



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE  
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E  
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA**

**COMPOSIÇÃO DE INDICADOR DE CONSUMO REAL DE MATERIAIS DE UMA  
EDIFICAÇÃO VERTICAL: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU-PR**

**PEDRO JOSÉ GONÇALVES DE ALMEIDA**

Foz do Iguaçu  
2025

**COMPOSIÇÃO DE INDICADOR DE CONSUMO REAL DE MATERIAIS DE UMA  
EDIFICAÇÃO VERTICAL: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU-PR**

**PEDRO JOSÉ GONÇALVES DE ALMEIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura.

Orientadora: Profa. Dra. Katia Regina Garcia Punhagui

Coorientador: Me. Jean Carlos Ravanelli Appel

Foz do Iguaçu  
2025

PEDRO JOSÉ GONÇALVES DE ALMEIDA

**COMPOSIÇÃO DE INDICADOR DE CONSUMO REAL DE MATERIAIS DE UMA  
EDIFICAÇÃO VERTICAL: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Dra. Katia Regina Garcia Punhagui  
(UNILA)

---

Coorientador: Me. Jean Carlos Ravanelli Appel  
(UNILA)

---

Prof. Cesar Winter de Mello  
(UNILA)

---

Ma. Karine Hilgenberg Martins  
(Circular Engenharia Sustentável)

Foz do Iguaçu, 18 de Dezembro de 2025.

Dedico este trabalho à minha mãe, à minha vovó e ao meu vovô. Matematicamente, três pontos formam um plano, uma região, uma base... Base essa que incansavelmente me deu apoio para superar as dificuldades da vida.

Amo vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço profundamente a Deus, por ser meu refúgio e minha força em todos os momentos de dúvida, cansaço e superação.

À minha família, por me ensinar, desde cedo, o valor do estudo e da dedicação, pelo amor incondicional, incentivo contínuo e compreensão nos momentos de ausência.

Aos meus amigos, que me acolheram nos momentos difíceis, celebraram comigo as conquistas e tornaram o percurso mais leve.

À minha orientadora e coorientador, expresso minha sincera gratidão pelas orientações valiosas e nada agressivas.

Aos professores da banca examinadora, agradeço pela disponibilidade, pelas contribuições e pela atenção dedicada à avaliação deste trabalho.

À UNILA pela formação crítica e interdisciplinar proporcionada, bem como pelo apoio institucional que tornou possível o desenvolvimento deste trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a concretização deste trabalho, deixo registrado meu agradecimento.

*A noite sempre é mais escura antes do amanhecer.*  
**Harvey Dent.**

## RESUMO

Este trabalho busca analisar a relação entre o ITC (Indicador Teórico de Consumo), previsto em projeto e nas composições do SINAPI, e o ICR (Indicador de Consumo Real) extraído da Planilha Unificada de Compras, em uma edificação vertical de 4.303,7 m<sup>2</sup> localizada em Foz do Iguaçu-PR, executada com sistema construtivo misto composto por elementos pré-moldados e moldados *in loco*. O processo envolveu o levantamento dos principais insumos utilizados no canteiro, padronização das unidades de medida, extração dos quantitativos a partir das composições orçamentárias, consolidação dos dados de compras reais e cálculo do CP% (Coeficiente de Perdas) para determinar a diferença percentual entre ITC e ICR. Os resultados evidenciaram discrepâncias expressivas entre os valores, especialmente para cimento, cal, areia, argamassas e agregados, atribuídas à variabilidade executiva, características manuais dos processos e limitações de controle de insumos. Materiais cerâmicos apresentaram CP% reduzidos ou negativos, sugerindo maior previsibilidade geométrica ou possível superestimativa de projeto. O aço não pôde ser analisado integralmente devido à ausência de dados sobre a superestrutura pré-moldada, revelando fragilidades de rastreabilidade. Conclui-se que divergências entre consumo teórico e real não refletem exclusivamente perdas, mas também desperdícios, atrelados a imprecisões de estimativa, diferenças de execução e inconsistências de registro, reforçando a necessidade de indicadores de consumo real mais precisos para aprimorar o planejamento e a gestão de materiais em obras verticais brasileiras.

**Palavras-chave:** Indicador de Consumo Real; Consumo de Materiais; Sistema Construtivo Misto; SINAPI; Coeficiente de Perdas.

## RESUMEN

Este trabajo busca analizar la relación entre el ITC (Indicador Teórico de Consumo), previsto en el proyecto y en las composiciones del SINAPI, y el ICR (Indicador de Consumo Real) extraído de la Planilla Unificada de Compras, en una edificación vertical de 4.303,7 m<sup>2</sup> ubicada en Foz do Iguaçu–PR, ejecutada con un sistema constructivo mixto compuesto por elementos prefabricados y moldeados *in situ*. El proceso consistió en el levantamiento de los principales insumos utilizados en la obra, la estandarización de las unidades de medida, la extracción de los cuantitativos a partir de las composiciones presupuestarias, la consolidación de los datos de compras reales y el cálculo del CP% (Coeficiente de Pérdidas) para determinar la diferencia porcentual entre el ITC y el ICR. Los resultados evidenciaron discrepancias significativas entre los valores, especialmente para el cemento, la cal, la arena, los morteros y los agregados, atribuidas a la variabilidad ejecutiva, las características manuales de los procesos y las limitaciones en el control de insumos. Los materiales cerámicos presentaron un CP% reducido o negativo, lo que sugiere una mayor previsibilidad geométrica o una posible sobreestimación del proyecto. El acero no pudo ser analizado íntegramente debido a la ausencia de datos sobre la superestructura prefabricada, revelando debilidades en la trazabilidad. Se concluye que las divergencias entre el consumo teórico y el real no reflejan exclusivamente pérdidas, sino también desperdicios, vinculados a imprecisiones en las estimaciones, diferencias de ejecución e inconsistencias en el registro, lo que refuerza la necesidad de indicadores de consumo real más precisos para mejorar la planificación y la gestión de materiales en obras verticales brasileñas.

**Palabras clave:** Indicador de Consumo Real; Consumo de Materiales; Sistema Constructivo Mixto; SINAPI; Coeficiente de Pérdidas.

## ABSTRACT

This study aims to analyze the relationship between the ITC (Theoretical Consumption Indicator), as predicted in the project design and SINAPI compositions, and the ICR (Actual Consumption Indicator) extracted from the Unified Purchasing Spreadsheet, in a 4,303.7 m<sup>2</sup> high-rise building located in Foz do Iguaçu-PR, Brazil. The building was constructed using a mixed system of precast and cast-in-place elements. The process involved surveying the primary materials used on-site, standardizing measurement units, extracting quantities from budgetary compositions, consolidating actual purchasing data, and calculating the CP% (Loss Coefficient) to determine the percentage difference between ITC and ICR. The results showed significant discrepancies, particularly for cement, lime, sand, mortars, and aggregates, attributed to executive variability, manual process characteristics, and material control limitations. Ceramic materials showed low or negative CP%, suggesting greater geometric predictability or potential overestimation in the project design. Steel could not be fully analyzed due to a lack of data on the precast superstructure, revealing traceability weaknesses. The study concludes that divergences between theoretical and actual consumption do not exclusively reflect losses but also waste, linked to estimation inaccuracies, execution differences, and record inconsistencies. This reinforces the need for more precise actual consumption indicators to improve material planning and management in Brazilian high-rise construction.

**Key words:** Real Consumption Indicator; Material Consumption; Mixed Structural System; SINAPI; Loss Coefficient.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Fluxograma das etapas para determinação do ITC dos materiais segundo o método adotado .....	28
<b>Figura 2</b> – Massa linear do aço por diâmetro da barra (conforme NBR 7480) .....	31
<b>Figura 3</b> – Estudo de rendimento dos blocos cerâmicos .....	37

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Indicadores de consumo de materiais identificados na literatura nacional e internacional .....	22
<b>Quadro 2</b> – Sistemas construtivos selecionados para análise.....	27
<b>Quadro 3</b> – Materiais selecionados para análise do consumo real .....	27
<b>Quadro 4</b> – Códigos SINAPI utilizados por sistema selecionado .....	29
<b>Quadro 5</b> – Unidade de medida por insumo selecionado .....	29
<b>Quadro 6</b> – Procedimentos de conversão para padronização das unidades de medida dos materiais .....	30
<b>Quadro 7</b> – Valores dos indicadores teóricos e reais de consumo dispostos por insumo material .....	33
<b>Quadro 8</b> – Valores corrigidos dos indicadores teóricos e reais de consumo do concreto usinado .....	35
<b>Quadro 9</b> – Valores corrigidos dos indicadores teóricos e reais de consumo da argamassa colante .....	35
<b>Quadro 10</b> – Valores corrigidos dos indicadores teóricos e reais de consumo do bloco cerâmico .....	37
<b>Quadro 11</b> – Valores ITC, ICR e CP% de todos os insumos .....	38
<b>Quadro 12</b> – Quadro comparativo entre rendimentos de blocos cerâmicos .....	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ILATIT	Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território
UNILA	Universidade Federal da Integração Latino-Americana
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
ITC	Indicador Teórico de Consumo
ICR	Indicador de Consumo Real
PUComp	Planilha Unificada de Compras
CP%	Coeficiente de Perdas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
3.1 CONSTRUÇÃO CIVIL, CONSUMO DE MATERIAIS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE EDIFICAÇÕES VERTICAIS.....	17
3.2 INEFICIÊNCIA PRODUTIVA, DESPERDÍCIOS E PERDAS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	20
3.3 INDICADOR DE CONSUMO TEÓRICO, NORMALIZAÇÃO POR ÁREA E COEFICIENTE DE PERDAS EM ESTUDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	22
<b>4 MÉTODO .....</b>	<b>26</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....	26
4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS .....	27
4.3 SELEÇÃO DOS MATERIAIS ANALISADOS E DELIMITAÇÃO DO ESCOPO.....	27
4.4 DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES TÓRICOS DE CONSUMO A PARTIR DAS COMPOSIÇÕES DO SINAPI.....	30
4.5 DETERMINAÇÃO DO INDICADOR DE CONSUMO REAL DOS INSUMOS MATERIAIS A PARTIR DA PLANILHA UNIFICADA DE COMPRAS .....	32
4.6 PROCEDIMENTOS DE COMPARAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	33
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
5.1 CONSUMO DE MATERIAIS .....	35
5.2 PREMISSAS DE CALCULO .....	36
5.2.1 Concreto Usinado .....	36
5.2.2 Argamassas colantes .....	37
5.2.3 Bloco cerâmico .....	38
5.3 COEFICIENTE DE PERDAS DOS MATERIAIS .....	39
5.3.1 Concreto Usinado .....	40
5.3.2 Brita 0, brita 1 e Pó de pedra .....	41
5.4.3 Cimento e Cal .....	42
5.4.4 Areia.....	43
5.4.5 Argamassa colante .....	45
5.4.6 Blocos Cerâmicos .....	46
5.4.7 Piso Cerâmico.....	48
5.4.8 Placa Cerâmica.....	49
5.4.9 Piso Intervalado ( <i>Paver</i> ) .....	50
5.4.10 Laje pré-moldada .....	51
5.4.11 Barras de Aço.....	51
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>

## INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha papel central no desenvolvimento socioeconômico mundial, sendo responsável por parcela significativa da geração de empregos, da produção de infraestrutura e da consolidação do ambiente construído. Entretanto, o setor também se destaca como um dos maiores consumidores de recursos naturais e energia, além de apresentar elevada contribuição para a geração de resíduos e emissões atmosféricas. Estimativas indicam que as atividades relacionadas ao ambiente construído respondem por aproximadamente 38% das emissões globais de dióxido de carbono associadas à energia e por cerca de 40% a 75% da extração mundial de materiais, considerando insumos como agregados, cimento, aço e cerâmicos (Agopyan, 2013; UNEP, 2020). Esses números evidenciam que a eficiência no uso de materiais constitui uma das principais frentes para a mitigação dos impactos ambientais do setor.

No contexto brasileiro, tais impactos são agravados por características estruturais da produção da construção civil, como a predominância de métodos de execução essencialmente artesanais, a elevada dependência de mão de obra com diferentes níveis de qualificação e a limitada sistematização dos processos de controle de consumo de insumos. Em cidades de médio e grande porte, os resíduos oriundos da construção e demolição podem representar até 60% do total de resíduos sólidos urbanos gerados, refletindo não apenas desperdícios físicos, mas também falhas de planejamento, orçamento e gestão da produção (De Oliveira *et.al.*, 2022).

Nesse cenário, a literatura nacional tem demonstrado que a discrepância entre o consumo previsto em projeto e o consumo efetivamente registrado em obra configura um dos principais entraves à eficiência produtiva do setor. Pesquisas realizadas em edificações residenciais e comerciais indicam perdas médias da ordem de 20% a 35% para argamassas, 10% a 25% para blocos cerâmicos e entre 3% e 10% para concreto, variando conforme a tipologia construtiva, o método executivo e o grau de controle adotado no canteiro (Bronstrup, 2014; Muneron, 2021, Fávares, 2022). Essas discrepâncias impactam diretamente o custo final das edificações, a geração de resíduos e a sustentabilidade econômica e ambiental dos empreendimentos, evidenciando limitações dos modelos tradicionais de previsão de consumo.

