,00%	47,6306	99,3728	47,6306	99,3728
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	55,8507	133,2035	60,00%	-	96,2698	55,8507	96,2698
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	39,5110	120,7409	60,00%	47,6869	100,0485	47,6869	100,0485

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 54 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m³), (de) Apenas Vigas destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	Máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	101,2392	219,7712	60,00%	-	199,5835	101,2392	199,5835
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	108,4389	162,2135	60,00%	-	-	108,4389	162,2135
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	106,8154	244,8700	60,00%	-	222,6637	106,8154	222,6637
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	106,6269	228,1047	60,00%	-	206,2808	106,6269	206,2808
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	107,9477	159,7899	60,00%	-	-	107,9477	159,7899
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	120,5647	259,4383	60,00%	-	222,6637	120,5647	222,6637

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 55 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m³), (de) Apenas Lajes destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	Máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	51,6915	91,0953	60,00%	-	-	51,6915	91,0953
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	55,5172	83,2091	60,00%	-	-	55,5172	83,2091
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	46,6567	92,8832	60,00%	-	87,3892	46,6567	87,3892
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	54,8866	93,3198	60,00%	-	87,3892	54,8866	87,3892
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	58,2777	82,9484	60,00%	-	-	58,2777	82,9484
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	51,8189	97,9979	60,00%	-	87,3892	51,8189	87,3892

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 56 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m²), (de) Todos os Elementos destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	Máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	17,98	33,86	60,00%	-	-	17,98	33,86
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	16,52	33,22	60,00%	-	30,19	16,52	30,19
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	19,31	35,12	60,00%	-	-	19,31	35,12
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	19,41	32,50	60,00%	-	-	19,41	32,50
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	19,95	28,52	60,00%	-	-	19,95	28,52
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	20,38	35,39	60,00%	-	-	20,38	35,39

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 57 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m²), (de) Apenas Pilares destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	4,5692	14,1321	60,00%	-	10,1486	4,5692	10,1486
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	4,7859	16,8663	60,00%	-	9,2109	4,7859	9,2109
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	3,9829	11,7564	60,00%	4,3573	10,9043	4,3573	10,9043
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	3,7397	10,9205	60,00%	4,0270	9,2109	4,0270	9,2109
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	3,9762	9,7345	60,00%	-	8,2307	3,9762	8,2307
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	3,8298	11,6351	60,00%	4,3396	9,9865	4,3396	9,9865

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 58 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m³), Apenas Vigas destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	5,92	14,82	60,00%	6,88	13,64	6,88	13,64
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	4,59	14,00	60,00%	5,90	12,56	5,90	12,56
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	7,74	16,28	60,00%	-	-	7,74	16,28
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	7,63	14,47	60,00%	-	13,64	7,63	13,64
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	7,76	11,61	60,00%	-	-	7,76	11,61
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	8,19	15,91	60,00%	-	-	8,19	15,91

Fonte: Autoral (2025).

Tabela 59 - Intervalos Finais - Índices de Taxa de Aço (kg/m²), (de) Apenas Lajes destes edifícios

Caso	Descrição do Caso		Intervalo de Tolerância Calculado		Nível de Tolerância	Limites Corrigidos		Intervalo de Referência Final	
			mínimo	máximo		mínimo	máximo	mínimo	máximo
1	Todos os Edifícios	Todos os Pavimentos	5,27	9,72	60,00%	-	-	5,27	9,72
2	Ed. de Lajes Maciças	Todos os Pavimentos	5,10	8,71	60,00%	-	-	5,10	8,71
3	Ed. de Lajes Nervuradas	Todos os Pavimentos	5,15	10,15	60,00%	-	-	5,15	10,15
4	Todos os Edifícios	Pavimento Tipo	5,87	10,11	60,00%	-	-	5,87	10,11
5	Ed. de Lajes Maciças	Pavimento Tipo	5,79	8,94	60,00%	-	-	5,79	8,94
6	Ed. de Lajes Nervuradas	Pavimento Tipo	6,00	10,90	60,00%	-	-	6,00	10,90

Fonte: Autoral (2025).

A análise detalhada dos Intervalos de Tolerância (IT) para todos os índices (Espessura Média, Taxa de Forma e Taxas de Aço) demonstrou uma clara tendência de melhoria na precisão e coerência dos limites quando o universo de análise é segmentado.

