

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O QUANTITATIVO PROJETADO, ADQUIRIDO E CONSUMO REAL DE AÇO NA FABRICAÇÃO DE UMA OBRA EM ESTRUTURAS METÁLICAS: IMPACTOS DO ACRÉSCIMO PERCENTUAL E DO ESTOQUE REMANESCENTE

Angélica Neumann¹

Euclésio Giuliani²

Givanildo Martins de Quadros³

Maria Regina Thomaz⁴

Helton Roger Sossanovicz⁵

RESUMO

A gestão eficiente de materiais em estruturas metálicas é um fator determinante para a viabilidade econômica e a sustentabilidade dos empreendimentos, especialmente diante do elevado custo do aço e da necessidade de racionalização dos processos produtivos. Nesse contexto, a definição de percentuais adicionais para aquisição de material, geralmente estabelecida de forma empírica pelas empresas, pode resultar tanto em faltas quanto em excedentes significativos de estoque. O presente estudo tem como objetivo avaliar a adequação do acréscimo percentual adotado por uma empresa fabricante de estruturas metálicas, 10% para perfis e 15% para chapas, por meio da comparação entre o quantitativo previsto em projeto, o volume adquirido e o consumo real de aço durante a fabricação. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso aplicado, desenvolvido a partir de dados extraídos do *software* de detalhamento estrutural TecnoMETAL, registros de aquisição de materiais e controle de produção em fábrica. Foram analisados o peso projetado (6.977,82 kg), o total adquirido (10.122,82 kg), o consumo efetivo (6.997,35 kg), o estoque remanescente (2.877,85 kg) e a sucata gerada (247,61 kg). Os resultados evidenciaram elevada precisão do quantitativo de projeto, com variação inferior a 0,3% em relação ao consumo real. Em contrapartida, o acréscimo empírico aplicado na fase de compras resultou em excedente correspondente a 37,3% do total adquirido, indicando superdimensionamento das margens de segurança. Conclui-se que a adoção de percentuais fixos e generalizados para aquisição de aço pode gerar estoques elevados e custos indiretos desnecessários. A calibração dessas margens com base em dados reais de produção, aliada à otimização dos planos de corte e à integração entre projeto e fabricação, apresenta-se como estratégia eficaz para redução de desperdícios e aumento da eficiência produtiva em estruturas metálicas.

Palavras-chave: Estruturas Metálicas; Consumo de aço; Planejamento e otimização de materiais.

1 INTRODUÇÃO

O setor de estruturas metálicas tem apresentado crescimento expressivo nas últimas décadas, de acordo com Bellei (2019), impulsionado pela necessidade de sistemas construtivos

¹ Graduando (a) em Engenharia Civil (UCEFF, 2025). E-mail: angelicaneumann.neumann@gmail.com

² Mestre em Estruturas Metálicas, Universidade de Passo Fundo – UPF- E-mail: euclesio@uceff.edu.br

³ Docente da UCEFF Faculdades. givanildo@uceff.edu.br.

⁴ Docente da UCEFF Faculdades.

⁵ Docente da UCEFF Faculdades.

mais industrializados, com maior controle de qualidade, rapidez de execução e racionalização de recursos. O aço estrutural, apontado por Pfeil, (2009) devido à sua elevada resistência mecânica, padronização industrial e possibilidade de reaproveitamento, constitui-se como um dos principais materiais empregados nesse sistema construtivo. Entretanto, seu custo elevado e a dependência de comprimentos comerciais padronizados impõem desafios significativos relacionados à gestão de materiais e ao controle de perdas durante o processo produtivo.

De acordo com Belgo (2024), aço é um material 100% reciclável e amplamente reaproveitado na cadeia produtiva, o que reforça sua relevância sob a ótica da sustentabilidade. No entanto, conforme Pfeil (2009), a eficiência no uso do aço não depende apenas de suas propriedades físicas, mas também da precisão no levantamento quantitativo, do detalhamento executivo e da compatibilização entre projeto e fabricação.

No contexto da fabricação de estruturas metálicas, a definição das quantidades a serem adquiridas geralmente considera margens adicionais aplicadas sobre o peso teórico obtido em projeto. Tais acréscimos têm como finalidade compensar possíveis perdas associadas a cortes, sobras não reaproveitáveis, erros de fabricação e imprevistos de montagem. Entretanto, quando estabelecidos de forma empírica e sem base em dados históricos consolidados, esses percentuais podem resultar em superdimensionamento de estoques, imobilização de capital e aumento de custos indiretos. (MOZZATO, 2013).

Autores da área de gestão da produção como Carneiro et al. (2023) e Mozzato (2013) com o foco em racionalização de materiais na construção por intermédio de tecnologias *Building Information Modeling* (BIM), estão atrelados à redução de desperdícios e melhoria do planejamento da utilização eficaz do aço. O uso de *softwares* de detalhamento estrutural integrados a processos de modelagem da informação da construção conforme apontado por Franceschetto (2024), permite maior precisão na extração de quantitativos e no planejamento de cortes, contribuindo para o aumento do aproveitamento do material e a redução de perdas.

Apesar desses avanços tecnológicos, muitas empresas ainda adotam percentuais fixos e generalizados para aquisição de aço, conforme apontado por Franceschetto (2024), independentemente das características específicas do projeto, dos perfis utilizados ou da estratégia de corte empregada. Essa prática suscita a necessidade de avaliação técnica baseada em dados reais de produção, de modo a verificar se os acréscimos adotados são compatíveis com o consumo efetivo de material.

Diante desse contexto, estabelece-se a seguinte questão de pesquisa: O acréscimo percentual adotado para aquisição de aço em estruturas metálicas é tecnicamente adequado quando comparado ao consumo real de material em fabricação?

O presente estudo tem como objetivo geral: Avaliar a adequação do acréscimo percentual aplicado na aquisição de aço em estruturas metálicas, por meio da comparação entre o quantitativo previsto em projeto, o volume adquirido e o consumo real em fabricação. Para atingir esse objetivo geral, definem-se os seguintes objetivos específicos: Comparar o peso de aço previsto no modelo estrutural com o peso efetivamente consumido na produção; Quantificar o volume total de material adquirido e analisar sua relação com o quantitativo projetado; Determinar o estoque remanescente e a quantidade de sucata gerada ao final do processo produtivo; Verificar se o percentual empírico adotado pela empresa está coerente com os dados reais obtidos.

A relevância deste estudo fundamenta-se na necessidade de aprimoramento da gestão de materiais em estruturas metálicas, contribuindo para a redução de desperdícios conforme apontado por Alencar & Silva (2019), maior eficiência produtiva e tomada de decisão baseada em dados técnicos consolidados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A presente seção reúne os principais conceitos, normas e estudos que fundamentam a análise da relação entre o quantitativo de aço previsto em projeto, o material adquirido e o efetivamente consumido na fabricação de estruturas metálicas. São abordados aspectos relativos ao aço estrutural, suas formas comerciais, diretrizes normativas, procedimentos de detalhamento e fatores que influenciam perdas de material.

2.1 AÇO ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O aço tornou-se um dos materiais estruturais mais relevantes a partir do século XIX, quando avanços nos processos de produção, como o forno Bessemer, tornaram sua fabricação economicamente viável (Pfeil, 2009). No Brasil, o uso de estruturas metálicas evoluiu significativamente desde o século XIX, tendo como marco inicial a ponte sobre o Rio Paraíba do Sul, construída com elementos importados da Inglaterra (Borges; Trindade, 2023). Apesar dessa evolução histórica, a participação das estruturas metálicas no país ainda é inferior à verificada em outras nações.