No Brasil, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) é amplamente utilizado como referência oficial para orçamentação de obras públicas e privadas, fornecendo composições unitárias

padronizadas e coeficientes teóricos de consumo de materiais. Contudo, existem autores que apontam que tais coeficientes nem sempre representam com fidelidade as condições reais de execução, sobretudo diante da variabilidade operacional dos canteiros, das diferenças regionais e das especificidades dos sistemas construtivos adotados (Unias, 2021; Fávaro, 2022). Para fins analíticos, denomina-se neste estudo Indicador Teórico de Consumo (ITC), (De Oliveira *et al.*, 2022) a quantidade de material estimada a partir de projetos e composições do SINAPI, enquanto o Indicador de Consumo Real (ICR) corresponde ao volume efetivamente adquirido e registrado durante a execução da obra. A diferença percentual entre esses indicadores é expressa pelo Coeficiente de Perdas (CP%), termo previamente encontrado na literatura técnica (Fávaro, 2022), mas que não deve ser interpretado exclusivamente como perda, pois também engloba imprecisões de orçamento, características executivas, particularidades de projeto e ajustes no processo construtivo que acabam incorporando mais material do que o previsto na edificação.

A normalização do consumo de materiais por área construída ( $\text{kg/m}^2$ ,  $\text{m}^3/\text{m}^2$ , unidades/ $\text{m}^2$ ) é uma ferramenta eficaz para a comparação entre edificações, identificação de padrões de desempenho e avaliação da eficiência material (Yokoyama; Yokoo; Oka, 2005; Saade; Silva; Gomes, 2012). Tratando-se de uma análise baseada na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), poucos materiais, como concreto, aço, cerâmicos e argamassas, concentram a maior parcela dos impactos ambientais das edificações, o que torna imprescindível o monitoramento rigoroso de seu consumo real (Saade; Silva; Gomes, 2012; Muneron, 2021). Apesar disso, observa-se que grande parte das estimativas ainda se apoiam em dados estimados ou teóricos, sendo menos frequente a utilização sistemática de dados primários provenientes de planilhas de compras, notas fiscais e registros consolidados de obra.

Essa limitação torna-se ainda mais evidente em edificações verticais que adotam sistemas construtivos mistos, nos quais coexistem elementos industrializados, como estruturas pré-moldadas, e sistemas executados *in loco*, como concretagens complementares, vedações e revestimentos. A interação entre esses sistemas pode alterar significativamente o padrão de consumo de materiais e o comportamento dos coeficientes teóricos, especialmente em serviços de alvenaria, revestimentos e ajustes estruturais, que permanecem fortemente dependentes de processos manuais (Savas, 2021; De Oliveira *et al.*, 2022). Contudo, ainda são escassos os estudos que investigam de forma integrada o impacto dessa combinação de sistemas sobre os indicadores reais de consumo em edificações verticais brasileiras.

Diante desse contexto, a escolha do presente tema justifica-se pela necessidade de aprofundar a compreensão sobre as divergências entre consumo teórico e consumo real de materiais em obras verticais, especialmente naquelas que utilizam sistemas construtivos mistos. A motivação central desta pesquisa reside na identificação de que tais divergências não se restringem a perdas e geração de resíduos, mas refletem também limitações nos processos de estimativa, orçamento, planejamento e controle de insumos. Assim, ao investigar um estudo de caso real, com base em dados primários de projetos, composições da SINAPI e registros consolidados de compras, este trabalho busca contribuir para o aprimoramento dos indicadores de consumo utilizados no setor, fornecendo subsídios técnicos para a melhoria do planejamento, da gestão de materiais e da eficiência produtiva da construção civil brasileira.

Dessa forma, esta pesquisa busca identificar e analisar o desvio percentual entre o consumo teórico (ITC) e o consumo real (ICR) de materiais críticos em uma edificação vertical com sistema construtivo misto, quantificando os consumos normalizados por metro quadrado construído e avaliando e buscando justificativas para os desvios observados por meio do CP%, de modo a contribuir para o avanço do conhecimento técnico e científico sobre o consumo de materiais em obras verticais similares.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar ITC (Indicador Teórico de Consumo) e o ICR (Indicador de Consumo Real) de insumos materiais de uma edificação vertical de sistema construtivo misto de concreto pré-moldado e alvenaria convencional, na cidade de Foz do Iguaçu-PR e analisar as possíveis causas de variações.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Com vista ao desenvolvimento da pesquisa e ao alcance do Objetivo Geral, este estudo buscará:

- a) Caracterizar e estimar os indicadores teóricos de consumo e perdas dos principais materiais construtivos de uma edificação vertical com sistema construtivo misto, a partir dos quantitativos de projeto e das composições oficiais do SINAPI, de modo a determinar o Indicador Teórico de Consumo (ITC) e estabelecer uma referência para comparação com os dados reais do estudo.
- b) Quantificar o Indicador de Consumo Real (ICR) dos materiais selecionados a partir da Planilha Unificada de Compras da obra e compará-lo com os indicadores teóricos, de modo a calcular o Coeficiente de Perdas (CP%).
- c) Analisar e compreender as divergências entre consumo previsto e consumo efetivamente registrado, buscando relatar as possíveis causas de perdas e desperdícios.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 CONSTRUÇÃO CIVIL, CONSUMO DE MATERIAIS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE EDIFICAÇÕES VERTICAIS

A construção civil é reconhecida como um dos setores que mais consomem recursos naturais, apresentando elevada demanda por materiais, energia e insumos ao longo de todo o ciclo de vida das edificações. Segundo Fishman (2024), o setor é responsável por parcela significativa da extração global de recursos, podendo representar de 30% a 50% do consumo de materiais em diversos países industrializados. De forma semelhante, um estudo baseado em LCA (*Life Cycle Assessment*) demonstra que os materiais empregados na construção, especialmente concreto, aço, cerâmica e argamassas, concentram a maior parte do impacto ambiental das edificações, tanto na fase de produção quanto ao longo da operação e manutenção (Saade; Silva; Gomes, 2012). Esses resultados reforçam a importância de compreender os padrões de consumo material em obras, sobretudo em países em desenvolvimento, onde sistemas construtivos tradicionais e práticas pouco industrializadas ainda predominam (Bribrián; Capilla; Usón, 2011).

No contexto brasileiro, o consumo de materiais na construção civil apresenta características específicas decorrentes da predominância de sistemas executivos tradicionais e da elevada participação de componentes estruturais em concreto e de vedações em alvenaria cerâmica. Estudos demonstram que materiais como concreto e aço representam frações significativas do peso total das edificações, sendo responsáveis por uma parcela expressiva da demanda de recursos naturais, energia incorporada e emissões associadas (De Wolf 2014; Muneron, 2021). No caso da cerâmica vermelha, amplamente utilizada em sistemas de vedação no Brasil, análises de inventário identificam que a extração de argila e o processo de queima são etapas particularmente intensivas em energia e emissões (Manfredini; Sattler, 2005; Surgelas, 2017). Tais características tornam a quantificação e avaliação do consumo desses materiais essenciais para a gestão de recursos e para a busca de maior sustentabilidade no setor.

Inventários recentes mostram que obras que empregam alvenaria de vedação e estruturas de concreto apresentam elevados fluxos de materiais ao longo do ciclo de vida, reforçando a necessidade de estratégias de racionalização, redução de

perdas e aumento da eficiência na etapa de execução (Saade; Silva; Gomes, 2014). Ao mesmo tempo, um estudo internacional de inventário material demonstram que edificações em diferentes países apresentam intensidades materiais (*material intensity*) entre 783 kg/m<sup>2</sup> e 1.228 kg/m<sup>2</sup>, dependendo do sistema construtivo e da tipologia do edifício (Yokoyama; Yokoo; Oka, 2005), valores que servem como referência comparativa global.

No caso das edificações verticais brasileiras, a seleção do sistema construtivo exerce influência direta sobre o consumo real de materiais e sobre o desempenho global da obra. Sistemas moldados *in loco*, amplamente utilizados no país, apresentam elevada variabilidade executiva e dependem fortemente da qualificação da mão de obra, o que pode ampliar perdas e gerar inconsistências no consumo previsto (Bronstrup, 2014). Por outro lado, sistemas pré-moldados têm se consolidado como alternativas mais industrializadas, promovendo maior controle dimensional, menor variabilidade executiva e maior previsibilidade do consumo de materiais estruturais, como aço e concreto (Unias, 2021). Contudo, a combinação entre pré-moldado estrutural e elementos moldados *in loco*, como vigas de transição, vergas, contravergas e pilares periféricos, resulta em um sistema híbrido cuja eficiência depende da compatibilização entre os diferentes subsistemas (Savas, 2021).

Além disso, a alvenaria de vedação em blocos cerâmicos, tradicionalmente empregada em edifícios verticais de médio porte, é um dos sistemas que mais contribuem para o consumo total de materiais e para a geração de resíduos na etapa de obra (Fávaro, 2022). Estudos mostram que o consumo real de blocos cerâmicos por metro quadrado pode superar significativamente os valores previstos em composições teóricas, devido a perdas no transporte interno, quebras por manuseio inadequado, cortes excessivos para passagem de instalações e retrabalho decorrente de incompatibilidades de projeto (Bronstrup, 2014, Fávaro, 2022). Dessa forma, a combinação entre estrutura pré-moldada, complementos moldados *in loco* e vedações cerâmicas compõe um cenário complexo de fluxos materiais, cuja compreensão é essencial para o planejamento, orçamento e gestão da produção em edificações verticais.

Diante desse panorama, torna-se evidente que a análise integrada do consumo de materiais na construção civil, especialmente em obras verticais que adotam sistemas construtivos híbridos, é fundamental para mitigar impactos ambientais, reduzir desperdícios, aperfeiçoar o desempenho operacional e promover maior sustentabilidade no

ciclo de vida das edificações. A compreensão das características materiais e do comportamento dos sistemas construtivos possibilita identificar oportunidades de racionalização, além de subsidiar metodologias de medição do consumo real, tema aprofundado nos tópicos seguintes desta fundamentação.

### 3.2 DIFERENÇAS ENTRE DESPERDÍCIOS E PERDAS

No contexto da construção civil, desperdício refere-se, em termos econômicos e produtivos, ao consumo de insumos em quantidades superiores às necessárias para realizar um determinado serviço, conforme previsto em projeto ou calculado a partir de composições normativas. Do ponto de vista técnico, um desperdício representa um desvio quantitativo que afeta a eficiência do processo e está diretamente relacionado ao desempenho produtivo da obra (Formoso, 2002). Por exemplo, a utilização de uma quantidade maior de material do que a prevista para assentamento, transporte ou processamento é caracterizada como desperdício, ainda que parte desse material não se torne resíduo físico, mas simplesmente represente um consumo sobressalente ao previsto inicialmente e fique agregado na edificação.

Por outro lado, o termo perda engloba o material que é efetivamente descartado, inutilizado ou gerado como resíduo sólido durante a execução da obra, sem possibilidade de aproveitamento direto. De acordo com a Resolução CONAMA 307 de 2002, resíduos da construção civil provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, etc., comumente chamados de entulhos de obras (Brasil, 2002). Assim, enquanto o desperdício está relacionado à eficiência do consumo, a perda está associada ao descarte efetivo de material como resíduo.

A distinção entre perdas e desperdício é particularmente importante porque nem todo desperdício se transforma em resíduo físico; por exemplo, consumo excedente registrado na planilha de compras pode refletir erros de orçamento, precisão de medição ou escolhas executivas que não geram descarte imediato de materiais, mas representam impacto econômico e produtivo. Em contrapartida, a perda envolve diretamente a geração

de resíduos, que têm implicações ambientais e operacionais adicionais, como custos de destinação e impacto ambiental de aterros sanitários.

Portanto, ao abordar a gestão de materiais na construção civil, a literatura destaca que a redução dos desperdícios (melhoria da eficiência do uso de insumos) e a minimização das perdas (redução de resíduos descartados), são estratégias complementares, porém distintas, cada uma exigindo abordagens específicas de planejamento, controle de processos e gestão de canteiro (Saade; Silva; Gomes, 2012; Azevedo, 2023)

### 3.3 INEFICIÊNCIA PRODUTIVA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil apresenta historicamente elevados índices de ineficiência produtiva relacionados ao uso de materiais, mão de obra e recursos operacionais. Mesmo com avanços recentes em processos construtivos e tecnologias de gestão, o setor ainda opera com práticas fortemente artesanais e dependentes de decisões tomadas no próprio canteiro, o que amplia a variabilidade de resultados e dificulta o controle efetivo dos insumos (Bronstrup, 2014). Essa característica torna o desperdício de materiais um dos principais desafios da construção, contribuindo não apenas para o aumento dos custos diretos, mas também para impactos ambientais associados à extração de matérias-primas, transporte e geração de resíduos (Bribrián; Capilla; Usón, 2011; Saade; Silva; Gomes, 2014).

Diversos estudos apontam que a discrepância entre o consumo teórico previsto em projeto e o consumo real medido durante a execução é uma das maiores fontes de ineficiência do setor (Bronstrup, 2014; Fávaro, 2022). Entre os materiais mais afetados estão o concreto, aço, blocos cerâmicos e argamassas, para os quais perdas operacionais podem alcançar proporções significativas dependendo das condições do canteiro. Em análises de campo, verificou-se que perdas de blocos cerâmicos podem ocorrer devido a quebras no transporte interno, cortes excessivos, armazenamento inadequado e retrabalhos decorrentes de incompatibilidades de projeto e execução (Savas, 2021; Fávaro, 2022). Situação semelhante é observada em argamassas, cujo consumo real tende a superar os valores teóricos devido à falta de padronização no preparo, à variabilidade da equipe e ao uso não racional dos materiais (Bronstrup, 2014).