Os índices de referência estabelecidos exclusivamente para o Pavimento Tipo apresentam maior precisão e representatividade de suas respectivas amostras. Esta superioridade estatística é justificada pela maior homogeneidade estrutural e geométrica dos pavimentos tipo em comparação com os dados gerais (que misturam pavimentos de garagem, térreo e cobertura). A segregação do pavimento tipo minimiza a influência de elementos singulares (como rampas e reservatórios), concentrando-se no comportamento recorrente do edifício.

Adicionalmente, a especificação do tipo de laje predominante (maciça ou nervurada) mostrou-se um fator crucial de refinamento. Conforme discutido, a inclusão de lajes nervuradas (com sistemas de forma distintos) na mesma amostra que as lajes maciças (nos casos 1 e 4) introduziu variabilidade conceitual. Desta forma, os índices de referência mais adequados e recomendados para uso prático são aqueles que consideram apenas o Pavimento Tipo e que especificam a tecnologia de laje, sendo eles:

Caso 5: Laje Maciça, considerando apenas o Pavimento Tipo.

Caso 6: Laje Nervurada, considerando apenas o Pavimento Tipo.

O maior grau de coerência e a menor variação observada nesses dois casos validam a segmentação como a estratégia ideal para a criação de um referencial técnico. A seguir, a Tabela 60 apresenta o resumo dos Intervalos de Referência Finais (IT-60% Corrigidos) exclusivamente para os Casos 5 e 6, consolidando as referências mais precisas do presente estudo.

Tabela 60 - Tabela Resumo dos Intervalos de Referência Finais

Caso 5 - Edifícios de Laje Maciça - Pav. Tipo				Caso 6 - Edifícios de Laje Nervurada - Pav. Tipo			
Índice:	Espessura Média			Índice:	Espessura Média		
	Intervalo de Referência				Intervalo de Referência		
Geral	0,22	-	0,30	Geral	0,25	-	0,31
Pilar	0,07	-	0,09	Pilar	0,08	-	0,11
Viga	0,06	-	0,09	Viga	0,06	-	0,08
Laje	0,08	-	0,12	Laje	0,10	-	0,13
Índice:	Área de Forma/Área do Pavimento			Índice:	Área de Forma/Área do Pavimento		
	Intervalo de Referência				Intervalo de Referência		
Geral	1,88	-	2,49	Geral	1,14	-	1,83
Pilar	0,50	-	0,71	Pilar	0,57	-	0,81
Viga	0,64	-	0,89	Viga	0,52	-	0,80
Laje	0,73	-	0,95	Laje	-	-	-
Índice:	Taxa de Aço 1 (kg/m³)			Índice:	Taxa de Aço 1 (kg/m³)		
	Intervalo de Referência				Intervalo de Referência		
Geral	72,83	-	112,00	Geral	73,91	-	123,70
Pilar	55,85	-	92,08	Pilar	50,49	-	95,70
Viga	107,95	-	159,79	Viga	120,56	-	212,98
Laje	58,28	-	82,95	Laje	51,82	-	83,59
Índice:	Taxa de Aço 2 (kg/m²)			Índice:	Taxa de Aço 2 (kg/m²)		
	Intervalo de Referência				Intervalo de Referência		
Geral	19,95	-	28,52	Geral	20,38	-	35,39
Pilar	3,98	-	8,23	Pilar	3,83	-	9,99
Viga	7,76	-	11,61	Viga	8,19	-	15,91
Laje	5,79	-	8,94	Laje	6,00	-	10,90

Fonte: Autoral (2025).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo alcançou seu objetivo geral de estabelecer Intervalos de Referência confiáveis e operacionais para as taxas de consumo de aço, formas e concreto em edifícios de concreto armado na região de Belém, Pará. A análise estatística demonstrou a insuficiência dos métodos paramétricos tradicionais em lidar com a assimetria intrínseca dos dados de consumo e, em resposta, validou a proposição de um Intervalo de Referência Operacional (IRO) mais robusto.