No Brasil não existem estatísticas específicas de percentual de tipo de estrutura por metro quadrado. Citando informações do Centro Brasileiro da Construção com Aço – CBCA, obtidas com base em levantamentos junto as fabricantes de estruturas

metálicas, verifica-se que, enquanto nos Estados Unidos 50% das edificações são construídas em aço e, no Reino Unido, em 70% delas, no Brasil essa participação é de cerca de 15%. (UFPR, 2015, p.1).

A relevância desse panorama para o presente estudo reside no crescente uso do aço estrutural em galpões, edifícios industriais e edificações comerciais, onde a precisão do detalhamento e a gestão de perdas tornam-se fatores essenciais para garantir competitividade e eficiência.

2.2 PROPRIEDADES E COMPOSIÇÃO DO AÇO ESTRUTURAL

O aço estrutural é uma liga predominantemente composta de ferro e carbono, sendo este último o principal elemento influenciador das propriedades mecânicas. Conforme Sousa (2018), maiores teores de carbono aumentam a resistência mecânica, mas reduzem a ductilidade, fator que deve ser considerado na seleção do material para aplicações estruturais.

Aços de baixo e médio carbono — tipicamente empregados em perfis estruturais — apresentam boa soldabilidade e trabalhabilidade, características que impactam diretamente a produtividade e o aproveitamento do material durante a fabricação.

Na Tabela 1, apresenta-se a classificação do aço segundo o seu teor de carbono:

Tabela 1 - Classificação dos aços de acordo com o teor de carbono

Classificação	Teor de Carbono
Baixo Carbono	$C < 0,29\%$
Médio Carbono	$0,30\% < C < 0,59\%$
Alto Carbono	$0,60\% < C < 1,00\%$

Fonte: Adaptado de Sacchelli (2024).

De acordo com Sacchelli (2024), os aços de baixo carbono ($C < 0,29\%$) são os mais utilizados em estruturas metálicas, justamente por oferecerem equilíbrio entre resistência e facilidade de conformação.

2.3 AÇO ESTRUTURAL – PRODUTOS SIDERÚRGICOS PARA ESTRUTURAS METÁLICAS

Os aços estruturais são disponibilizados comercialmente em diversas formas, tais como apresentados por Sousa (2018), perfis, chapas, barras, fios e cordoalhas, permitindo ampla aplicação em projetos de engenharia. Dentre essas formas, os perfis metálicos destacam-se

como os elementos mais utilizados na composição de estruturas metálicas, sendo empregados na fabricação de vigas, pilares e outros componentes estruturais essenciais.

A seguir, apresentam-se as principais características dos perfis estruturais, bem como sua nomenclatura padronizada, conforme práticas consagradas na engenharia estrutural:

2.3.1 Barras

As barras são apresentadas comercialmente como barras chatas, barras redondas e barras quadradas. Conforme Sousa (2018) e Pfeil (2009) as barras Chatas são perfis metálicos com seção transversal retangular. Caracterizam-se pela simplicidade geométrica, sendo amplamente utilizadas em ligações, reforços e elementos estruturais secundários. Oferecem uma boa resistência à tração e à compressão ao longo do plano da seção. As barras redondas apresentam seção transversal circular maciça. São empregadas em pinos, eixos, elementos de ligação e componentes submetidos a esforços de torção. Destacam-se pela simetria e resistência uniforme em todas as direções do plano. Já as barras quadradas possuem seção transversal quadrada e são utilizadas em estruturas leves, grades, portões e componentes decorativos ou estruturais simples. Combinam resistência e facilidade de usinagem. Na Figura 1, é possível evidenciar as barras com maior utilização na fabricação de estruturas metálicas:



Fonte: Adaptado de GERDAU AÇOS BRASIL S.A. (2018).

Observa-se que, apesar da simplicidade geométrica das barras, sua aplicação em ligações, reforços e elementos secundários exige precisão dimensional e controle adequado de cortes, especialmente quando inseridas em conjuntos estruturais maiores. Conforme destacam Pfeil (2009) e Sousa (2018), a eficiência estrutural desses elementos está diretamente associada

à correta especificação do material e ao aproveitamento adequado dos comprimentos comerciais, onde todas elas são vendidas em comprimento de 6 metros.

Nesse contexto, ainda que as barras representem menor volume de aço quando comparadas aos perfis principais, seu uso inadequado ou o planejamento ineficiente de cortes pode contribuir para sobras não reaproveitáveis, impactando o controle global de perdas na fabricação de estruturas metálicas

2.3.2 Chapas

As chapas metálicas utilizadas na engenharia estrutural conforme caracterizado em Pfeil (2009) por serem elementos planos, de pequena espessura em relação às suas demais dimensões, produzidas em aço carbono ou galvanizado, com acabamento laminado a quente ou a frio. São amplamente empregadas na fabricação de componentes estruturais, reforços, bases de apoio, conexões, fechamento de painéis e sistemas de contraventamento. Destacam-se pela alta resistência mecânica, boa soldabilidade e facilidade de conformação, corte e furação, permitindo grande versatilidade no uso em estruturas metálicas. Além disso, podem ser utilizadas tanto em sua forma plena quanto dobradas ou conformadas, otimizando o desempenho estrutural com economia de material. Na Figura 2, é possível verificar exemplos de chapas que são utilizadas nas fabricações de estruturas metálicas.

Figura 2 - Chapas mais utilizadas em fabricações de estruturas metálicas



Fonte: Adaptado de GERDAU AÇOS BRASIL S.A. (2018).

As chapas metálicas desempenham papel fundamental na composição de ligações, bases de apoio, enrijecedores e sistemas de contraventamento. De acordo com Pfeil (2009), sua versatilidade geométrica permite adaptações conforme as necessidades estruturais; contudo, essa flexibilidade implica maior complexidade no planejamento dos cortes e no controle de perdas durante a fabricação.

As chapas são fornecidas em dimensões padronizadas — no caso da empresa analisada, predominantemente nas medidas de 1200 mm × 3000 mm — e posteriormente submetidas a processos de corte por equipamentos a laser ou plasma, a fim de conformar os elementos estruturais especificados em projeto. Entretanto, as peças demandadas variam significativamente entre diferentes obras, tanto em formato quanto em dimensões, espessuras, presença ou ausência de furações e variações geométricas específicas.

Essa elevada variabilidade geométrica exige planejamento criterioso do arranjo de cortes, uma vez que a ausência de estratégias de otimização pode resultar em geração significativa de sobras e perdas de material. Conforme discutido por Alencar e Silva (2019), a eficiência no aproveitamento de elementos metálicos está diretamente relacionada à organização dos planos de corte e à compatibilização entre projeto e processo produtivo. Nesse sentido, a adoção de técnicas de racionalização e controle de materiais, conforme também apontado por Mozzato (2013), torna-se essencial para minimizar desperdícios e garantir maior eficiência econômica na fabricação de estruturas metálicas.