O concreto também se destaca como material crítico em termos de perdas. Essas perdas podem ocorrer desde as etapas de transporte e lançamento até a conformação e acabamento, sendo agravadas por falhas na modulação das formas, na organização do canteiro e no sequenciamento das atividades (De Oliveira *et al.*, 2022). Em obras que utilizam sistemas híbridos, combinando elementos pré-moldados com componentes moldados *in loco*, as perdas tendem a se concentrar nas interfaces entre subsistemas, especialmente em elementos complementares como vergas, contravergas e reforços periféricos (Savas, 2021). Além disso, o aço para armaduras pode sofrer variações de consumo devido a cortes não otimizados, sobras não reaproveitadas e falhas na interpretação dos detalhamentos estruturais (Unias, 2021).

As perdas de materiais não apenas elevam os custos diretos da obra, mas também ampliam o impacto ambiental associado à construção, uma vez que implicam maior demanda por recursos naturais e maior geração de resíduos. Uma pesquisa pautada em LCA mostra que os principais fluxos de impacto nas edificações estão associados ao consumo de materiais estruturais e de vedação (Saade; Silva; Gomes, 2012). No caso da cerâmica vermelha, por exemplo, a combinação entre o alto consumo nas obras e o processo produtivo intensivo em energia e emissões reforça a necessidade de controle rigoroso do uso desses materiais (Manfredini; Sattler, 2005; Surgelas, 2017). De forma semelhante, o concreto possui elevada pegada de carbono devido à produção de cimento, tornando o seu desperdício ainda mais crítico sob a perspectiva ambiental (Muneron, 2021).

A literatura especializada demonstra que o controle das perdas depende de fatores como planejamento detalhado, logística eficiente, equipes treinadas e adoção de tecnologias de padronização, como pré-moldados e elementos industrializados (Savas, 2021; Unias, 2021). O uso de sistemas de gestão da produção e estratégias Lean também é apontado como alternativa para a redução de desperdícios, atuando na eliminação de atividades que não agregam valor, na reorganização do fluxo produtivo e na melhoria contínua dos processos (Lucena *et al.*, 2022). Ainda assim, a ausência de indicadores consistentes que mensurem o consumo real dos materiais, principalmente quando normalizados por área construída, dificulta o acompanhamento preciso do desempenho do canteiro e a identificação de oportunidades de racionalização.

Esses desafios justificam a importância da análise do ICR e da comparação com os valores teóricos previstos nas composições orçamentárias, como discutido no

tópico seguinte. A compreensão das principais fontes de desperdício e dos mecanismos que ampliam o consumo dos materiais é fundamental para melhorar a eficiência produtiva, reduzir custos e promover maior sustentabilidade na construção civil brasileira.

### 3.4 INDICADOR DE CONSUMO TEÓRICO, NORMALIZAÇÃO POR ÁREA E COEFICIENTE DE PERDAS EM ESTUDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A mensuração do consumo de materiais na construção civil tem sido objeto de crescente interesse tanto no meio técnico quanto acadêmico, sobretudo em função da necessidade de compreender, com maior precisão, o comportamento real dos insumos em obras e sua relação com impactos econômicos e ambientais. Nesse contexto, o ICR (Indicador de Consumo Real) surge como uma métrica essencial, permitindo quantificar o consumo efetivo de um material por unidade de área construída ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ,  $\text{m}^3/\text{m}^2$ , unidades/ $\text{m}^2$ ). O ICR complementa o tradicional ITC (Indicador Teórico de Consumo), presente em composições orçamentárias como o SINAPI, ao incorporar perdas operacionais e particularidades do processo executivo, muitas vezes negligenciadas em estimativas puramente teóricas (Bronstrup, 2014; Unias, 2021).

A normalização dos consumos por área é amplamente adotada em estudos internacionais de intensidade material, onde se busca comparar diferentes edifícios ou sistemas construtivos a partir de métricas padronizadas. Yokoyama, Yokoo e Oka (2005), em seu estudo seminal sobre consumo de recursos, demonstraram que edificações podem apresentar intensidades materiais variando de  $783 \text{ kg}/\text{m}^2$  a  $1.228 \text{ kg}/\text{m}^2$ , dependendo da tipologia e do sistema construtivo, reforçando a utilidade do indicador para comparações em larga escala. De Wolf (2014), ao analisar estruturas em concreto e aço em edifícios de múltiplos pavimentos, identificou intensidades de 50 a  $230 \text{ kg}/\text{m}^2$  para aço e 250 a  $2500 \text{ kg}/\text{m}^2$  para concreto, valores que evidenciam a grande variabilidade do consumo de materiais e a importância de medições contextualizadas por área.

Em estudos nacionais, a aplicação do ICR tem se mostrado particularmente relevante, dada a heterogeneidade dos métodos construtivos empregados no Brasil e a predominância de processos artesanais em muitas obras. Pesquisas sobre alvenaria cerâmica indicam que o consumo real de blocos por metro quadrado frequentemente supera os valores estimados nas composições teóricas, devido à elevada ocorrência de quebras, retrabalhos e cortes adicionais para instalações (Bronstrup, 2014; Fávaro, 2022).

Da mesma forma, investigações sobre o consumo de argamassa e concreto demonstram que o uso efetivo desses materiais pode variar amplamente conforme a organização do canteiro e a qualificação das equipes, ampliando a divergência entre ICR e ITC (De Oliveira *et al.*, 2022). Tais resultados confirmam que o ICR é um instrumento mais adequado para refletir a realidade do consumo material, sobretudo em obras com características híbridas.

A diferença entre o consumo real e o consumo teórico é expressa pelo CP%, indicador que quantifica o desvio percentual entre ITC e ICR, representando o acréscimo de material necessário para executar o serviço em condições reais de obra. No caso específico deste estudo, não é possível determinar com exatidão o que foi desperdício (material sobressalente incorporado na edificação) e o que foi perda (material que foi efetivamente descartado), pois não há dados e registros dos resíduos sólidos gerados nesta obra. Por isso, os desvios percentuais entre o ITC e ICR podem representar um somatório dessas duas formas de sobre consumo. Em termos gerais, o CP% pode ser calculado pela Equação 1.

$$CP(\%) = \left( \frac{ICR - ITC}{ITC} \right) \times 100 \quad (1)$$

em que  $CP(\%)$  é o Coeficiente de Perdas,  $ICR$  representa o Indicador de Consumo Real e  $ITC$  o Indicador Teórico de Consumo.

Esse indicador é utilizado em estudos de produtividade, desempenho e sustentabilidade, pois permite avaliar o impacto direto das perdas nos custos e na eficiência do processo construtivo (Saade; Silva; Gomes, 2012; Unias, 2021). A literatura aponta que perdas superiores a 20% são recorrentes em materiais como blocos cerâmicos, argamassas e madeira, enquanto concreto e aço apresentam variações menores, mas ainda significativas dependendo do sistema adotado (Muneron, 2021; De Oliveira *et al.*, 2022).

No Quadro 1 apresenta-se uma síntese dos principais índices identificados na literatura consultada, organizados de acordo com o material analisado, o tipo de indicador empregado e a respectiva fonte de referência.

**Quadro 1** – Indicadores de consumo de materiais identificados na literatura nacional e internacional

<b>NOME DA BASE</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>VALOR</b>	<b>AUTOR DE REFERÊNCIA</b>
Materiais totais (edifícios em madeira)	kg/m <sup>2</sup>	783	Yokoyama et al. (2005)
Materiais totais (edifícios sem madeira)	kg/m <sup>2</sup>	1228	Yokoyama et al. (2005)
Aço para armaduras e perfis estruturais	kg/m <sup>2</sup>	50 - 230	De Wolf (2014)
Concreto para estruturas	kg/m <sup>2</sup>	250 - 2500	De Wolf (2014)
Bloco Cerâmico (Alvenaria convencional)	un/m <sup>2</sup>	88,23	Fávaro (2022)
Concreto Usinado (Alvenaria Convencional)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,32	Fávaro (2022)
Cimento para argamassa (Alvenaria convencional)	kg/m <sup>2</sup>	18,78	Fávaro (2022)
Revestimento em argamassa	kg/m <sup>2</sup>	38,58 (mediana)	Bronstrup (2014)
Aço de armadura (laje protendida)	kg/m <sup>2</sup>	19,9	Unias (2021)
Aço de armadura (nervurada)	kg/m <sup>2</sup>	16,7	Unias (2021)
Concreto (laje protendida)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,26	Unias (2021)
Concreto (laje nervurada)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,22	Unias (2021)
Formas de madeira (laje protendida)	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	1,51	Unias (2021)
Formas de madeira (laje nervurada)	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	1,54	Unias (2021)
Madeira para fôrmas de concreto	m <sup>3</sup> de madeira/m <sup>2</sup>	0,042 – 0,076	De Oliveira <i>et al.</i> (2022)

Fonte: o autor, 2025.

A sistematização desses indicadores evidencia não apenas a amplitude e diversidade dos estudos existentes, mas também a necessidade de aprimoramento contínuo das metodologias utilizadas para medir, com maior precisão, o consumo real de materiais em edificações verticais brasileiras. A análise comparativa entre valores reais, teóricos e parâmetros de referência nacionais e internacionais permite identificar padrões

de consumo, desvios significativos e potenciais gargalos relacionados ao desperdício e às perdas operacionais.

Essa abordagem comparativa fornece subsídios essenciais para o diagnóstico do desempenho material das obras, orientando decisões estratégicas voltadas à racionalização dos insumos, ao controle tecnológico, à melhoria do planejamento executivo e ao aperfeiçoamento das práticas construtivas. Além disso, contribui para a construção de um panorama consistente sobre a eficiência produtiva do setor, possibilitando que empresas e pesquisadores adotem indicadores mais robustos e alinhados às reais condições do canteiro.

Os desdobramentos dessas análises serão aprofundados nos tópicos seguintes deste trabalho, especialmente no que se refere à aplicação prática dos indicadores durante o estudo de caso e à avaliação do consumo efetivo dos materiais estruturais.

## 4 MÉTODO

O método adotado neste estudo foi estruturado em cinco etapas principais: a) levantamento bibliográfico; b) delimitação dos materiais analisados; c) cálculo dos consumos teóricos a partir das composições do SINAPI e quando necessário dos projetos estruturais de viga, pilar e laje; d) apuração dos consumos reais com base na planilha unificada de compras; e) comparação entre os indicadores obtidos e análise crítica dos resultados.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A edificação analisada neste estudo de caso está localizada no município de Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. Trata-se de um edifício vertical composto por nove pavimentos, além de reservatório elevado, totalizando 4.303,70 m<sup>2</sup> de área construída. O sistema construtivo adotado é do tipo misto, utilizando concreto pré-moldado e alvenaria convencional executada *in loco*, no qual a superestrutura (formada por pilares e vigas) foi executada em concreto pré-moldado do primeiro ao oitavo pavimento. No nono pavimento, correspondente à cobertura e ao reservatório superior, assim como no muro externo, os elementos estruturais foram moldados *in loco*.

As lajes utilizadas em todos os pavimentos são do tipo pré-moldadas treliçadas, recebendo posteriormente concretagem com concreto usinado. A vedação vertical é composta por alvenaria convencional em blocos cerâmicos, finalizada com revestimento em placas cerâmicas. O piso do sub-solo (pavimento 1), do pátio externo e das calçadas foi executado em blocos intertravados (*paver*). Já a garagem localizada no pavimento 2 e o reservatório elevado receberam acabamento em cimento queimado. As demais áreas de circulação e os pisos dos apartamentos foram revestidos com placas cerâmicas.

Ressalta-se que os dados disponibilizados para a realização deste estudo possuem caráter estritamente sigiloso. Em razão disso, não são apresentados ao longo do texto quaisquer elementos gráficos, imagens, projetos ou informações que possam identificar a construtora responsável pela obra.

## 4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS SECUNDÁRIOS

Esta etapa consistiu em uma pesquisa bibliográfica exploratória, com o objetivo de identificar estudos relevantes sobre consumo de materiais na construção civil, desperdícios, perdas produtivas, indicadores de desempenho e estudos de caso aplicados a edificações verticais. Foram consultadas as bases ScienceDirect, SciELO e Google Acadêmico, visando captar estudos que não passassem de dez anos. Utilizando-se na filtragem combinações de palavras-chave em português e inglês, como: *material consumption, material intensity, construction waste, losses, input–output analysis, vertical building*, consumo de materiais, desperdício e indicadores de consumo.

Ferramentas complementares de inteligência artificial como ChatGPT, Google Gemini e Google NotebookLM foram alimentadas com a proposta da pesquisa e utilizadas para identificação de autores relevantes e busca e cruzamento de informações bibliográficas. Essa etapa permitiu reunir um conjunto de artigos, dissertações, TCCs e relatórios técnicos, essenciais para embasar a fundamentação teórica e contextualizar os resultados obtidos neste estudo.

## 4.3 SELEÇÃO DOS MATERIAIS ANALISADOS E DELIMITAÇÃO DO ESCOPO

A definição dos materiais a serem analisados constituiu etapa fundamental do método, uma vez que o objetivo da pesquisa consiste em mensurar o consumo real de insumos empregados diretamente no canteiro de obras, de modo a refletir o comportamento efetivo dos materiais durante a execução. Para isso, foi necessário delimitar quais elementos construtivos fariam parte do escopo do estudo e quais seriam excluídos devido à indisponibilidade de dados, à natureza industrializada ou à inadequação metodológica para avaliação em contexto de obra.