A pesquisa comprovou que a estratificação da amostra é crucial para a precisão dos indicadores. A análise comparativa mostrou que os índices estabelecidos exclusivamente para o Pavimento Tipo, notadamente os Casos 5 (Laje Maciça) e 6 (Laje Nervurada), apresentam menor Coeficiente de Variação e maior homogeneidade, devendo ser a referência prioritária para projetos de construção padronizada.

O diagnóstico estatístico revelou que as Taxas de Aço, especialmente em Pilares e Vigas, apresentam forte assimetria positiva e alta dispersão, o que compromete a validade do modelo estatístico baseado na Distribuição Normal. Essa falha, que levou Intervalos de Tolerância (IT) teóricos a valores incoerentes, justificou a adoção de uma metodologia híbrida.

A principal contribuição metodológica reside na criação do IRO, definido a partir do IT-60% e validado pela Análise de Sensibilidade baseada nos quartis (P25 e P75) e na Validação por Experiência Empírica. Essa abordagem integrou o rigor estatístico com o conhecimento técnico, aplicando margens de correção restritivas nos limites para neutralizar a influência da assimetria. Para as variáveis mais estáveis, como a Espessura Média e a Taxa de Forma, o IT-60% se mostrou suficiente; já para as Taxas de Aço, o rigor da correção via quartis foi indispensável para redefinir limites que são estatisticamente robustos e operacionalmente válidos.

A adoção dos IROs finais, baseados na segmentação por Pavimento Tipo e sistema de laje (Casos 5 e 6), permitirá que os profissionais da Engenharia de Belém tenham um instrumento de controle de projetos mais preciso do que os indicadores de Média simples. É importante ressaltar que os índices estabelecidos não são restritivos; é possível que um projeto apresente índices fora do intervalo. No entanto, o principal valor prático é que a detecção de índices fora do intervalo de referência, em um projeto padrão que não apresente especificidades que justifiquem um consumo discrepante, pode auxiliar na correção de possíveis erros de cálculo

ou concepção durante a execução do projeto estrutural, promovendo a otimização de custos e a eficiência do processo construtivo na região.

Sugere-se que pesquisas futuras se concentrem em refinar a segmentação dos dados para abordar a variação do consumo de materiais em função da altura da edificação. Dada a alta variabilidade nas Taxas de Aço, principalmente dos Pilares, que é resultante da variação de cargas acumuladas ao longo da torre, recomenda-se que um estudo futuro aborde a segmentação vertical do Pavimento Tipo por faixas de andares. Essa estratificação por blocos de pavimentos permitiria a criação de indicadores de consumo de aço significativamente mais precisos e aplicáveis ao pré-dimensionamento de edifícios altos.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. C. Indicadores de projeto em estruturas de concreto armado. 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: Execução de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2004.
- CARNEIRO, A. C. Indicadores de projeto para estruturas em concreto armado do município de Balneário Camboriú - SC. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco, 2018.
- CARVALHO, R. C. FIGUEIREDO FILHO, J. R. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado. 3. ed. São Paulo: PINI, 2014.
- DORNELAS, A. Intervalo de predição, intervalo de confiança, intervalo de tolerância. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 25., 2019, São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo: IBAPE-SP, 2019. p. 1–12.
- HELENE, P.; ANDRADE, T. Durabilidade e segurança das estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 2015.
- HOLANDA, F. Indicadores de desempenho: uma análise nas empresas de construção civil do município de João Pessoa – PB. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Programa Multiinstitucional e Inter-regional de Pós-Graduação em Ciências Contábeis (UnB, UFPE, UFPB e UFRN), João Pessoa, 2007.

JABLONSKI, L. Índices e taxas de consumo de materiais em função da tipologia estrutural. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, Alegrete, 2013.

MARIOTTO, E. Estudo comparativo entre consumo de materiais para diferentes sistemas estruturais em concreto armado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. Tradução de Verônica Calado. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PFEIL, W. Execução de estruturas de concreto armado. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

PINHEIRO, L.; SOUZA, A. Dimensionamento de estruturas de concreto segundo a NBR 6118. Revista Concreto e Construções, n. 99, p. 20–30, 2020.

SILVA, M. Indicadores de projeto para estruturas em concreto armado – referente a Belém-PA. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Projetos de Edifícios de Concreto Armado e Protendido) – Universidade Federal do Pará – UFPA, Belém, 2024.