2.3.3 Perfis

Os perfis laminados utilizados na engenharia estrutural segundo Lima (2017), são peças únicas produzidos por meio da laminação a quente ou a frio, tendo como características principais as abas paralelas e a uniformidade estrutural por não possuir soldas ou emendas. São elementos padronizados como I, H, U, L, T e cantoneiras, entre outras.

Perfil obtido por dobramento, em prensa dobradeira, de tiras cortadas de chapas ou bobinas, ou por conformação contínua em conjunto de matrizes rotativas, a partir de bobinas laminadas a frio ou a quente, revestidas ou não, sendo ambas as operações realizadas com o aço em temperatura ambiente (ABNT NBR 6355, 2012, P. 1).

De acordo com Pfeil (2009), os perfis estruturais amplamente empregados em sistemas metálicos distinguem-se por sua elevada resistência mecânica, padronização dimensional, boa soldabilidade e desempenho eficiente sob esforços de flexão, tração e compressão. Sua configuração geométrica é concebida para otimizar o comportamento estrutural, permitindo a redução do peso próprio sem comprometer a capacidade resistente do conjunto. Na Figura 3, apresentam-se os principais tipos de perfis utilizados na fabricação de estruturas metálicas.

Figura 3 - Perfis mais utilizados em fabricações de estruturas metálicas



Fonte: Adaptado de GERDAU AÇOS BRASIL S.A. (2018).

Os perfis estruturais constituem os principais elementos resistentes das estruturas metálicas, sendo responsáveis por suportar esforços de tração, compressão, flexão e cisalhamento, conforme discutido por Pfeil (2009) e Lima (2017). Sua geometria é concebida para otimizar a relação entre resistência e peso próprio, permitindo maior eficiência estrutural.

Os perfis estruturais são fornecidos segundo padronizações industriais consolidadas, usualmente em comprimentos comerciais de 6 m e 12 m, conforme práticas da indústria siderúrgica (PFEIL, 2009; SOUSA, 2018). Essa padronização, embora favoreça a produção e a logística, impõe condicionantes ao planejamento de fabricação, exigindo compatibilização entre os comprimentos especificados em projeto e aqueles disponíveis no mercado.

De acordo com Alencar e Silva (2019), a eficiência no aproveitamento do aço depende diretamente da organização dos planos de corte e da integração entre projeto e processo produtivo. Nesse contexto, a ausência de planejamento otimizado pode resultar em sobras de material, impactando os índices de perdas e o volume total adquirido.

Conforme Mozzato (2013), a racionalização de materiais na construção metálica exige integração entre detalhamento, suprimentos e fabricação, evitando a adoção de margens generalizadas sem base em dados históricos de produção.

2.4 AÇO ESTRUTURAL – LEIS E DIRETRIZES

A ABNT NBR 8800 (2024) estabelece os critérios técnicos para o projeto e execução de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto destinadas a edificações. A norma adota como base metodológica o conceito dos estados limites, garantindo que as estruturas projetadas atendam aos requisitos de segurança e funcionalidade tanto nos Estados Limites Últimos (ELU), relacionados à ruptura ou perda de estabilidade da estrutura, quanto nos Estados

Limites de Serviço (ELS), ligados ao conforto e à durabilidade, como deslocamentos excessivos e vibrações.

Entre os principais aspectos normativos estabelecidos pela ABNT NBR 8800 (2024), destacam-se os critérios para dimensionamento de elementos estruturais submetidos à tração, compressão, flexão, cisalhamento e torção, bem como as combinações de esforços. A norma também apresenta procedimentos específicos para análise da estabilidade global da estrutura e da estabilidade local dos elementos, especialmente em seções esbeltas, nas quais os efeitos de flambagem são relevantes.

A ABNT NBR 8800 (2024) ainda classifica as seções transversais em compactas, não compactas e esbeltas, determinando o comportamento resistente de cada tipo de perfil. Além disso, estabelece diretrizes para o uso de ligações soldadas e parafusadas, especificando tipos de fixadores, espaçamentos e resistências admissíveis, aspectos essenciais para garantir a integridade estrutural e a viabilidade executiva da obra

As estruturas de aço e mistas devem ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto, e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem a segurança, a estabilidade e aptidão em serviços durante o período correspondente a sua vida útil. (ABNT NBR 8800, 2024, P. 109)

No que se refere aos materiais, a ABNT NBR 8800 (2024) estabelece os valores característicos de resistência e os parâmetros mecânicos dos aços estruturais permitidos, exigindo que os mesmos estejam em conformidade com normas técnicas específicas. A aplicação rigorosa desses critérios permite o desenvolvimento de projetos mais seguros, otimizados e duráveis, sendo, portanto, fundamental no contexto da engenharia estrutural moderna.

2.5 EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS E ANÁLISE DE PROJETO

A análise do peso total de material metálico previsto em projeto em comparação com o efetivamente utilizado nas execuções pode ser realizada por meio da extração do quantitativo de aço gerado no *software* de modelagem e detalhamento estrutural, conforme apontado por Carneiro *et al.* (2023), baseando-se neste processo, pode-se obter o peso teórico total da estrutura com base nos perfis e chapas especificados.

Após a conclusão da fabricação e montagem, o peso efetivamente utilizado pode ser determinado por meio da análise de notas fiscais de compra, registros de fornecimento, controle de produção e relatórios de perdas decorrentes de cortes e sobras (Alencar; Silva, 2019; Sousa,

2018; Mozzato, 2013). A comparação entre os quantitativos teóricos do projeto e os valores reais permite identificar discrepâncias associadas a perdas técnicas, tais como sobras de material, ajustes de obra, cortes não aproveitados (*off-cuts*), refações ou mesmo superdimensionamento de trechos da estrutura (Carneiro *et al.*, 2023;)

2.6 PRECISÃO DE DETALHAMENTO DO SOFTWARE TECNOMETAL

O TecnoMETAL é um *software* de engenharia voltado ao projeto e detalhamento de estruturas metálicas, desenvolvido pela empresa Steel&Graphics. Integrado aos ambientes Autodesk AutoCAD ou BricsCAD, o programa permite a modelagem tridimensional da estrutura, geração automática de desenhos de fabricação, detalhamento de conexões e extração de listas de materiais (Steel&Graphics, 2025).

No contexto da transformação digital da construção civil, o TecnoMETAL pode ser inserido na lógica da Modelagem da Informação da Construção (BIM), uma vez que permite a integração entre modelagem tridimensional, informações técnicas dos elementos estruturais e geração automatizada de quantitativos. Conforme Mozzato (2013), a adoção da metodologia BIM em estruturas metálicas contribui significativamente para a compatibilização entre projeto e fabricação, reduzindo inconsistências, retrabalhos e desperdícios de material.

A modelagem tridimensional possibilita a visualização precisa das ligações, interferências e geometrias específicas de cada elemento estrutural, promovendo maior controle dimensional. De acordo com Franceschetto (2024), ferramentas de comparação e modelagem 3D auxiliam na verificação de compatibilidades e no refinamento do projeto executivo, elevando o nível de detalhamento técnico. Complementarmente, Carneiro *et al.* (2023) destacam que a extração automatizada de quantitativos por meio de plataformas BIM reduz erros de levantamento e fornece maior confiabilidade nos dados utilizados para orçamento e planejamento de compras.