Considerando que o objetivo do estudo é quantificar o consumo real de materiais aplicados no canteiro, optou-se por excluir da análise todos os componentes industrializados produzidos em ambiente fabril, como a superestrutura pré-moldada e as treliças metálicas da cobertura. A avaliação desses elementos exigiria o acesso a dados internos do processo industrial, contemplando controle de qualidade, taxa de rejeitos, perdas de produção e rastreabilidade da fábrica, aspectos que extrapolariam o escopo e viabilidade deste estudo.

Da mesma forma, elementos como telhas, rufos e calhas foram retirados da análise devido à ausência de registros específicos no Relatório Geral de Compras, impossibilitando o cálculo confiável ICR. A fundação também foi excluída, pois esse subsistema apresenta elevada dependência das características geotécnicas locais e das exigências normativas de segurança estrutural. Diferentemente das etapas de vedação e revestimento, o consumo de materiais em fundações é amplamente condicionado pelo tipo de solo, presença de lençol freático, cargas atuantes e critérios de desempenho, sendo pouco representativo de um comportamento típico ou comparável entre edificações, conforme ressaltado por Savas (2023) ao discutir variabilidade intrínseca de sistemas estruturais. Além disso, este sistema também ficou sob responsabilidade da empresa terceirizada responsável pela super estrutura pré moldada, impossibilitando o acesso aos dados de projeto e compras

A madeira possuiu uma característica físico-química de estocagem de carbono. Enquanto materiais como o concreto e o aço apresentam elevada energia incorporada e emissões significativas durante seus processos de clínquer e fundição, a madeira oriunda de manejo florestal sustentável atua como um dreno de CO<sub>2</sub>. Segundo Sathre e O'Connor (2010), a substituição de materiais convencionais por madeira resulta em uma redução líquida de emissões devido ao sequestro biológico ocorrido durante a fase de crescimento da biomassa, tornando-a um material de baixo impacto ambiental em comparação aos demais insumos analisados. Então, para reduzir um pouco o escopo, optou-se por excluir a madeira da análise e manter o foco do estudo nos outros materiais, que possuem pegadas e emissões bem superiores.

Sistemas complementares, como instalações hidrossanitárias e elétricas, foram igualmente excluídos devido à complexidade da quantificação e ao elevado esforço necessário para rastrear consumos específicos, o que ampliaria significativamente o volume de dados a serem tratados.

A diferenciação entre estruturas moldadas *in loco* e pré-moldadas ocorreu devido a inexistência dos dados de pilar e vigas pré-moldadas dentro da planilha de orçamento. O mesmo não ocorreu com os pilares e vigas do último pavimento, que como dito, foram moldados *in loco* e possibilitaram a desassociação de materiais para compor com maior precisão o ITC. Entretanto, a composição SINAPI da laje escolhida (observar próximos tópicos) constituía-se por lajes pré-moldadas, concreto preparado *in loco* e

armaduras negativas com aço cortado e posicionado também *in loco*. A laje, sendo descrita pela SINAPI como “Laje pré-moldada convencional (lajotas + vigotas)”, possui o processo de fabricação industrializado, e como já explicado, a análise deste processo não é viável para este estudo. Por este motivo, o elemento da laje em si foi mensurado como um todo (m<sup>2</sup>), não analisando de forma segregada os elementos cerâmicos, de concreto, e aço constituídos por ela.

Para melhorar a análise da planilha de orçamento e estruturar adequadamente os elementos construtivos avaliados, os sistemas adotados como referência para este estudo foram organizados conforme apresentado no Quadro 2.

**Quadro 2** – Sistemas construtivos selecionados para análise

<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTES CONSIDERADOS</b>
Muro de arrimo	Estrutura e vedação associada
Estrutura	Elementos moldados <i>in loco</i> e pré-moldados
Pisos	Cerâmicos, cimento queimado e blocos de concreto ( <i>paver</i> )
Vedação vertical	Blocos cerâmicos, argamassas de assentamento e revestimento, vergas e contravergas, revestimento cerâmico
Muro externo	Estrutura e vedação

Fonte: o autor, 2025.

Com base nessas delimitações, foram avaliados somente os materiais empregados em etapas cuja mensuração direta em canteiro fosse viável, assegurando maior precisão aos indicadores. Os insumos analisados e suas respectivas especificações estão apresentados no Quadro 3, que sintetiza os materiais estruturais e de vedação mais representativos do empreendimento.

**Quadro 3** – Materiais selecionados para análise do consumo real

<b>MATERIAL</b>	<b>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS</b>
Blocos cerâmicos	Com dimensões de 11,5x14x24cm, 11,5x19x24cm e 14x19x24cm
Concreto usinado	Classes 25 MPa e 30 MPa
Aços CA-50	Apresentando diâmetros de 25mm, 20mm, 16mm, 12,5mm, 10mm, 8mm e 6,3mm
Aço CA-60	Com o diâmetro de 5mm
Areia média	Agregado miúdo com módulo de finura entre 1,9 e 2,4
Brita 0	Agregado graúdo com granulometria entre 4,8–9,5 mm
Brita 1	Agregado graúdo com granulometria entre 9,5–19 mm

Pó de pedra	Subproduto da britagem com granulometria < 4,8 mm
Cimento Portland CP-II	Utilizado para argamassas e concretos
Cal hidratada	Aplicações em argamassas de revestimento
Argamassa colante	Classes AC-I, AC-II e AC-III
Pisos cerâmicos	De dimensões 90x90cm e 60x60cm
Placas Cerâmicas em Porcelana	Com dimensões 32x60cm

Fonte: o autor, 2025.

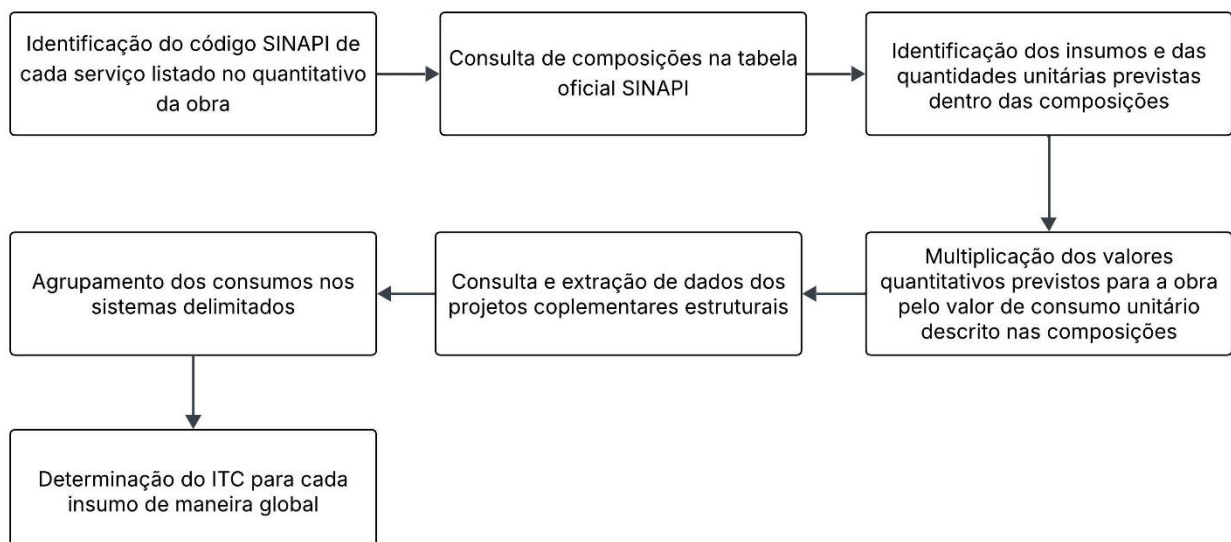
As classificações e especificações referentes aos agregados graúdos e miúdos foram estabelecidas conforme os critérios da ABNT NBR 7211:2019.

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES TÓRICOS DE CONSUMO A PARTIR DAS COMPOSIÇÕES DO SINAPI

Para a determinação do ITC (Indicador Teórico de Consumo) dos materiais, realizou-se uma análise integrada entre a planilha de quantitativos da obra e as composições de serviços do SINAPI, as quais estabelecem os consumos unitários de materiais por m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, quilograma ou unidade, conforme o tipo de serviço.

O procedimento metodológico adotado é apresentado na Figura 1, que sintetiza as etapas executadas para o processamento, classificação e consolidação dos dados obtidos.

**Figura 1** – Fluxograma das etapas para determinação do ITC dos materiais segundo o método adotado



Fonte: o autor, 2025.

Para a análise das composições dos serviços selecionados, foram identificados os códigos correspondentes na base SINAPI, organizados de acordo com cada sistema construtivo. Esses códigos, que serviram de referência para a extração dos consumos unitários e para o posterior cálculo do ITC, estão apresentados no Quadro 4.

**Quadro 4 – Códigos SINAPI utilizados por sistema selecionado**

<b>SISTEMA</b>	<b>CÓDIGOS SINAPI</b>
Muro de Arrimo	94965, 103354, 87894, 87792
Estrutura	94965, 103683, 74202/2
Piso	87765, 98681, 87620, 87680, 87755, 87700, 87255, 87263, 88650, 92396, 92397, 96621
Vedação Vertical	93187, 87313, 87792, 93393, 103354, 93201
Muro Externo	94965, 103354, 87894, 87792

Fonte: o autor, 2025.

Com o objetivo de padronizar os cálculos do ITC e do ICR, definiu-se nesta etapa a unidade de medida adotada para cada insumo, tomando como referência os padrões utilizados pelo SINAPI. As unidades consolidadas para o estudo encontram-se apresentadas no Quadro 5.

**Quadro 5 – Unidade de medida por insumo selecionado**

<b>INSUMO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>
Concreto usinado	m <sup>3</sup>
Aço	kg
Bloco cerâmico	unidade
Cal	kg
Areia	m <sup>3</sup>
Pó de pedra	m <sup>3</sup>
Brita	m <sup>3</sup>
Bloco ( <i>paver</i> )	m <sup>2</sup>
Piso cerâmico	m <sup>2</sup>
Placa cerâmica	m <sup>2</sup>
Argamassa colante	kg

Laje pré-moldada	m <sup>2</sup>
------------------	----------------

Fonte: o autor, 2025.

Ao final da etapa de identificação dos insumos por sistema, procedeu-se ao agrupamento dos materiais idênticos que apareciam em diferentes sistemas construtivos, realizando-se a somatória de suas quantidades totais. Em seguida, cada valor consolidado foi dividido pela área total construída do empreendimento (4.303,70 m<sup>2</sup>), resultando no cálculo do ITC correspondente a cada material. A Equação 2 demonstra o cálculo feito para obtenção deste indicador.

$$ITC = \left( \frac{\Sigma \text{material orçado}}{\text{Área total construída}} \right) \quad (2)$$

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DO INDICADOR DE CONSUMO REAL DOS INSUMOS MATERIAIS A PARTIR DA PLANILHA UNIFICADA DE COMPRAS

O ICR (Indicador de Consumo Real) foi obtido a partir da Planilha Unificada de Compras, a qual reúne todos os materiais adquiridos durante a execução da obra. Como o documento não discrimina a destinação de cada insumo, adotou-se o volume total comprado como medida representativa do consumo real.

Para viabilizar a comparação entre ICR e ITC, utilizaram-se as mesmas unidades de medida padronizadas no tópico anterior. Entretanto, alguns materiais foram adquiridos em unidades distintas daquelas definidas para o cálculo do ITC, exigindo procedimentos de conversão. As adaptações adotadas estão sintetizadas no Quadro 6.

**Quadro 6** – Procedimentos de conversão para padronização das unidades de medida dos materiais

INSUMO	UNIDADE DE COMPRA	PROCEDIMENTO DE CONVERSÃO
Cimento Portland	Sacos de 50 kg	Multiplicação do número de sacos × 50 para obter o total em kg
Cal hidratada	Sacos de 20 kg	Multiplicação do número de sacos × 20 para obter o total em kg
Argamassa colante (AC-II e AC-III)	Sacos de 20 kg	Multiplicação do número de sacos × 20 para obter o total em kg
Aços (CA-50 e CA-60)	Toneladas, quilogramas e unidades (barras de 12 m)	Conversão para kg conforme cada forma de aquisição

Fonte: o autor, 2025.

No caso das barras de 12 metros, a conversão para quilogramas foi realizada utilizando o peso linear correspondente a cada diâmetro, conforme especificado pela ABNT NBR 7480. Os valores de massa por metro linear empregados na conversão estão apresentados na Figura 2.

**Figura 2** – Massa linear do aço por diâmetro da barra (conforme NBR 7480)

Bitola		TIPO	Área de Aço	Peso Linear
mm	pol.	-	cm <sup>2</sup>	kg/m
4.2		CA-60	0,14	0,109
5.0	3/16"	CA-60	0,196	0,154
6.3	1/4"	CA-50	0,31	0,245
8.0	5/16"	CA-50	0,5	0,395
10.0	3/8"	CA-50	0,785	0,617
12.5	1/2"	CA-50	1,22	0,963
16.0	5/8"	CA-50	2,01	1,578
20.0	3/4"	CA-50	3,14	2,466
25.0	1"	CA-50	4,91	3,853
32.0	1 1/4"	CA-50	8,04	6,313

Fonte: ANBT NBR 7480, 2024.