SINK, D. S. TUTTLE, T. C. Planejamento e medição para performance. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SOUZA JR., Antonio Carlos de. Aplicação de Confiabilidade na Calibração de Coeficientes Parciais de Segurança de Normas Brasileiras de Projeto Estrutural. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

STEVENSON, W. J. Estatística aplicada à administração. São Paulo: Harbra, 1981.

TUKEY, J. W. Exploratory data analysis. Reading, MA: Addison-Wesley, 1977.

YAMURA, F. K. Indicadores de consumo para projetos em concreto armado. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Projeto Estrutural de Edifícios em Concreto Armado e Protendido) – Instituto de Ensino Superior Planalto – IESPLAN, 2015.

APÊNDICE D – Tabela de Dados

TIPO DE PAVIMENTO	QUANTITATIVOS												ÍNDICES DO PAVIMENTO																													
	VOLUME DE CONCRETO (m³)						ÁREA DE FORMA (m²)						AÇO (kg) PASSIVO						ESPRESSURA MÉDIA (NS/M²)						FORMA POR ÁREA (M2/M2)						TAXA DO PAVIMENTO (KG/M²) AÇO PASSIVO						TAXA DO PAVIMENTO (KG/M²) AÇO PASSIVO					
	PILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	PILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	PILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	PILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	PILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	PILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	PILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	PILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	PILAR	VIGA	LAJE	TOTAL						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	30,94	16,81	38,30	95,05	190,08	64,46	36,98	375,13	4.500,00	2.893,00	2.322,00	9.715,00	0,09	0,65	0,12	0,28	0,59	0,48	0,66	1,13	440,33	168,44	58,08	111,09	13,98	9,22	7,17	28,37	140,33	168,44	58,08	111,09	13,98	9,22	7,17	28,37						
LAZER	51,41	22,05	33,48	85,92	208,32	248,00	107,05	486,36	3.886,00	2.457,00	2.058,00	8.401,00	0,10	0,07	0,11	0,28	0,85	0,81	1,16	1,35	125,02	111,43	111,43	101,45	13,05	8,11	7,61	26,78	125,02	111,43	111,43	101,45	13,05	8,11	7,61	26,78						
TERREO/GARAGEM	41,60	71,35	79,50	192,45	312,19	614,13	372,78	1.489,16	5.866,00	7.910,00	4.211,00	17.987,00	0,00	0,10	0,10	0,20	0,43	1,11	0,51	0,51	40,72	102,45	45,77	92,23	3,07	10,01	5,77	20,85	40,72	102,45	45,77	92,23	3,07	10,01	5,77	20,85						
TERREO/GARAGEM	103,84	30,19	60,75	210,88	317,93	765,00	83,61	1.653,07	6.522,00	861,75	1.653,07	16.858,00	0,04	0,07	0,10	0,22	0,31	0,75	0,40	0,15	148,79	58,21	51,67	71,21	5,74	4,28	5,14	16,44	148,79	58,21	51,67	71,21	5,74	4,28	5,14	16,44						
COBERTURA	70,87	9,89	3,57	84,33	119,90	99,87	48,61	145,56	351,00	933,00	248,00	746,00	0,05	0,16	0,09	0,19	0,55	0,88	0,87	2,08	70,61	80,74	44,90	100,80	4,90	2,88	4,19	10,66	70,61	80,74	44,90	100,80	4,90	2,88	4,19	10,66						
COBERTURA	339,11	32,27	36,83	398,20	239,06	360,90	34,01	408,32	1.177,00	3.384,00	1.970,00	6.530,00	0,10	0,06	0,11	0,26	0,38	0,59	0,10	1,52	50,07	117,86	53,07	98,72	3,24	7,03	3,83	18,10	50,07	117,86	53,07	98,72	3,24	7,03	3,83	18,10						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,74	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1.940,00	7.014,00	0,11	0,07	0,12	0,30	0,69	0,16	0,12	0,52	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14	47,71	115,00	47,71	71,08	4,25	5,94	3,58	21,14						
TIPO UNILEX/DOUPELEX	337,51	38,08	25,01	380,83	258,07	318,88	256,03	428,97	1.225,00	2.974,00	1																															