Entre os principais recursos do TecnoMETAL destacam-se:

- a) Modelagem estrutural em ambiente 3D com parametrização de perfis;
- b) Geração automática de desenhos de fabricação e montagem;
- c) Emissão de listas de materiais (BOM – Bill of Materials);
- d) Compatibilidade com normas técnicas internacionais e possibilidade de adequação às normas brasileiras, como a ABNT NBR 8800 (2024).

Entretanto, conforme apontado por Mozzato (2013), a implementação de tecnologias BIM envolve desafios relacionados ao custo de licenciamento, necessidade de treinamento

especializado e adaptação dos fluxos internos da empresa. No caso do TecnoMETAL, além do investimento no *software*, é necessária a aquisição ou licenciamento do AutoCAD ou BricsCAD, o que eleva o custo total da solução.

A Tabela 2 apresenta os valores de aquisição do *software* conforme os diferentes níveis de entrega disponibilizados pela desenvolvedora.

Tabela 2 – Valores de aquisição do TecnoMETAL de acordo com o nível de entrega

Classificação	Valor em Euros/Anual	Valor em Reais/Anual
TecnoMETAL Standard	600,00	3.804,00
TecnoMETAL Premium	1.100,00	6.974,00
TecnoMETAL Ultimate	2.200,00	13.948,00

Fonte: Adaptado do site Steel&Graphics.

Observa-se que o custo anual de licenciamento pode representar investimento significativo, especialmente para empresas de pequeno e médio porte. Todavia, quando inserido em um fluxo de trabalho estruturado e integrado ao planejamento de fabricação, o uso do *software* pode contribuir para maior precisão na extração de quantitativos e no controle de materiais, aspectos diretamente relacionados à redução de perdas e à racionalização do consumo de aço.

Dessa forma, o TecnoMETAL não deve ser compreendido apenas como ferramenta de desenho técnico, mas como instrumento estratégico de apoio à gestão de materiais, permitindo maior alinhamento entre projeto, aquisição e fabricação premissa fundamental para a análise comparativa desenvolvida neste estudo.

2.7 DESPERDÍCIO DE MATERIAIS

Segundo Pfeil (2009), a fabricação de estruturas metálicas envolve diversas etapas — corte, furação, soldagem, montagem e acabamento — nas quais ocorrem inevitavelmente perdas de material, conhecidas como desperdício de fabricação.

A aplicação de tecnologias como *softwares* de detalhamento estrutural (como TecnoMETAL ou Tekla Structures), aliadas ao uso de sistemas de *Nesting* (otimização de cortes), contribuem para minimizar os desperdícios. Além disso, “para que estas se mantenham competitivas no mercado é imprescindível que adotem técnicas e políticas que evitem ao máximo o desperdício de tempo, os recursos humanos e os materiais, aliadas à garantia da qualidade da obra” (MOZZATO, 2013, p. 16).

Os principais tipos de desperdício em obras de estruturas metálicas incluem de acordo com Alencar & Silva (2019), a sobra de perfis e chapas resultantes do corte por serra ou plasma, e de acordo com Mozzato (2013) peças fora de especificação ou com erros de fabricação evidenciando a falha do setor de qualidade.

De acordo com o site da Belgo (2022) o aço é um dos materiais mais recicláveis do planeta. Diferentemente de outros materiais, ele não perde suas propriedades mecânicas quando reciclado, podendo ser reprocessado indefinidamente. Isso o torna uma peça-chave na economia circular e na construção civil sustentável. A reciclagem do aço reduz a necessidade de extrair o minério de ferro que é o principal componente do metal. Sendo assim, é possível preservar os recursos naturais e a biodiversidade, o que diminui o consumo de energia, visto que a reciclagem consome menos energia do que a produção de aço a partir da matéria-prima virgem.

Além disso, a reciclagem do aço contribui para o cumprimento de metas ambientais e sociais, sendo alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente no que se refere à produção e consumo responsáveis e à mitigação das mudanças climáticas (Belgo, 2022).

2.8 PERCENTUAIS DE PERDA E PRÁTICAS DE MERCADO

A literatura técnica evidencia que, na ausência de normativas específicas que estabeleçam índices padronizados de perdas para fabricação de estruturas metálicas, os percentuais de acréscimo aplicados na fase de aquisição de materiais são frequentemente definidos com base na experiência prática das empresas e em históricos internos de produção (Franceschetto, 2024).

A ABNT NBR 8800 (2024) regulamenta o projeto e execução de estruturas de aço no Brasil, estabelece critérios de dimensionamento, estabilidade, segurança e desempenho estrutural, porém não define valores de referência para perdas decorrentes de corte, sobras ou ajustes de fabricação. Essa lacuna normativa faz com que as empresas adotem margens de segurança variáveis, geralmente aplicadas de forma preventiva para evitar faltas de material durante a execução.

Estudos voltados à otimização de corte e controle de desperdícios indicam que as perdas em estruturas metálicas podem variar conforme a complexidade geométrica da edificação, os tipos de perfis empregados, os comprimentos comerciais disponíveis e a tecnologia de corte utilizada (ALENCAR; SILVA, 2019; SOUSA, 2018). Em situações com planejamento eficiente de corte e alto nível de detalhamento, os índices de perda tendem a permanecer em

patamares reduzidos. Por outro lado, em cenários com elevada variabilidade dimensional e ausência de estratégias de otimização, os percentuais podem ser significativamente superiores.

Nesse contexto, observa-se que a prática de adoção de percentuais fixos, como 10%, 12% ou até 15%, dependendo do tipo de material, constitui procedimento comum no setor, mas nem sempre está fundamentada em análise estatística consolidada. Conforme discutido por Mozzato (2013), a racionalização de materiais na construção metálica depende da integração entre projeto, planejamento e fabricação, sendo inadequado estabelecer margens generalizadas sem considerar as especificidades de cada empreendimento.

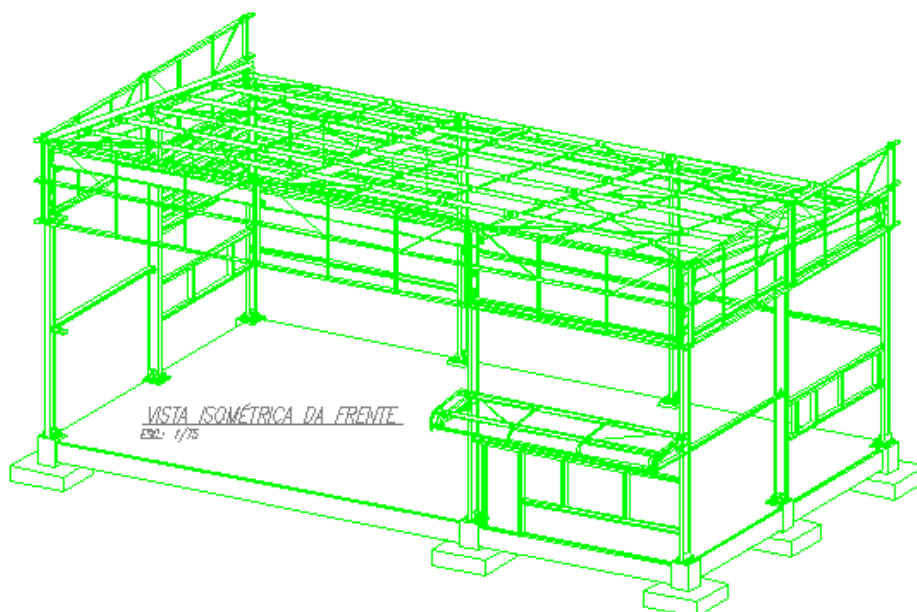
Dessa forma, a definição de percentuais de acréscimo deve estar associada ao nível de detalhamento do projeto, ao histórico real de perdas da empresa e à eficiência dos planos de corte adotados, evitando tanto o subdimensionamento, que pode gerar paralisações, quanto o superdimensionamento, que resulta em estoques excessivos e imobilização de capital (Franceschetto, 2024).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A pesquisa desenvolveu-se a partir da análise aplicada de uma obra em estrutura metálica executada pela empresa Grupo MRC Brasil, denominada *Scopel Chará*, cujo quantitativo total previsto em projeto é de 6.977,8 kg de aço. A Figura 4 apresenta a vista isométrica geral da edificação, permitindo a compreensão volumétrica e geométrica do sistema estrutural empregado.