Ao final do processo, com os materiais agrupados, cada valor foi dividido pela área total construída do empreendimento (4.303,70 m<sup>2</sup>), resultando no ICR correspondente a cada material. A equação aplicada em todos os casos foi a Equação 3.

$$ICR = \left( \frac{\sum \text{material comprado}}{\text{Área total construída}} \right) \quad (3)$$

#### 4.6 PROCEDIMENTOS DE COMPARAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com os valores ITC e ICR determinados para cada insumo selecionado, procedeu-se à etapa de comparação sistemática entre os indicadores, com o objetivo de avaliar a magnitude das diferenças observadas e compreender as causas que influenciaram o comportamento dos materiais no decorrer da execução. Essa análise foi estruturada de

forma a garantir consistência metodológica, rastreabilidade dos resultados e alinhamento com as referências nacionais e internacionais sobre desempenho material em edificações.

Inicialmente, calculou-se o CP% (Coeficiente de Perdas) para cada material, empregando a relação entre o ICR e o ITC, conforme a Equação 1 mencionada anteriormente.

Além da comparação entre ITC e ICR, procedeu-se à análise crítica das discrepâncias identificadas, com especial atenção a insumos sensíveis a perdas operacionais, como peças cerâmicas, argamassas e concreto. Também foram analisadas divergências significativas decorrentes de particularidades da obra estudada, como a integração entre sistemas pré-moldados e moldados *in loco* e o fornecimento de aço para execução dos elementos pré-moldados por empresa terceirizado, fato que justificou a necessidade de confrontar os quantitativos orçados com os detalhes do projeto estrutural para identificar a demanda teórica total de armaduras.

A análise também contemplou a comparação dos valores de ICR obtidos no estudo de caso com parâmetros de referência da literatura, incluindo indicadores de intensidade material ( $\text{kg/m}^2$ ) e inventários de ciclo de vida aplicados a edifícios residenciais e comerciais (Yokoyama; Yokoo; Oka, 2005; De Wolf, 2014; Surgelas, 2017; Muneron, 2021; Fishman, 2024). Essa comparação permitiu contextualizar os resultados nos cenários nacional e internacional, possibilitando identificar se os valores encontrados se aproximam de padrões esperados para edificações de tipologia e sistema construtivo semelhante ou se apresentam desvios relacionados a condições específicas do canteiro.

Com base nesse conjunto de análises, estruturaram-se diretrizes técnicas preliminares voltadas à racionalização dos processos construtivos, ao aprimoramento do controle de insumos e à mitigação das perdas ao longo do ciclo produtivo da obra. Essas diretrizes procuram alinhar-se às recomendações da literatura especializada e às evidências empíricas observadas no estudo de caso, constituindo subsídios para planejamento, orçamento e gestão em edificações verticais com o método construtivo similar.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo reúne e discute os resultados obtidos a partir da comparação entre o ITC (Indicador Teórico de Consumo) determinado pelas composições do SINAPI e pelos projetos estruturais disponíveis, e o ICR (Indicador de Consumo Real), extraído da Planilha Unificada de Compras da construtora. A análise conjunta desses indicadores permitiu identificar divergências relevantes entre o previsto e o executado, algumas decorrentes de características inerentes ao processo construtivo, como perdas operacionais, especificidades do sistema misto utilizado e variabilidade típica de serviços de revestimento e alvenaria. Já outras análises estão relacionadas a limitações de registro, ausência de dados completos ou incompatibilidades entre o orçamento e a execução.

Dessa forma, os resultados apresentados não devem ser interpretados exclusivamente como indicadores de perdas, mas também como desperdícios, reflexos da interação entre métodos de estimativa, práticas construtivas adotadas e grau de confiabilidade das informações disponíveis. A partir dessa avaliação crítica, torna-se possível compreender com maior precisão o comportamento dos materiais na obra estudada.

### 5.1 CONSUMO DE MATERIAIS

Durante a análise da PUComp (Planilha Unificada de Compras, foi observado que certos insumos materiais possuíam divergências para com os determinados pela SINAPI na planilha de quantitativos e orçamento. Nesta primeira etapa serão mostrados os valores encontrados de ITC (Indicador Teórico de Consumo) e ICR (Indicador de Consumo Real) da obra, para cada insumo.

**Quadro 7** – Valores dos indicadores teóricos e reais de consumo dispostos por insumo material

MATERIAL	ITC	ICR	UNIDADE
Concreto Usinado 25 MPa	0,085	0,003	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Concreto Usinado 30 MPa	-	0,090	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Cimento Portland CP-II	41,818	63,852	kg/m <sup>2</sup>
Barra de Aço ø25mm	1,256	-	kg/m <sup>2</sup>
Barra de Aço ø20mm	1,675	2,091	kg/m <sup>2</sup>

Barra de Aço $\varnothing$ 12,5mm	0,098	4,618	kg/m <sup>2</sup>
-----------------------------------	-------	-------	-------------------

**Quadro 7** – Valores dos indicadores teóricos e reais de consumo dispostos por insumo material (conclusão)

Barra de Aço $\varnothing$ 10mm	2,031	5,708	kg/m <sup>2</sup>
Barra de Aço $\varnothing$ 8mm	0,462	0,267	kg/m <sup>2</sup>
Barra de Aço $\varnothing$ 6,3mm	0,952	1,281	kg/m <sup>2</sup>
Barra de Aço $\varnothing$ 5mm	1,047	0,774	kg/m <sup>2</sup>
Bloco cerâmico 11,5X14X24cm	62,468	-	un/m <sup>2</sup>
Bloco cerâmico 11,5X19X24cm	-	0,853	un/m <sup>2</sup>
Bloco cerâmico 14X19X24cm	-	30,462	un/m <sup>2</sup>
Cal	12,446	15,842	kg/m <sup>2</sup>
Areia	0,198	0,233	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Pó de Brita	0,002	0,030	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Brita 0	-	0,047	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Brita 1	0,004	0,019	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Brita 2	0,002	-	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
Bloco <i>Paver</i> 20x10cm	0,246	0,286	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Piso Cerâmico	0,892	0,760	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Placa Cerâmica	0,444	0,463	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Argamassa Colante AC-I	8,394	-	kg/m <sup>2</sup>
Argamassa Colante AC-II ou AC-III	-	11,850	kg/m <sup>2</sup>
Laje Pré-Moldada treliçada	0,900	0,048	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>

Fonte: o autor, 2025.

## 5.2 PREMISSAS DE CALCULO

Certos insumos apresentavam diferenças entre os tipos de materiais orçados e comprados. Antes de realizar os cálculos de CP%, foi necessário levar em conta as peculiaridades e características de cada insumo apresentando divergências.

### 5.2.1 Concreto Usinado

Dentre os itens SINAPI utilizados na composição orçamentária deste estudo, sempre que havia concreto usinado, a resistência característica era de 25 Mpa. Os elementos estruturais do muro de arrimo (fundação, pilares e vigas) representam 7,68% do

concreto usinado extraído do quantitativo, enquanto os outros 93,32% estão destinados a concretagem da laje dos pavimentos 2 a 8 e dos elementos estruturais (viga e pilar) do pavimento 9 e reservatório elevado. Entrando em contato com o responsável da obra pela parte da construtora, foi possível compreender que a empresa terceirizada responsável pelo projeto estrutural prescreveu 30Mpa para o concreto usinado aplicado nestes elementos.

Desta forma, para poder obter um resultado mais próximo do real, considerou-se para o ICR total a somatória entre os valores de Concreto usinado 25 MPa e Concreto usinado 30 Mpa. Os resultados após a aplicação da Equação 01 estão dispostos no Quadro 8.

**Quadro 8** – Valores corrigidos dos indicadores teóricos e reais de consumo do concreto usinado

<b>MATERIAL</b>	<b>ITC</b>	<b>IC</b>	<b>UNIDADE</b>
Concreto Usinado	0,086	0,093	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

Fonte: o autor, 2025.

### 5.2.2 Argamassas colantes

Todas as composições SINAPI estudadas que citavam o uso de argamassa colante prescreviam o tipo AC-I em sua lista de insumos. Segundo o engenheiro responsável da obra, a argamassa colante AC-I não é muito utilizada, pois apesar de possuírem valores mercadológicos maiores, as argamassas colantes AC-II e AC-III possuem melhor desempenho, a informação foi cruzada e confirmada pela orçamentista da obra, que informou que a construtora sempre utiliza AC-II e AC-III, e que para compor o orçamento, muda o valor do custo do insumo sem alterar sua composição.

Por isso, para o valor do ITC da argamassa colante será mantido, mas o novo ICR será proveniente da soma dos valores encontrados para AC-II e AC-III. Os novos valores, bem como a aplicação a Equação 1 estão dispostos no quadro abaixo:

**Quadro 9** – Valores corrigidos dos indicadores teóricos e reais de consumo da argamassa colante

<b>MATERIAL</b>	<b>ITC</b>	<b>ICR</b>	<b>UNIDADE</b>
Argamassa Colante	8,394	11,850	kg/m <sup>2</sup>

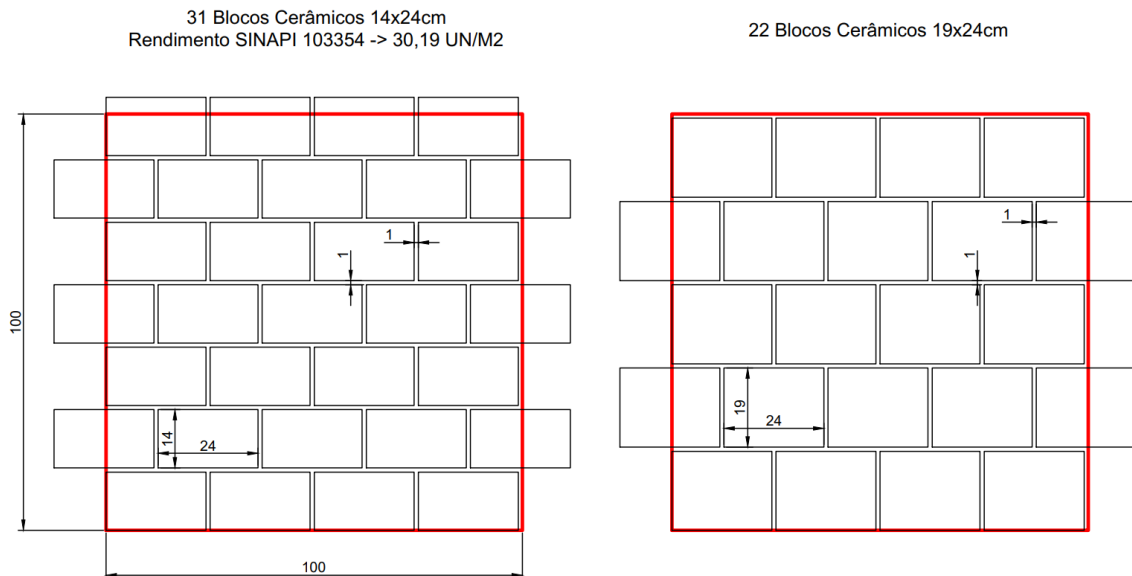
Fonte: o autor, 2025.

### 5.2.3 Bloco cerâmico

Ao conversar com o mestre de obras sobre as etapas da execução, foi relatado os blocos utilizados no muro de arrimo tratavam-se de blocos estruturais, com dimensões 19x19x39cm. Como este material não estava delimitado no escopo e a quantidade de blocos cerâmicos utilizados na alvenaria dos muros de arrimo representa apenas 2,77% dos blocos estimados para a obra como um todo, optou-se por desconsiderar esta quantidade no novo índice ITC.

Algo importante a se constatar é que blocos cerâmicos presentes nas composições SINAPI da vedação dos muros externos, muro de arrimo e fechamento vertical da obra como um todo, estavam listados como Bloco cerâmico 11,5x14x24cm com espessura de 11,5cm e 9 furos na horizontal. Entretanto, a PUComp traz a informação de que foram comprados Blocos cerâmicos de 14x19x24cm, com espessura de 14cm e 11,5x19x24cm, com espessura de 11,5cm.

Por terem dimensões diferentes, o rendimento dos blocos cerâmicos por m<sup>2</sup> também varia. Segundo o caderno técnico da composição SINAPI utilizada na planilha de insumos (103354), o rendimento dos blocos cerâmicos 11,5x14x24cm é de 30,19Unidades/m<sup>2</sup> de alvenaria de vedação. Infelizmente, ambos os blocos cerâmicos comprados não possuem referência SINAPI. Como forma de buscar desenvolver um valor aproximado de rendimento por m<sup>2</sup> de alvenaria para os insumos comprados, foi desenvolvido um pequeno desenho representando 1 m<sup>2</sup> de parede. Dentro de uma forma geométrica de dimensões 100x100cm, foram inseridos retângulos de dimensões 19x24cm com o objetivo de representar os blocos comprados. Optou-se por espaçar a argamassa de assentamento conforme descrito no caderno técnico da composição SINAPI 103354, isto é, 1cm. Como a dimensão distinta entre os blocos cerâmicos comprados foi a espessura, optou-se por considerar o rendimento dos blocos cerâmicos (unidade/m<sup>2</sup> de parede) equivalente para ambos. Na Figura 3 são apresentados os estudos e os resultados obtidos.

**Figura 3 – Estudo de rendimento dos blocos cerâmicos**

Fonte: o autor, 2025.

Analisando a figura é possível observar que a quantidade de blocos cerâmicos comprados (11,5x19x24cm e 14x19x24cm) seria de aproximadamente 22 unidades/m<sup>2</sup>. Este valor apresenta uma redução de 27,13% com relação ao rendimento dos blocos encontrados na SINAPI. Para uniformizar as unidades, no caso do ICR, optou-se em manter e somar as unidades dos blocos cerâmicos, e para o ITC, foi aplicada a redução de 27,13% para simular um estudo de composição utilizando as dimensões dos blocos comprados. Os novos valores e CP% encontram-se no quadro abaixo.