APÊNDICE F – Tabela de Dados

TIPO DE PAVIMENTO	QUANTITATIVOS										ÍNDICES DO PAVIMENTO										TAXA DE PAVIMENTO (KG/M²)								
	VOLUME DE CONCRETO (m³)					ÁREA DE FORA (m²)					AÇO (KG) PASSIVO					ESPESURA MÉDIA (MM)					FORMA POR ÁREA (MM²)					AÇO PASSIVO			
	FILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	FILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	FILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	FILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	FILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	FILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	FILAR	VIGA	LAJE	TOTAL	
TIPO UNIFLEX DUPLX	314,41	20,28	36,27	94,18	340,72	171,27	21,31	448,36	5.920,20	3.435,00	1.708,00	10.665,00	6,10	0,06	0,12	0,23	0,74	0,82	0,08	1,22	154,05	168,55	46,87	112,20	16,10	10,37	5,43	31,91	
TIPO UNIFLEX DUPLX	320,00	20,00	35,00	95,00	345,00	175,00	22,00	452,00	6.000,00	3.500,00	1.750,00	11.000,00	6,15	0,06	0,12	0,23	0,74	0,82	0,08	1,22	156,00	170,00	47,50	114,00	16,20	10,40	5,50	32,00	
TERREÇO/GARAGEM	1.250,82	39,28	67,78	1.906,64	2.078,87	1.051,31	25,27	688,18	7.176,20	4.100,00	2.050,00	13.066,00	0,03	0,06	0,10	0,18	0,28	0,08	0,02	0,72	106,02	106,98	53,87	82,73	4,90	4,71	5,00	13,21	
TERREÇO/GARAGEM	1.335,85	42,24	72,49	2.050,58	2.222,81	1.131,34	28,26	741,90	7.500,00	4.250,00	2.125,00	13.875,00	0,03	0,06	0,10	0,18	0,28	0,08	0,02	0,72	112,00	112,96	57,37	85,78	5,00	4,81	5,10	13,31	
COBERTURA	54,25	5,69	10,47	74,41	60,51	164,42	41,30	266,1	2.981,20	1.015,30	618,00	4.004,50	0,10	0,20	0,12	0,63	0,32	0,48	0,02	0,82	322,64	430,87	53,90	114,28	11,13	4,98	5,45	21,56	
COBERTURA	301,24	23,78	38,84	258,69	183,07	394,80	230,30	848,26	2.192,00	5.119,00	2.040,00	8.347,00	0,07	0,11	0,28	0,25	0,53	0,10	0,80	2,35	90,50	131,80	68,91	100,93	3,90	14,17	5,00	23,79	
TIPO UNIFLEX DUPLX	431,00	21,47	55,61	310,08	166,54	218,13	123,03	608,44	1.520,00	2.320,00	817,00	4.607,00	0,13	0,10	0,28	0,22	0,54	1,25	0,75	3,07	0,15	133,83	58,88	84,71	7,89	14,04	4,93	20,96	
TIPO UNIFLEX DUPLX	105,71	21,5	17,38	13,85	92,73	173,01	211,8	123,03	608,44	1.520,00	2.320,00	817,00	0,13	0,10	0,28	0,22	0,54	1,25	0,75	3,07	0,15	133,83	58,88	84,71	7,89	14,04	4,93	20,96	
TIPO UNIFLEX DUPLX	238,29	21,5	20,07	16,70	92,28	173,01	211,8	123,03	608,44	1.520,00	2.320,00	817,00	0,00	0,06	0,09	0,27	0,74	1,01	0,82	2,68	9,89	116,72	62,20	78,88	5,82	10,26	5,28	21,08	
TIPO UNIFLEX DUPLX	105,72	21,5	17,38	13,85	92,73	173,01	211,8	123,03	608,44	1.520,00	2.320,00	817,00	0,13	0,10	0,28	0,22	0,54	1,25	0,75	3,07	0,15	133,83	58,88	84,71	7,89	14,04	4,93	20,96	
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52	8,94	145,08	70,18	190,50	13,02	7,40	26,68		
TIPO UNIFLEX DUPLX	370,79	25,74	30,29	31,4	34,7	89,38	278,58	327,4	314,27	681,50	1.005,00	8.987,00	0,08	0,08	0,09	0,28	0,28	0,61	0,87	2,52									