Figura 4 - Vista isométrica da obra Barracão Scopel-Chará



Fonte: Acervo do Grupo MRC Brasil (2025)

A base de dados utilizada corresponde à lista de materiais gerada pelo *software* TecnoMETAL, ferramenta amplamente empregada no detalhamento e na gestão de projetos em estruturas metálicas. Esse tipo de recurso permite maior precisão no levantamento de perfis, dimensões e comprimentos teóricos, etapa fundamental para a racionalização do uso dos materiais. Conforme destaca Pfeil (2009), a qualidade do detalhamento é determinante para assegurar eficiência no dimensionamento e na execução de estruturas em aço, reduzindo interferências e otimizando o processo produtivo.

Observa-se que, na prática, o fornecimento de perfis metálicos segue padronizações consolidadas pelo setor siderúrgico, sobretudo nos comprimentos comerciais de 6 m e 12 m. Essa padronização é reflexo da própria evolução da indústria do aço no Brasil, cuja maturidade técnica e produtiva vem se consolidando ao longo do tempo, como discutem Borges e Trindade (2023) ao abordar a trajetória histórica e industrial das estruturas metálicas no país. Em função dessa padronização, o processo de corte e adequação dos elementos estruturais torna-se inevitável, acarretando perdas inerentes ao processo de fabricação.

No contexto da empresa analisada, é adotada empiricamente uma margem adicional de 10% sobre o quantitativo teórico para a aquisição de vigas e perfis, e de 15% para chapas, com o objetivo de compensar perdas decorrentes de cortes e ajustes em fábrica. Tais perdas são influenciadas pela complexidade do projeto, pelo tipo de ligação empregado e pelo aproveitamento dos planos de corte, aspectos alinhados às observações de Pfeil (2009), que

ressalta que o processamento dos elementos metálicos está diretamente associado às características geométricas das peças e às exigências da montagem.

Cabe destacar que não existe normatização que estabeleça valores padronizados de perdas para obras metálicas, uma vez que estas variam de acordo com o sistema estrutural, o nível de detalhamento do projeto e os métodos produtivos adotados. Esse caráter variável é coerente com a discussão de Alencar e Silva (2019), que evidenciam que os desperdícios em estruturas metálicas estão diretamente relacionados à gestão do processo de fabricação e às condições específicas de cada empreendimento, reforçando a necessidade de controle interno e monitoramento contínuo por parte das empresas.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa pode ser classificada como indutiva, visto que, as pesquisas indutivas segundo Gil (2008) são aquelas nas quais existe uma quantidade limitada de amostras tornando o resultado atingido sempre estatisticamente admissível suficientemente alta de ocorrer, neste contexto, desenvolvida a partir do acompanhamento da fabricação de uma estrutura metálica executada pela empresa Grupo MRC Brasil. O método adotado consistiu na comparação entre o quantitativo de aço previsto em projeto, o volume adquirido e o consumo real verificado durante o processo produtivo, bem como na identificação das sobras reaproveitáveis e do material destinado à sucata.

Inicialmente, foi obtido o quantitativo teórico de aço previsto em projeto (Q_{proj}), extraído diretamente da lista de materiais gerada pelo *software* TecnoMETAL, que fornece os comprimentos e pesos teóricos dos perfis e chapas especificados. Com base nesse quantitativo, a empresa aplicou um acréscimo percentual empírico de 10% para perfis metálicos e 15% para chapas, resultando no quantitativo de aquisição (Q_{compra}), conforme procedimento usual adotado pela organização.

O consumo real de aço na fabricação (Q_{real}) foi determinado a partir do acompanhamento diário do processo produtivo em fábrica. Durante essa etapa, foram registrados os comprimentos efetivamente utilizados de cada perfil e chapa, considerando os cortes realizados para a execução dos elementos estruturais. O peso real correspondente foi calculado com base no peso linear teórico dos materiais, conforme tabelas técnicas do fornecedor, multiplicado pelo comprimento efetivamente empregado, sendo os valores conferidos com as notas fiscais de aquisição.

O acompanhamento in loco permitiu a conferência direta das medições, realizadas por meio de trena e paquímetro, garantindo maior precisão no levantamento dos comprimentos cortados e utilizados. Todos os dados coletados foram organizados e processados em planilhas eletrônicas desenvolvidas no *software* Microsoft Excel, possibilitando o cálculo dos quantitativos totais e a comparação entre os diferentes cenários analisados.

As sobras de material foram classificadas em duas categorias: estoque reaproveitável (Q_{estoque}) e sucata (Q_{sucata}). Para os perfis metálicos, considerou-se como reaproveitável apenas o material com comprimento mínimo de 25 cm, respeitando ainda as limitações construtivas relativas ao número máximo de emendas permitidas, onde adotou-se o critério de apenas uma emenda por conjunto estrutural, de modo que sobras que não atendiam a essas condições foram classificadas como sucata. Para as chapas, foram consideradas reaproveitáveis apenas aquelas sobras com dimensões compatíveis com usos futuros em elementos estruturais ou de ligação.

Ao final do processo produtivo, os valores de Q_{proj} , Q_{compra} , Q_{real} , Q_{estoque} e Q_{sucata} foram consolidados, permitindo a análise comparativa entre o quantitativo previsto em projeto, o material adquirido e o consumo efetivo. Essa abordagem possibilitou avaliar a adequação do acréscimo percentual adotado pela empresa e identificar os impactos do planejamento de compras e das estratégias de corte sobre a geração de estoque remanescente e sucata.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo apresenta, analisa e discute os resultados obtidos na investigação acerca da eficiência do percentual de acréscimo aplicado pelo Grupo MRC na aquisição de aço para obras de estruturas metálicas. O estudo concentra-se na relação entre a quantidade prevista em projeto (Q_{proj}), a quantidade adquirida (Q_{compra}), o consumo real em fabricação (Q_{real}), o estoque residual (Q_{estoque}) e a quantidade encaminhada para reciclagem (Q_{sucata}).

Os resultados são discutidos à luz de técnicas de otimização de materiais, conceitos estruturais da literatura e requisitos normativos da ABNT NBR 8800 (2024) que estabelece diretrizes para o projeto e execução de estruturas de aço no Brasil. A análise busca, principalmente, avaliar se o acréscimo empírico de 10% para perfis e 15% para chapas representa valor adequado, ou se contribui para o aumento indesejado de estoque e custos.