**Quadro 10 – Valores corrigidos dos indicadores teóricos e reais de consumo do bloco cerâmico**

MATERIAL	ITC	ICR	UNIDADE
Bloco Cerâmico 14x19x24cm	44,2	31,3	un/m <sup>2</sup>

Fonte: O autor, 2025.

### 5.3 COEFICIENTE DE PERDAS DOS MATERIAIS

Após realizar as considerações citadas no tópico anterior, calculou-se as taxas de CP% (Coeficiente de Perdas) para todos os demais insumos. O Quadro 11 apresenta de maneira unificada todos os resultados obtidos. Os itens em vermelho são para ilustrar de forma rápida materiais que não puderam ter uma avaliação precisa do CP%. Os motivos e discussões sobre os valores encontram-se nos tópicos referenciados para cada

material.

**Quadro 11** – Valores ITC, ICR e CP% de todos os insumos

CATEGORIA	MATERIAL	ITC	ICR	UN.	CP%	REFERÊNCIA
Concreto	Concreto Usinado	0,086	0,093	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	8,11%	5.3.1
	Brita 0	0	0,047	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	-	5.3.2
	Brita 1	0,004	0,019	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	334,53%	5.3.2
	Brita 2	0,002	0	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>		5.3.2
Cimentício	Cimento Portland CP-II	41,818	63,852	kg/m <sup>2</sup>	52,69%	5.3.3
	Cal	12,446	15,842	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	27,29%	
	Areia	0,168	0,233	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	38,84%	5.3.4
	Pó de Brita	0,002	0,030	kg/m <sup>2</sup>	1164,48%	5.3.2
	Argamassa Colante	8,394	11,850	un/m <sup>2</sup>	41,18%	5.3.5
Cerâmico	Bloco cerâmico	44,292	31,315	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	-29,30%	5.3.6
	Piso Cerâmico	0,892	0,760	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	-14,84%	5.3.7
	Placa Cerâmica	0,444	0,463	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	4,10%	5.3.8
Pré-Moldado	Bloco <i>Paver</i>	0,246	0,286	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	16,29%	5.3.9
	Laje Pré-Moldada treliçada	0,900	0,048	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	-94,71%	5.3.10
Aço	Barra de Aço ø25mm	1,256	0	kg/m <sup>2</sup>	-100,00%	5.3.11
	Barra de Aço ø20mm	1,675	2,091	kg/m <sup>2</sup>	24,86%	
	Barra de Aço ø12,5mm	0,098	4,618	kg/m <sup>2</sup>	4611,84%	
	Barra de Aço ø10mm	2,031	5,708	kg/m <sup>2</sup>	180,99%	
	Barra de Aço ø8mm	0,462	0,267	kg/m <sup>2</sup>	-42,29%	
	Barra de Aço ø6,3mm	0,952	1,281	kg/m <sup>2</sup>	34,53%	
	Barra de Aço ø5mm	1,047	0,774	kg/m <sup>2</sup>	-26,06%	

Fonte: o autor, 2025.

### 5.3.1 Concreto Usinado

A variação positiva observada para o concreto usinado, correspondente a um CP% de 8,11%, indicando que o consumo real superou o consumo teórico em aproximadamente 16 m<sup>3</sup>. Esse comportamento encontra respaldo na literatura, que aponta que valores típicos variando entre 3% e 8% (Fávaro, 2022). Os valores de perda são frequentemente associados a sobras de caminhão, falhas de lançamento ou escorrimientos nas fôrmas, enquanto que os desperdícios podem advir da necessidade de preenchimento adicional de elementos estruturais (Muneron, 2021).

No caso da obra analisada, é plausível que, durante a concretagem de determinados elementos, existissem pilares, vigas ou apoios complementares já armados e com fôrmas montadas, mas não contemplados no quantitativo teórico, absorvendo parte desse volume excedente. A literatura também destaca que interfaces entre sistemas pré-moldados e elementos moldados *in loco* podem demandar ajustes volumétricos pontuais, contribuindo para o aumento do consumo real de concreto (Savas, 2021). Assim, o valor encontrado, ainda que ligeiramente acima da faixa considerada ótima, permanece alinhado ao comportamento esperado em obras com características híbridas e elevado grau de variabilidade executiva.

### 5.3.2 Brita 0, brita 1, brita 2 e Pó de pedra

A análise dos agregados miúdos e graúdos apresentou resultados atípicos, especialmente no caso do pó de pedra e da brita 1, cujos coeficientes de perdas extrapolam em muito os valores usualmente encontrados na literatura. O CP% do pó de pedra foi de 1164,48%, enquanto a brita 1 apresentou 334,53%. Já para a brita 0, o cálculo do CP% sequer foi possível, uma vez que o quantitativo previsto no orçamento era igual a zero, mas houve a aquisição de 202 m<sup>3</sup> desse material ao longo da obra.

Essas discrepâncias sugerem que tais indicadores não representam perdas ou desperdícios reais, mas sim fortes inconsistências entre o que foi previsto nas composições teóricas e o que de fato ocorreu no canteiro. No orçamento elaborado com base na SINAPI, o pó de pedra e a brita 2 foram previstos apenas para o assentamento dos *pavers*. Entretanto, segundo o engenheiro residente, todo o chapisco da edificação foi executado com um traço que incluía pó de pedra. Embora o traço específico não tenha sido registrado, a observação permite inferir que parte significativa do consumo desse insumo está associada às argamassas, que já apresentaram perdas elevadas (como demonstrado

nos tópicos referentes ao cimento, cal e areia). Dessa forma, a ausência dessa informação no orçamento compromete completamente a interpretação do CP%, inflando artificialmente o valor calculado.

Situação semelhante ocorre com a brita 1. O CP% extremamente elevado indica que o quantitativo previsto foi subestimado em relação à realidade da obra. A utilização de brita 1 pode ter ocorrido em diversas etapas não contempladas ou mal classificadas no orçamento, como reforços estruturais complementares, lastros, pequenas bases de apoio, nivelamentos, regularizações ou até concretagens adicionais não previstas originalmente. A literatura confirma que inconsistências entre o orçamento e a execução são comuns em obras com múltiplos pequenos volumes de concreto produzidos *in loco*, sobretudo quando há ajustes de projeto ou mudanças de estratégia durante o andamento do empreendimento (Bronstrup, 2014; Saade; Silva; Gomes, 2014).

No caso da brita 0, embora o orçamento previsse consumo zero, foram adquiridos 202 m<sup>3</sup> do material. A brita 0 é frequentemente utilizada em concretos estruturais, calçadas, regularizações de sub-base e preparo de canteiros, e pode ter sido empregada em etapas não discriminadas nos quantitativos ou em atividades de melhoria de acessos internos. Além disso, o engenheiro responsável confirmou que todo o lastro utilizado na execução do *paver* foi de brita 0, e não brita 2, como descreve a composição SINAPI. Assim, a diferença entre previsão e execução não configura perda, mas sim uma ausência de previsão adequada no orçamento, o que inviabiliza qualquer análise baseada no CP%.

Diante desses fatores, torna-se evidente que os valores obtidos para esses agregados são consequência direta de lacunas no registro, omissões nas composições utilizadas e divergências entre o orçamento SINAPI e o método construtivo efetivamente adotado, e não de desperdícios reais da obra. Os CP% calculados, portanto, não devem ser interpretados como indicadores de desempenho, mas como sinalizadores importantes de que certos serviços executados não foram devidamente contemplados nas composições originais.

#### 5.4.3 Cimento e Cal

Na obra analisada, a maior parte do concreto empregado foi pré-moldado; assim, o cimento comprado foi destinado predominantemente à produção de argamassas de assentamento e revestimento. A cal adquirida está associada exclusivamente às

argamassas de revestimento. A análise revelou um Coeficiente de Perdas (CP%) de 52,69% para o cimento e 27,29% para a cal, valores substancialmente elevados e que indicam perdas ou desperdícios significativos.

Esses valores elevados encontram explicações, em partes, na estrutura de informalidade predominante no setor da construção civil brasileiro. Em 2021, segundo a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), aproximadamente 7,5 milhões de trabalhadores ocupados no setor, cerca de 3,8 milhões eram informais, correspondendo a mais da metade da força de trabalho da construção. A predominância de trabalhadores por conta própria ou sem vínculos formais (empregados sem carteira) costuma reduzir o controle sobre quantidades utilizadas, preparo de argamassa, registro de consumo e qualidade na execução, fatores diretamente associados a perdas, retrabalhos, desperdício e baixa produtividade (Dieese, 2020; Cbic, 2022).

O processo tradicional de revestimento manual de cerâmicas com argamassa, realizado com colher de pedreiro e desempenadeira, depende fortemente da habilidade e experiência do pedreiro. A literatura aponta que esse método é altamente suscetível a erros de dosagem, uso excessivo de argamassa, desperdício durante o assentamento, sobras descartadas, retraços ou preparação inadequada, especialmente quando realizado por equipes com pouca qualificação ou com grande rotatividade, como ocorre com frequência em contextos informais (Bronstrup, 2014; Fávoro, 2022).

Dessa forma, os valores de CP% observados para cimento e cal, embora elevados, são coerentes com as condições de execução da obra e com o perfil socioeconômico e laboral do setor. Esse resultado evidencia a importância de promover práticas de controle mais rigorosas, adoção de padronização no preparo das argamassas e capacitação de mão de obra, de modo a reduzir desperdícios e perdas e melhorar a eficiência material em edificações verticais no Brasil.

#### 5.4.4 Areia

A areia apresentou um CP% de 38,84%, valor considerado elevado e coerente com o comportamento das argamassas, que também registraram perdas significativas. Como componente essencial tanto das argamassas de assentamento quanto das de revestimento, a areia tende a refletir diretamente as ineficiências dessas etapas. A

literatura aponta que perdas de agregados miúdos podem ocorrer por diversos mecanismos, incluindo transporte inadequado, manuseio excessivo, segregação, contaminação e falhas no armazenamento (Bronstrup, 2014; Fávaro, 2022).

No contexto da obra analisada, fatores climáticos também podem ter contribuído para esse resultado. Foz do Iguaçu apresenta elevados índices pluviométricos ao longo do ano, o que aumenta a probabilidade de perdas por arraste superficial, encharcamento e lavagem do material quando depositado em áreas abertas ou com proteção insuficiente. Estudos de obras a céu aberto demonstram que agregados miúdos são particularmente vulneráveis à umidade e ao escoamento superficial, podendo sofrer perdas substanciais quando armazenados sobre solos não impermeabilizados ou sob coberturas improvisadas (De Oliveira *et al.*, 2022). Além disso, a areia pode apresentar perdas durante o transporte interno, especialmente quando movimentada por carrinhos de mão, pás ou retroescavadeiras, práticas comuns em canteiros brasileiros e associadas a índices de desperdício relevantes (Bronstrup, 2014).

Outro aspecto que explica o alto CP% é a falta de padronização na execução das argamassas. Quando não há rigor na dosagem, medição volumétrica ou controle de umidade da areia, há tendência de se utilizar maior quantidade do que a prevista em projeto ou composição teórica, ampliando o consumo real. Esse cenário se agrava em obras com equipes com pouca experiência ou alta rotatividade, fenômeno comum no setor da construção civil nacional, como explicado anteriormente.

A adoção de práticas de construção enxuta (*Lean Construction*) apresenta-se como alternativa eficaz para reduzir perdas desse tipo. Princípios como organização do canteiro, fluxo contínuo, redução de variabilidade e padronização das rotinas de produção têm demonstrado impacto direto na diminuição de desperdícios em serviços de argamassa e manuseio de agregados (Lucena; Rodrigues; Ribeiro, 2022). Estudos indicam que a implementação de sistemas de proteção de materiais, mapeamento de fluxo de valor e padronização do processo de preparo de argamassas pode reduzir significativamente o consumo excessivo de areia, resultando em CP% menores e melhor eficiência operacional (Agopyan *et al.*, 1998; Lucena *et al.*, 2022).

Dessa forma, o valor encontrado para o CP% da areia, embora elevado, é compatível com o conjunto de fatores observados: alta dependência de argamassas com

perdas significativas, vulnerabilidade a intempéries, deficiências no armazenamento e transporte interno, e ausência de práticas sistematizadas de produção enxuta no canteiro.

#### 5.4.5 Argamassa colante

O coeficiente de perdas obtido para a argamassa colante foi de 41,18%, valor substancialmente superior ao previsto e muito acima das faixas consideradas típicas na literatura. Estudos nacionais indicam que perdas usuais para argamassas industrializadas variam entre 5% e 15%, podendo atingir valores mais altos (20%, 25%) em obras com baixa padronização ou intensa variabilidade no preparo e aplicação (Bronstrup, 2014; Fávaro, 2022). Assim, o valor encontrado nesta obra configura um desvio expressivo, que exige análise detalhada quanto às causas possíveis.

Um ponto relevante é que as argamassas colantes efetivamente utilizadas na obra não correspondem às utilizadas no orçamento baseado no SINAPI. Enquanto as composições SINAPI adotam argamassa colante AC-I como referência-padrão para assentamento de revestimentos internos, a construtora adota sistematicamente AC-II e AC-III, conforme confirmado pela orçamentista e pelo engenheiro residente. Essas classes apresentam maior desempenho técnico, melhor aderência e são indicadas para pisos de tráfego mais intenso, áreas úmidas e revestimentos com requisitos superiores de resistência. Isso significa que o insumo real utilizado possui características de maior densidade, consumo distinto por m<sup>2</sup> e custos superiores, o que naturalmente compromete a comparabilidade com o ITC derivado das composições padronizadas.

Essa divergência entre o material orçado (AC-I) e o material executado (AC-II/AC-III) pode ser interpretada como um indício de que a SINAPI não reflete plenamente a prática das construtoras de médio porte, sobretudo em regiões onde o uso de argamassas de maior desempenho é mais difundido. A literatura sugere que diferenças entre composições teóricas e insumos realmente empregados são fontes frequentes de discrepância entre ITC e ICR, podendo distorcer análises de perdas quando não consideradas explícita e metodologicamente (Saade; Silva; Gomes, 2014; Muneron, 2021). Embora essa observação não permita conclusões definitivas, ela aponta para a necessidade de investigações futuras, incluindo estudos de caso adicionais, entrevistas com empresas e comparação entre regiões, para avaliar se o SINAPI subestima o consumo

real de argamassas colantes de maior desempenho.

Perdas de argamassa colante podem ocorrer por mecanismos diferentes dos revestimentos cerâmicos, tais como: preparação em lotes maiores que o necessário (sobras endurecidas descartadas), contaminação por umidade e endurecimento precoce por variações climáticas, especialmente em regiões de alta temperatura, já desperdícios podem ser atrelados a espessura excessiva no assentamento, falhas na regularização prévia da base (Agopyan *et al.*, 1998; Bronstrup, 2014). Além disso, situações de retrabalho, necessidade de reposicionamento de peças e correções de planeza podem aumentar significativamente o consumo de argamassa, mesmo quando o revestimento final apresenta bom aproveitamento.

Assim, embora o CP% encontrado seja elevado, ele pode ser explicado pela combinação da divergência entre o tipo de argamassa colante orçada e a realmente utilizada, características técnicas mais exigentes dos produtos AC-II e AC-III; e mecanismos de perda próprios do processo de aplicação, que não se refletem diretamente nas perdas de peças cerâmicas. O resultado aponta para a necessidade de maior padronização nas composições de referência e reforça a importância de registrar insumos com maior precisão nas etapas de planejamento e orçamento.

#### 5.4.6 Blocos Cerâmicos

O comportamento dos blocos cerâmicos apresentou um resultado inesperado: o coeficiente de perdas foi de -29,3%, indicando que o volume de blocos efetivamente comprado foi significativamente inferior ao previsto pelas composições teóricas do SINAPI. Esse resultado contraria as expectativas para este tipo de material, uma vez que a literatura aponta que blocos cerâmicos estão entre os insumos mais suscetíveis a perdas em canteiros, com índices que frequentemente variam entre 10% e 25%, devido a quebras no transporte, cortes para passagem de instalações, manuseio inadequado e retrabalho (Agopyan *et al.*, 1998; Bronstrup, 2014; Fávoro, 2022)

Tratando-se exclusivamente da vedação vertical, a quantidade estimada de Blocos Cerâmicos com dimensões 11,5x14x24 cm foi de 258.720 unidades, considerando o índice SINAPI 103.354 com rendimento de 30,19 unidades/m<sup>2</sup> de alvenaria de vedação. Já para os Blocos Cerâmicos com dimensões 11,5x19x24cm e 14x19x24cm, com consumo

estimado pelo autor de 22 unidades/m<sup>2</sup> de alvenaria, a quantidade comprada foi de 134.700 unidades. A fim de buscar entender e explicitar esses valores, o Quadro 12 apresenta a informação da expectativa de m<sup>2</sup> de parede construída, baseado na quantidade de blocos comprados ou orçados multiplicados pelo seu rendimento.

**Quadro 12** – Quadro comparativo entre rendimentos de blocos cerâmicos

	<b>MATERIAL</b>	<b>RENDIMENTO (UN/M<sup>2</sup>)</b>	<b>BLOCOS COMPRADOS OU ORÇADOS</b>	<b>M<sup>2</sup> DE PAREDE CONSTRUIDA</b>
<b>1</b>	Bloco Cerâmico 11,5X14X24cm (Orçado)	30,19	258.720	8.905
<b>2</b>	Bloco Cerâmico 11,5X14X24cm (Orçado)	22	258.720	11.760
<b>3</b>	Bloco Cerâmico 11,5X14X24cm (Orçado)	22	195.910	8.905
<b>4</b>	Bloco Cerâmico (11,5 ou 14)X19X24cm (Comprado)	22	134.770	6.126
<b>5</b>	Bloco Cerâmico (11,5 ou 14)X19X24cm (Comprado)	22	195.910	8.905

Fonte: o autor, 2025.

Quando analisado em detalhe, o Quadro 12 revela que a estimativa inicial se baseou em um rendimento teórico de 30,19 unidades/m<sup>2</sup>, resultando em um total de 268.925 blocos previstos para a execução de 8.905 m<sup>2</sup> de paredes. Porém, a quantidade real adquirida foi de 134.770 unidades, valor metade do estimado. Mesmo ao aplicar um rendimento realista de 22 unidades/m<sup>2</sup>, compatível com o padrão construtivo da obra e com valores observados na literatura, a quantidade adquirida corresponderia à execução de apenas 6.126 m<sup>2</sup>, ou seja, muito abaixo do volume total de vedação da edificação.

A diferença significativa entre o volume de blocos cerâmicos previsto e o volume efetivamente adquirido sugere que o CP% negativo não representa propriamente um desempenho altamente eficiente, mas sim possíveis inconsistências nos dados utilizados para o cálculo do consumo real. Uma primeira hipótese refere-se à possibilidade de registros incompletos na Planilha Unificada de Compras, situação comum em obras com múltiplos fornecedores e entregas fracionadas, em que parte das notas fiscais pode não ter sido incorporada ao documento consolidado.

Além disso, é possível que compras de blocos destinadas a áreas específicas, como muros externos, áreas técnicas ou pequenas reformas, tenham sido

alocadas em centros de custo distintos, impedindo que esses volumes fossem contabilizados no ICR.

Outra explicação plausível envolve divergências entre os rendimentos teóricos adotados nas composições da SINAPI e os rendimentos reais obtidos no canteiro, uma vez que variações geométricas, interferências de instalações, paginações irregulares e ajustes executivos podem alterar substancialmente o desempenho produtivo. Assim, o CP% negativo deve ser interpretado com cautela, pois a magnitude do desvio indica que a discrepância provavelmente decorre de limitações de registro e divergências metodológicas, e não de um consumo excepcionalmente eficiente do material.

#### 5.4.7 Piso Cerâmico

O Coeficiente de Perdas calculado para o piso cerâmico foi de  $-14,84\%$ , indicando que o consumo real registrado foi inferior ao previsto. Esse comportamento não sugere necessariamente a eficiência excepcional no uso do material, mas sim, aponta para um possível superdimensionamento na etapa de orçamento. Em composições teóricas, como as do SINAPI, os coeficientes de consumo para pisos cerâmicos são definidos a partir de condições padronizadas e tendem a incorporar margens de segurança que, em alguns casos, podem não refletir a realidade geométrica do projeto ou as características específicas do empreendimento.

A literatura indica que revestimentos cerâmicos de piso, especialmente em ambientes amplos e com geometria simples, costumam apresentar perdas menores do que as encontradas em revestimentos de parede (Bronstrup, 2014; Fávoro, 2022). Entretanto, o valor negativo observado no presente estudo sugere que o quantitativo previsto foi superestimado, e não que a obra tenha apresentado desempenho excepcional na aplicação do revestimento. Essa discrepância pode estar associada à adoção de um coeficiente de consumo padronizado maior do que o necessário para o tipo de paginação utilizado ou às diferenças entre as condições assumidas nas composições teóricas e aquelas efetivamente encontradas no canteiro.

Assim, o CP% negativo não deve ser interpretado como sinal de subconsumo indevido ou de ganho de produtividade, mas como uma indicação de que o orçamento superavaliou a quantidade necessária de piso cerâmico para a obra. Esse

achado reforça a importância de ajustar os coeficientes de consumo utilizados em orçamentos de edificações verticais, considerando as especificidades do projeto arquitetônico e o padrão de paginação adotado, a fim de evitar distorções significativas entre o ITC e o ICR.

#### 5.4.8 Placa Cerâmica

As placas cerâmicas utilizadas no revestimento vertical são materiais intrinsecamente frágeis e altamente suscetíveis a danos durante o manuseio, corte e assentamento. Por essa razão, a literatura aponta que perdas elevadas são comuns nesse tipo de revestimento, podendo variar de acordo com o nível de qualificação da mão de obra, condições do canteiro e complexidade geométrica das paredes (Bronstrup, 2014; Fávaro, 2022). Perdas associadas ao corte de peças para alinhamento, quebras por quedas, manuseio inadequado e transporte interno são consideradas rotineiras em obras de médio porte, especialmente quando o revestimento é executado de forma artesanal.

Apesar disso, o CP% encontrado para as placas cerâmicas de parede foi de 4,10%, valor significativamente inferior à faixa típica de 5 a 12% observada em estudos nacionais (Bronstrup, 2014; Fávaro, 2022). Esse resultado indica um desempenho acima da média para este insumo, sugerindo um melhor controle operacional no manuseio das peças e da execução do serviço, uma vez que esta peça cerâmica apresenta maior valor de compra e pequenos danos por vezes resultam no descarte completo da peça.

Além disso, segundo informações do responsável pelo setor de compras da construtora, parte do excedente adquirido foi proposital, como estratégia preventiva de manutenção. A empresa optou por adquirir quantidade adicional de placas com o objetivo de suprir eventuais demandas futuras de reparo ou substituição, considerando que lotes distintos de fabricação podem apresentar variação de tonalidade, calibres e textura. A prática é amplamente recomendada em manuais técnicos de revestimento cerâmico e reconhecida pela literatura como componente importante da gestão de materiais, uma vez que reduz riscos de incompatibilidade estética em intervenções futuras (Muneron, 2021).

É claro que essa prática resultou diretamente no aumento do Indicador Teórico de Consumo da placa cerâmica, aproximando ainda mais os valores de ITC e ICR.

Possivelmente se a construtora não tivesse adicionado esse excedente no orçamento, o valor de CP% seria maior.

#### 5.4.9 Piso Intervalado (*Paver*)

O coeficiente de perdas calculado para o piso intertravado (*paver*) foi de 16,29%, indicando um consumo real ligeiramente superior ao previsto pelas composições teóricas. Embora o valor seja maior que o estimado, ele não se distancia significativamente das faixas de perda usualmente observadas para pavimentos modulares, que podem variar entre 10% e 20%, especialmente em áreas com maior quantidade de recortes, ajustes perimetrais e interferências geométricas (Agopyan *et al.*, 1998; Bronstrup, 2014).

Esse sobreconsumo pode estar associado às características específicas do assentamento do *paver*, serviço que normalmente exige ajustes nas extremidades, cortes para adaptação ao desenho do pavimento, correções de alinhamento e substituição de peças que sofrem lascamento durante a compactação mecânica, fatores inerentes ao sistema de pavimentação com blocos intertravados.

Outro aspecto relevante é que o *paver* é um insumo modular, padronizado e de longa durabilidade, o que o torna facilmente reaproveitável entre diferentes obras da mesma construtora. Em empresas que executam diversos empreendimentos simultaneamente, é prática comum utilizar excedentes de um canteiro em outro, seja para pátios operacionais, calçadas, áreas externas ou acessos provisórios. Assim, parte do quantitativo adquirido para esta obra pode não representar perda efetiva, mas sim material remanescente realocado para outros projetos, o que reduz o impacto econômico e operacional do CP% positivo observado.

Portanto, embora o coeficiente de perdas do *paver* tenha sido superior ao previsto, sua magnitude não indica um problema relevante de perdas. Pelo contrário, ele se encontra dentro de um comportamento esperado para este tipo de pavimentação, e sua característica de reutilização prática entre obras mitiga substancialmente os efeitos desse excedente. Dessa forma, o CP% deve ser interpretado de forma que considere tanto as particularidades do sistema de execução quanto a política de reaproveitamento adotada

pela empresa.

#### 5.4.10 Laje pré-moldada

A análise referente à laje pré-moldada apresenta limitações significativas decorrentes da indisponibilidade de dados completos. O ITC deste insumo considera os elementos de laje instalados do segundo ao nono pavimento, sendo que a execução (montagem, escoramento e concretagem complementar) foi realizada pela empresa executora. Contudo, o fornecimento das vigotas, lajotas e demais componentes pré-fabricados referentes aos pavimentos do segundo ao oitavo foi integralmente de responsabilidade da empresa terceirizada especializada em pré-moldados, que também elaborou o projeto estrutural da superestrutura. Como os dados de orçamento e quantitativos internos dessa fornecedora não foram disponibilizados, não foi possível reconstituir com precisão o consumo teórico completo das lajes pré-moldadas.

A Planilha Unificada de Compras (PUComp) da construtora registra apenas aquisições pontuais relacionadas ao fechamento do reservatório superior e a ajustes específicos em etapas finais, não representando o volume real empregado nos pavimentos intermediários. Assim, o ICR obtido para este insumo não corresponde ao consumo total da edificação, inviabilizando a comparação direta com o ITC e impossibilitando o cálculo confiável do CP%. Situação semelhante é destacada por autores que analisam sistemas industrializados, os quais afirmam que a ausência de rastreabilidade dos fornecimentos de pré-moldados compromete a estimativa precisa de perdas e o mapeamento do consumo real (De Wolf, 2014; Muneron, 2021; Savas, 2021). Dessa forma, qualquer interpretação do CP% para as lajes pré-moldadas seria metodologicamente incorreta, devendo esse insumo ser tratado como não comparável dentro do escopo desta pesquisa.