4.1 TÉCNICAS DE OTIMIZAÇÃO DE MATERIAIS – *NESTING*

A otimização do aproveitamento de materiais metálicos na fabricação industrial está diretamente associada à organização dos planos de corte. Entre as técnicas amplamente utilizadas destaca-se o *Nesting*, método que consiste na disposição estratégica de peças dentro de uma barra ou chapa comercial, buscando maximizar o aproveitamento do material disponível e minimizar sobras.

Segundo Alencar e Silva (2019), o planejamento de corte baseado em algoritmos de arranjo geométrico permite reduzir significativamente os índices de desperdício, especialmente em ambientes produtivos com elevada variabilidade dimensional. No caso de chapas metálicas, o *Nesting* organiza as peças bidimensionais dentro de uma área padrão, respeitando espaçamentos mínimos para corte térmico. Para perfis lineares, a lógica é aplicada ao sequenciamento dos comprimentos dentro das barras comerciais de 6 m ou 12 m.

A aplicação do *Nesting* pode ser realizada por *softwares* especializados ou por organização manual dos comprimentos em planilhas, desde que se observe a compatibilização entre os comprimentos projetados e os comprimentos comerciais disponíveis. Conforme Mozzato (2013), a racionalização de materiais depende diretamente da integração entre planejamento, detalhamento e fabricação, sendo o plano de corte elemento determinante na redução de perdas.

No presente estudo, a otimização foi realizada por meio da organização sequencial dos comprimentos em planilha eletrônica (Excel), considerando as limitações industriais observadas na fábrica, como impossibilidade de emendas inferiores a 25 cm e restrição de apenas uma emenda por conjunto estrutural.

4.2 PROCEDIMENTO DE AFERIÇÃO DOS QUANTITATIVOS

A aferição dos quantitativos foi realizada por meio da comparação entre o peso projetado (Q_{proj}), o peso efetivamente adquirido (Q_{adq}) e o peso real utilizado na fabricação (Q_{real}).

O peso teórico unitário dos perfis foi obtido a partir das tabelas técnicas do fornecedor, conforme especificações padronizadas de massa linear (kg/m). Esse valor foi multiplicado pelo comprimento efetivamente utilizado de cada peça, determinado durante o acompanhamento diário da produção, resultando no peso real consumido.

O quantitativo adquirido foi extraído das notas fiscais de compra de material, permitindo identificar o volume total efetivamente comprado para cada perfil analisado.

O acompanhamento da fabricação foi realizado presencialmente na unidade industrial, com registro diário dos comprimentos cortados. As medições foram conferidas com trena metálica e paquímetro, assegurando controle dimensional dos elementos produzidos.

Durante a análise, foram consideradas as limitações práticas de reaproveitamento, tais como:

- a) impossibilidade de utilização de sobras inferiores a 25 cm para perfis estruturais;
- b) limitação de apenas uma emenda soldada por conjunto estrutural;
- c) restrições geométricas impostas pelo processo produtivo.

A organização dos dados e a consolidação dos quantitativos foram realizadas exclusivamente por meio de planilhas eletrônicas (Microsoft Excel), nas quais foram estruturados os cálculos de massa, sobras, estoque remanescente e percentual de perda.

A tabela correspondente apresentada na Figura 5, sintetiza os valores globais observados na obra analisada, apresentados a seguir:

- a) Q_{proj} : 6.977,82 kg
- b) Q_{compra} : 10.122,82 kg
- c) Q_{real} : 6.997,35 kg
- d) $Q_{estoque}$: 2.877,85 kg
- e) Q_{sucata} : 247,61 kg

Figura 5 - Comparação entre previsões e consumo real por tipo de perfil

	Cliente	Scopel - Chara				Nº (OS)	Nº -----				
	Obra	Barracão parte 1 - Total				Cidade	Chapeçó / SC				
	Lista/Pedido	-				Elaborado	Carlos K.				
	Revisão	-				Comprador	Micheli				
	Data	29/08/2025				Receptor	Angelica e Guilherme				
Descrição	Comprimentos Q_Proj	Q_Projeto Kg	Q_Compra (mm)	Q_Compra unid 6m	Q_Compra Kg	Q_Real (mm)	Q_Real (Kg)	Q_estoque (mm)	Q_estoque (Kg)	Q_sucata (mm)	Q_sucata (Kg)
BARRA ROSCADA Ø 1/2"	400	0,40	1000	1,00	0,70	405,00	0,20	595,00	0,41	0,00	0,00
FC1"X1/8"	15975	9,60	18000	3,00	11,34	15980,00	10,07	2000,00	1,26	20,00	0,01
FE 5/16"	59534	23,30	66000	11,00	26,40	59600,00	23,84	6350,00	2,54	50,00	0,02
FE1/2"	56587	56,60	66000	11,00	132,00	60000,00	120,00	6000,00	12,00	0,00	0,00
Total		89,90	151000	26,00	170,44	135985,00	154,11	14945,00	16,21	70,00	0,03
Descrição	Comprimentos Q_Proj	Q_Projeto Kg	Q_Compra (mm)	Q_Compra unid 6m	Q_Compra Kg	Q_Real (mm)	Q_Real (Kg)	Q_estoque (mm)	Q_estoque (Kg)	Q_sucata (mm)	Q_sucata (Kg)
L 30X30X2,00	1680	1,50	6000	1,00	5,47	1680,00	1,53	4320,00	3,93	0,00	0,04
L 60X60X2,00	3755,8	6,80	6000	1,00	11,16	3760,00	6,99	2240,00	4,17	0,00	0,00
L 160X60X3,00	20560	104,10	24000	4,00	118,08	20560,00	101,15	3440,00	16,92	0,00	0,00
L 195X60X6,35	560	6,90	6000	1,00	74,70	610,00	7,60	5390,00	67,10	0,00	0,00
U 50X25X2,00	92309,2	135,40	102000	17,00	108,13	94200,00	99,85	7600,00	8,05	200,00	0,21
U 127X50X2,25	567894	2211,40	630000	105,00	2457,00	568000,00	2215,20	61350,00	239,26	650,00	2,53
U 75X40X2,00	8000	18,40	12000	2,00	18,24	8010,00	12,17	3990,00	6,06	0,00	0,00
Total		2484,50	786000	131,00	2792,78	696820,00	2444,49	88330,00	345,49	850,00	2,78
Descrição	Comprimentos Q_Proj	Q_Projeto Kg	Q_Compra (mm)	Q_Compra unid 12m	Q_Compra Kg	Q_Real (mm)	Q_Real (Kg)	Q_estoque (mm)	Q_estoque (Kg)	Q_sucata (mm)	Q_sucata (Kg)
W150X18	4315	79,20	12000	1,00	216,00	4320,00	77,76	7680,00	138,24	0,00	0,00
W310X28,30	99038,5	2832,50	120000	10,00	3396,00	102328,00	2895,88	17495,00	495,10	123,00	5,10
W410X38,80	11758	464,40	24000	2,00	931,20	11760,00	456,28	12000,00	467,24	240,00	7,70
Total		3376,10	156000	13,00	4543,20	118408,00	3429,92	37175,00	1100,58	363,00	12,80
Descrição	Comprimentos Q_Proj	Q_Projeto Kg	Q_Compra (mm)	Q_Compra unid 1200x3000	Q_Compra Kg	Q_Real (mm)	Q_Real (Kg)	Q_estoque (mm)	Q_estoque (Kg)	Q_sucata (mm)	Q_sucata (kg)
Lam. #0,9 Galvanizada	x	213	x	1	254	x	240	x	14	x	0
Lam. #3	x	48,96	x	1	263,6	x	53,6	x	200	x	10
Lam. #3,75	x	36,24	x	1	109,8	x	35,96	x	65,84	x	8
Lam. 4,75	x	51,12	x	1	144	x	55,272	x	76,73	x	12
Lam. 6,35	x	179,4	x	1	360	x	161	x	149	x	50
Lam. #8	x	91,8	x	1	225	x	85	x	115	x	25
Lam. #9,5	x	12	x	1	270	x	8	x	258	x	4
Lam. #16	x	137,04	x	1	450	x	120	x	287	x	43
Lam. #19	x	257,76	x	1	540	x	210	x	250	x	80
Total		1027,32		9	2616		969		1416		232
Total		6977,82			10122,82		6997,35		2877,85		247,61