#### 5.4.11 Barras de Aço

A análise do consumo de aço apresentou desafios significativos decorrentes de particularidades do sistema construtivo e da forma como os insumos foram adquiridos e registrados. Inicialmente, ao se comparar o ICR obtido a partir da Planilha Unificada de Compras com o ITC calculado com base nos quantitativos e nas composições do SINAPI, identificou-se uma discrepância expressiva: aproximadamente 20 toneladas

adicionais de aço haviam sido compradas em relação ao previsto. Diante desse cenário atípico, tornou-se necessário investigar a origem dessa diferença para evitar interpretações equivocadas do Coeficiente de Perdas.

Segundo informações fornecidas pela empresa construtora, o valor extraordinariamente elevado de aço adquirido está relacionado ao acordo estabelecido com a empresa terceirizada responsável pela estrutura pré-moldada. Embora a execução dos elementos estruturais industrializados (vigas, pilares e armaduras negativas das lajes pré-fabricadas) fosse responsabilidade da terceirizada, todo o aço utilizado nesses componentes foi fornecido pela própria construtora, como estratégia para reduzir custos globais da obra. Em outras palavras, o aço destinado aos elementos pré-moldados foi registrado na PUComp, mas não fazia parte do escopo do orçamento original, gerando um descompasso estrutural entre ITC e ICR. Situações semelhantes são destacadas por (De Wolf, 2014) e (Muneron, 2021), que enfatizam que, em sistemas híbridos, o compartilhamento de insumos entre etapas industrializadas e moldadas *in loco* compromete a rastreabilidade dos consumos e dificulta o cálculo preciso das perdas.

Para esclarecer a magnitude do aço previsto, os projetos estruturais foram solicitados e analisados detalhadamente. Para os pilares, o projeto apresentava uma tabela-resumo de aço, já contendo o acréscimo usual de 10% relativo às perdas de corte e dobra, conforme prática recomendada em obras de concreto armado (UNIAS, 2021). Para a armadura negativa das lajes do pavimento tipo, foi possível extrair os valores diretamente dos detalhamentos, que apresentavam o número, diâmetro e comprimento das barras em ambos os eixos. O somatório desses valores resultou em uma estimativa razoável do consumo teórico das armaduras superiores.

Entretanto, a maior limitação recaiu sobre o projeto das vigas do sistema pré-moldado, composto por 56 pranchas distintas sem tabelas-resumo de aço. Os detalhamentos apresentavam barras identificadas por nomenclaturas como N1, N2, N3, porém não havia consolidação dos quantitativos no projeto. Tentativas de obter os arquivos de cálculo gerados pelo software utilizado pela empresa de pré-moldados ou o orçamento interno dessa fornecedora não tiveram sucesso. Assim, tornou-se inviável, dentro do prazo de execução desta pesquisa, realizar manualmente o levantamento integral das barras de viga, pois a tarefa demandaria um esforço elevado e incompatível com a natureza de um TCC, conforme reconhecido em estudos sobre quantificação de aço em estruturas pré-

moldadas (Yokoyama; Yokoo; Oka, 2005; De Wolf, 2014).

Mesmo considerando o ITC parcialmente ajustado com os dados disponíveis (pilares, armadura negativa e estimativa do quantitativo da construtora) o valor ainda correspondia a aproximadamente metade do ICR registrado, evidenciando que uma parcela expressiva do aço adquirido corresponde a elementos da superestrutura pré-moldada que não integravam o escopo da análise original. Diante de todas essas restrições, e considerando que a literatura aponta perdas usuais de aço entre 0% e 10%, raramente ultrapassando esse valor em sistemas convencionais (De Wolf, 2014; Unias, 2021), seria metodologicamente incorreto interpretar esse desvio como perda. Assim, conclui-se que não é possível calcular ou discutir o CP% do aço de maneira robusta, optando-se pela exclusão desse indicador dos resultados comparados.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou estimar, comparar e interpretar os Indicadores Teórico (ITC) e Real de Consumo (ICR) de materiais aplicados na execução de uma edificação vertical de nove pavimentos e 4303,7 m<sup>2</sup> de área construída na cidade de Foz do Iguaçu-PR, empregando um sistema construtivo misto composto por estrutura pré-moldada e elementos moldados *in loco*. A partir da integração entre os projetos executivos, as composições do SINAPI e a Planilha Unificada de Compras da construtora, foi possível construir uma análise em partes consistente da eficiência material da obra, identificando padrões de desempenho, inconformidades e possíveis causas de divergências.

De maneira geral, os resultados evidenciaram que a diferença entre o previsto e o efetivamente consumido não pode ser interpretada apenas como perdas, desperdícios ou boa eficiência, mas como a manifestação de um conjunto de fatores interligados: limitações do orçamento baseado em composições padronizadas, variabilidade dos processos executivos, práticas específicas do canteiro e inconsistências nos registros de materiais adquiridos. Em insumos como concreto usinado, cimento, areia, argamassas e alguns agregados, os coeficientes de perdas foram elevados, refletindo a complexidade dos serviços artesanais, a qualificação da mão de obra e a ausência de padronização plena no preparo de misturas. Esses resultados dialogam diretamente com a literatura nacional, que reporta que perdas significativas continuam sendo uma realidade do setor, especialmente em atividades dependentes de habilidade manual, como revestimentos e argamassas.

Por outro lado, materiais como pisos e placas cerâmicas apresentaram CP% baixos ou até negativos. Isso pode sugerir que, em determinados serviços, a combinação de maior atenção na execução, geometrias mais previsíveis e logística adequada contribui para um consumo mais racional; ou que há inconsistência de registros e estimativas.

O estudo também demonstrou a importância da rastreabilidade e da qualidade das bases de dados utilizadas. Em particular, neste estudo de caso, a análise de blocos cerâmicos, britas e pó de pedra revelou que parte significativa das discrepâncias encontradas não está associada à perda real, mas a lacunas nos registros de compras, à inexistência de detalhamento adequado no orçamento ou a serviços executados que não

integraram as composições teóricas do SINAPI. Esse resultado reforça a necessidade de aprimorar os sistemas de controle interno das empresas, bem como de reavaliar a aderência das composições padronizadas à realidade dos canteiros.

A edificação analisada, por empregar um sistema misto que combina pré-moldado com execução artesanal, evidenciou como interfaces entre métodos produtivos distintos podem influenciar o consumo dos materiais. A ausência de dados completos da empresa terceirizada de pré-moldados, por exemplo, inviabilizou a análise do CP% do aço, revelando como a falta de integração informacional pode comprometer a avaliação da eficiência material em obras que envolvem múltiplos agentes. A presença de um Project Manager para realizar as compatibilizações de projetos, dados e informações poderia assegurar um aumento na qualidade de gestão e eficiência da obra no geral.

Por fim, os resultados obtidos reforçam a relevância de estudos desse tipo para o aprimoramento do planejamento, orçamento e gestão de obras no Brasil. A comparação entre ITC e ICR, quando conduzida de forma criteriosa, permite identificar gargalos, corrigir estimativas orçamentárias, aprimorar processos executivos e orientar decisões mais eficientes. Embora o presente trabalho tenha considerado as limitações inerentes a um estudo de caso, como a qualidade dos registros disponíveis e as especificidades da obra analisada, ele contribui com evidências importantes sobre o consumo real dos materiais e abre caminho para pesquisas futuras que explorem outros sistemas construtivos, diferentes regiões e metodologias de integração de dados.

Em síntese, os resultados mostram que a eficiência material na construção civil depende não apenas do desempenho no canteiro, mas também da precisão das estimativas, da qualidade dos registros, da integração entre setores e da maturidade dos sistemas produtivos.

Assim, o presente estudo não apenas alcançou seus objetivos, como também evidencia a necessidade de uma cultura de gestão mais robusta, orientada por dados reais e capaz de reduzir desperdícios, otimizar recursos e aprimorar o planejamento das obras. Os resultados encontrados indicam caminhos importantes para investigações futuras, especialmente no que se refere à adequação das composições do SINAPI às práticas realmente adotadas no canteiro. Observou-se, por exemplo, que alguns materiais previstos teoricamente (como argamassas AC-I) não são utilizados pela construtora, o que

sugere a necessidade de estudos específicos sobre quais insumos são efetivamente empregues e se determinadas composições permanecem coerentes com a realidade atual da construção civil.

Ademais, o comportamento atípico de materiais como pisos e placas cerâmicas indica que seus rendimentos e coeficientes de consumo podem estar superestimados, reforçando a importância de pesquisas direcionadas à validação de parâmetros executivos. Outra vertente relevante diz respeito ao aprimoramento dos sistemas de gestão e rastreabilidade de insumos, sobretudo em obras que combinam elementos industrializados e artesanais, onde a falta de integração documental compromete análises comparativas.

Por fim, recomenda-se o aprofundamento de estudos sobre sistemas construtivos industrializados, investigando se seus indicadores de consumo realmente apresentam maior eficiência em comparação aos métodos convencionais, contribuindo para o avanço de práticas mais sustentáveis e produtivas no setor.

## REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211:2019 — Agregados para concreto — Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7480 — Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado — Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra**. *Coletânea Habitare*, v.2, 1998.

AGOPYAN, V. **Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta**. Globo Ciência. 13 de jul. de 2013. Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-da-materia-prima-do-planeta.html> . Acesso em: 12 de dezembro de 2025.

BRIBRIÁN, I.; CAPILLA, A.; USÓN, A. A. **Life cycle assessment of building materials: application to a Spanish housing model**. *Building and Environment*, v. 46, n. 5, p. 1133–1140, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)**. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. **Diário Oficial da União, Brasília**, 2002.

BRONSTRUP, M; DONATTI, L. G. **Estudo do consumo de materiais e produtividade de mão de obra em revestimentos argamassados**. *Salão do Conhecimento*, [S. l.], v. 2, n. 01, 2014. Disponível em: <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/3404> . Acesso em: 01 dez. 2025.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **IBGE: informalidade no setor da construção é maior nas regiões Norte e Nordeste**, 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/ibge-informalidade-no-setor-da-construcao-e-maior-nas-regioes-norte-e-nordeste/> . Acesso em: 01 dez. 2025.

DE WOLF, C. E. L. **Material quantities in building structures and their environmental impact**. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology, 2014.

DIEESE – Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. **Perfil dos trabalhadores na construção civil**. Estudos e Pesquisas nº 95, 2020. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2020/estPesq95trabconstrucaocivil.pdf> . Acesso em: 01 dez. 2025.

FÁVARO, L. B. **Análise do consumo e desperdício de materiais em obra de alvenaria convencional na cidade de Dourados/MS**. Dourados: ufgd. *Trabalho de Conclusão de*

Curso, 2022.

FERREIRA, V. S. O.; LUCENA, A. F. E. **Aplicação de Lean Construction em Edifício Vertical Situado no Município de Maringá/PR.** *Revista de Engenharia e Tecnologia*, Ponta Grossa, v. 14, n. 2, 2022

FISHMAN, T; MASTRUCCI, A; PELED, Y; SAXE. S. **RASMI: Global ranges of building material intensities differentiated by region, structure, and function.** *Scientific Data*, v. 11, n. 1, 23 abr. 2024.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos.** *Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras.* Porto Alegre, v. 15, 2002.

MANFREDINI, C; SATTLER, M. A. **Estimativa da energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul.** *Ambiente Construído*, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 23–37, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3609>. Acesso em: 8 dez. 2025.

MUNERON, L. M; HAMMAD, A.W; NAJJAR, M. K; HADDAD, A; VAZQUEZ, E.G. **Comparison of the environmental performance of ceramic brick and concrete blocks in the vertical seals' subsystem in residential buildings using life cycle assessment.** *Cleaner Engineering and Technology*, v. 5, p. 100243, dez. 2021.

NUNES, H. P. **Estudo da aplicação do Drywall em edificação vertical.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

DE OLIVEIRA, C. G; DE MORAES, E. S; ORLANDINI, L. C; POSSAN, E; PUNHAGUI, K. R. G. **Caracterização do consumo de madeira para execução de sistema estrutural em concreto armado.** *Mix Sustentável*, v. 8, n. 4, p. 119–131, 2022. DOI: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n4.119-131> . Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/5173> . Acesso em: 9 dez. 2025.

SAADE, M, R, G; DA SILVA, M; GOMES, V; GUMEZ, F. H; SCHWAMBACK, D; LAVOR, B. **Material eco-efficiency indicators for Brazilian buildings.** *Smart and Sustainable Built Environment*, Vol. 3 No. 1 pp. 54–71, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1108/SASBE-04-2013-0024>

SAVAS, G. W. **Análise de Sistemas de Vedação Vertical para Edificações.** Ufsc.br, 2021.

SURGELAS, V. **Life cycle inventory of ceramic brick, concrete block and construction and demolition waste brick: Case study in Belo Horizonte, Brazil.** *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, v. 19, n. 2, 11 set. 2017.

TARSO AZEVEDO, P. **Desperdício de materiais na construção civil: análise e proposta de boas práticas para a gestão sustentável dos resíduos.** 2023. 75p.

Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

UNIAS, S. R. **Identificação de padrões de indicadores de consumo de sistemas estruturais.** <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/74675>, 2021.

YOKOYAMA, K; YOKOO, N; OKA, T. **Resource consumption for buildings based on input–output analysis.** In: *SB05 Tokyo Conference Proceedings*. Tokyo, 2005.