Fonte: A Autora (2025)

A partir desses dados, observa-se que o peso real empregado na fabricação (6.997,35 kg) foi apenas 19,53 kg superior ao valor previsto em projeto, o que indica que o projeto foi bem dimensionado do ponto de vista quantitativo, e que pequenas diferenças são esperadas em virtude de ajustes operacionais e perdas inerentes aos processos de corte.

A quantidade adquirida de 10.122,81 kg supera o consumo real em aproximadamente 3.125,46 kg, revelando que 30,8% de todo o material adquirido não foi consumido na obra. Esse resultado demonstra que o acréscimo empírico, combinado com os arredondamentos necessários aos comprimentos comerciais, contribuiu significativamente para o aumento do estoque remanescente.

Esses valores corroboram a literatura técnica (Maranhão, 2018; Cury, 2015), segundo a qual perdas típicas em estruturas metálicas variam entre 1% e 12%, dependendo da complexidade estrutural. Percentuais superiores a esse intervalo normalmente indicam ausência de otimização de corte ou dimensionamento não ajustado às condições reais de fornecimento.

4.3 ANÁLISE DO IMPACTO DOS COMPRIMENTOS COMERCIAIS DE FORNECIMENTO

A comercialização dos perfis em comprimentos padronizados, principalmente barras de 6 m e 12 m, representa um fator estrutural que limita a precisão entre a necessidade projetada e a quantidade adquirida. Conforme a ABNT NBR 8800 (2024) os perfis estruturais devem atender às especificações geométricas, mecânicas e de propriedades de seção, mas a norma não estabelece diretrizes de fornecimento comercial, sendo esse aspecto regulado pelo mercado siderúrgico.

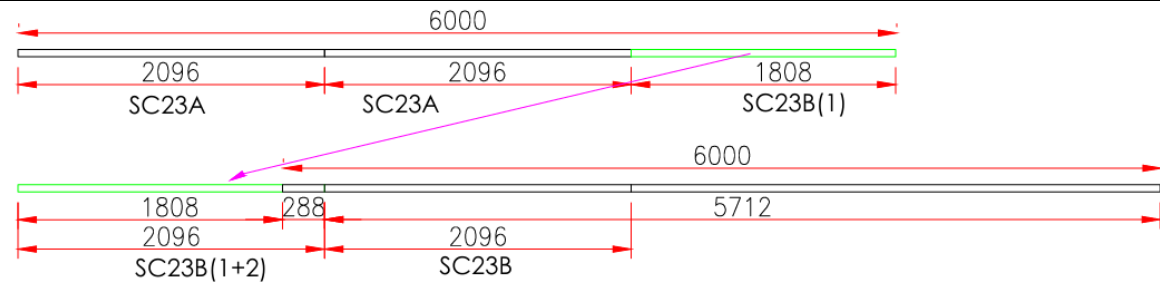
No estudo de caso, verificou-se que grande parte do acréscimo observado em Q_{compra} decorre do arredondamento para múltiplos dos comprimentos comerciais disponíveis. O exemplo observado no perfil U127x50x2,25, em que o número de barras aumentou de 95 para 105 unidades devido à combinação do acréscimo percentual e do arredondamento, evidencia uma discrepância de 10,5%, superior às perdas típicas reportadas por Alencar & Silva (2019) e Bellei (2019).

Esses resultados reforçam a necessidade de uma abordagem integrada entre projeto, planejamento e suprimentos, de forma a reduzir eventuais excessos causados pela incompatibilidade entre a quantidade projetada e o fornecimento comercial.

4.4 EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE CORTE E INFLUÊNCIA NO APROVEITAMENTO DO MATERIAL

A otimização do corte é um dos fatores mais relevantes para a redução de perdas em estruturas metálicas. A literatura internacional (AISC, 2017; EUROCODE 3, 2005) recomenda a adoção de técnicas de *Nesting* para aproveitamento máximo das barras e chapas, prática ainda pouco difundida em empresas que utilizam métodos empíricos.

No caso analisado, observou-se que a escolha de estratégias adequadas de corte pode reduzir de forma significativa a geração de segmentos inutilizáveis. Na Figura 6 pode-se exemplificar os marcos das portas SC23A e SC23B, a decisão fica entre:

Figura 6 - Forma de corte para a maior otimização de aço**Utilizar duas barras de 6 m, gerando sobras de difícil reaproveitamento (1808 mm)****Utilizar uma barra, aproveitando o restante mediante emenda soldada**

Fonte: A autora (2025)

A melhor estratégia é a utilização do segundo método, visto que resulta em menor estoque improdutivo, além de possibilitar reaproveitamento mais eficiente, reduzindo perdas ao mínimo necessário.

O valor de $Q_{sucata} = 247,61$ kg, equivalente a 2,44% do total adquirido (Q_{Compra}), está alinhado ao observado em estudos de rendimento estrutural (Pfeil, 2009), que apontam a sucata como inevitável, mas controlável quando há otimização do corte.

4.5 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE QUANTITATIVOS PROJETADOS, ADQUIRIDOS E EFETIVAMENTE UTILIZADOS

A análise comparativa dos quantitativos evidenciou discrepância entre o volume projetado, o volume adquirido e o volume efetivamente consumido na fabricação. Observou-se que o percentual adicional aplicado sobre o quantitativo projetado resultou em aquisição superior à demanda real da obra.

Ao se decompor o total adquirido, verificou-se que apenas uma fração correspondeu à perda efetiva por corte, enquanto parcela significativamente maior converteu-se em estoque remanescente reaproveitável. Esse resultado demonstra que o acréscimo percentual aplicado não se materializou predominantemente como desperdício irreversível, mas sim como material não consumido no ciclo produtivo da obra analisada.

Do ponto de vista técnico, a distinção entre perda efetiva e estoque remanescente é fundamental. Conforme discutido por Alencar e Silva (2019), perdas reais correspondem ao material inviável de reaproveitamento, enquanto sobras podem representar potencial de reutilização futura, dependendo das restrições geométricas e produtivas. No presente estudo, a limitação de reaproveitamento, como a impossibilidade de utilização de sobras inferiores a 25 cm e a restrição de apenas uma emenda por conjunto estrutural, influenciou diretamente a formação desse estoque.

Os resultados indicam que a aplicação de margens fixas generalizadas pode superestimar o consumo necessário quando não há análise detalhada dos planos de corte e das restrições de fabricação, reforçando a importância de planejamento específico para cada empreendimento.

4.6 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS E RECOMENDAÇÕES PARA A GESTÃO DE MATERIAIS

Com base nos resultados, é possível a apresentação de recomendações como:

- a) Revisão dos percentuais empírico, reduzindo gradualmente o acréscimo;
- b) Implementação de um banco de dados de perdas reais o que permitirá determinar percentuais específicos por tipologia e perfil estrutural.
- c) Otimização do corte (Nesting): Adoção de softwares ou rotinas de corte otimizadas pode reduzir a sucata e o estoque.
- d) Avaliação de compra sob medida: Embora exista custo adicional e maior prazo, pode reduzir drasticamente o estoque.

Essas recomendações convergem com a literatura (Bellei, 2019; Maranhão, 2018), que enfatiza que a eficiência em estruturas metálicas depende não apenas do projeto, mas também da integração entre setores.

4.7 RESPOSTA À QUESTÃO-PROBLEMA

A análise desenvolvida ao longo deste estudo permitiu avaliar criticamente a aplicação de percentuais adicionais sobre o quantitativo de aço em estruturas metálicas, considerando a relação entre material projetado, adquirido e efetivamente utilizado na fabricação.

Os resultados demonstraram que a adoção de margens percentuais fixas, aplicadas de maneira generalizada sobre o quantitativo global da estrutura, pode resultar em aquisição

superior à demanda real da obra quando não associada a planejamento detalhado de cortes e análise das restrições produtivas.

Embora a estrutura metálica seja composta por diferentes elementos, como perfis, chapas e componentes de ligação, verificou-se que os perfis estruturais exercem influência predominante no volume total de aço consumido, por representarem a maior parcela da massa estrutural, conforme discutido por Pfeil (2009) e Bellei (2019). Dessa forma, qualquer acréscimo percentual aplicado sobre esses elementos impacta de maneira significativa o quantitativo final adquirido.

No entanto, a análise não se limita exclusivamente aos perfis, mas evidencia que a eficiência na aquisição de materiais em estruturas metálicas depende da integração entre projeto, planejamento de cortes, compatibilização com comprimentos comerciais e controle produtivo, conforme defendido por Mozzato (2013) e Alencar e Silva (2019).

Assim, conclui-se que a aplicação de percentuais adicionais deve estar fundamentada em dados reais de produção e em análise específica de cada empreendimento, considerando características geométricas, limitações de reaproveitamento e estratégias de otimização. A utilização de margens fixas sem respaldo analítico pode gerar estoque remanescente superior ao necessário, implicando imobilização de capital e redução da eficiência econômica.

Portanto, a questão problema é respondida ao se demonstrar que a prática de aplicação generalizada de percentuais adicionais no quantitativo de aço, embora comum no setor, pode não refletir as perdas reais de fabricação quando não acompanhada de planejamento técnico estruturado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo avaliar a adequação do acréscimo percentual empírico utilizado pela empresa MRC na aquisição de aço para obras em estruturas metálicas, verificando se os 10% aplicados aos perfis e os 15% aplicados às chapas representam margem técnica suficiente ou excessiva para garantir a fabricação completa das estruturas, considerando perdas, sobras e limitações de fornecimento comercial.

Ao longo da pesquisa, constatou-se que o valor previsto em projeto ($Q_{proj} = 6.977,82$ kg) mostrou-se extremamente próximo do peso efetivamente necessário para a fabricação da obra ($Q_{real} = 6.997,35$ kg), apresentando diferença de apenas 0,28%. Tal resultado evidencia que o projeto estrutural, elaborado conforme princípios estabelecidos pela ABNT NBR 8800 (2024) e com o *software* TecnoMETAL, forneceu estimativas de consumo altamente precisas,

reforçando a capacidade da modelagem e do detalhamento executivo em representar fielmente a demanda real de aço.

Por outro lado, o procedimento atual de aquisição adotado pela empresa resultou em uma compra total de 10.122,82 kg, gerando um excedente significativo em relação ao consumo real. O estoque remanescente de 2.877,85 kg, equivalente a 37,3% do total adquirido, configura uma margem consideravelmente superior às perdas normalmente observadas na literatura técnica, que variam entre 1% e 12% dependendo da geometria estrutural, complexidade dos cortes e do nível de otimização empregado durante a fabricação.

A análise demonstrou que esse excedente não se deve apenas às perdas inevitáveis do processo produtivo, mas também à combinação de dois fatores principais, o acréscimo empírico superior ao necessário, aplicado de forma uniforme e não segmentada por tipologia de perfil e o arredondamento obrigatório aos comprimentos comerciais de fornecimento, que força a aquisição de barras maiores do que o necessário.

Somado a isso, verificou-se que práticas de corte mais eficientes, como a otimização dos planos de corte e o uso de emendas estratégicas, podem reduzir consideravelmente a geração de segmentos inutilizáveis, contribuindo para menor sucata e menor estoque improdutivo. O estudo mostrou que a quantidade de sucata (247,61 kg, equivalente a 2,44%) ficou dentro dos limites considerados aceitáveis pela bibliografia, evidenciando que o principal problema não reside na produção, mas sim no planejamento da compra.

Diante desses resultados, conclui-se que o acréscimo de 10% adotado pela empresa para a compra de perfis metálicos é tecnicamente excessivo para a obra analisada, e que sua manutenção como valor fixo tende a gerar: estoques elevados, imobilização financeira desnecessária, aumento dos custos indiretos de armazenamento, e redução da eficiência global do processo.

Recomenda-se que a empresa revise a metodologia de definição da margem de segurança, adotando um modelo baseado em dados históricos, segmentado por categoria de perfil e associado ao nível de complexidade geométrica das obras. Além disso, a integração entre projeto, planejamento de suprimentos e setor de corte deve ser fortalecida, permitindo a implementação de otimização de corte (*Nesting*) e a avaliação da viabilidade de adquirir comprimentos sob medida quando houver ganho econômico.

Por fim, a pesquisa demonstra que a utilização de *softwares* como o TecnoMETAL, aliada à análise crítica de dados reais de fabricação, constitui ferramenta eficaz para calibrar parâmetros internos de consumo. O ajuste adequado dessas margens pode contribuir para redução de custos, diminuição de desperdícios, melhora da sustentabilidade ambiental e maior

eficiência operacional no setor de estruturas metálicas, em consonância com os princípios estabelecidos pela ABNT NBR 8800 (2024) e pelas referências internacionais de boas práticas.

REFERÊNCIAS

AISC. **Steel Construction Manual**. 15th ed. Chicago: American Institute of Steel construction, 2017.

ALENCAR, Jorge Luis Alves; SILVA, Domingos Jorge Ferreira da. **Otimização no corte de perfis metálicos dobrados com ênfase na redução das perdas**. 2019. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2340/1/JorgeLuisAlvesAlencar.pdf><https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/2340/1/JorgeLuisAlvesAlencar.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6355**: Perfis estruturais de aço formados a frio — Padronização. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 36 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8800:2024** — Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BELGO ARAMES. **Reciclagem do aço na construção civil**: qual a importância e como reaproveitá-lo? 2024. Disponível em: <https://encurtador.com.br/JaHD6>. Acesso em: 20 jun. 2025.

BELLEI, L. **Estruturas Metálicas: Conceitos, Técnicas e Aplicações**. São Paulo: Zigurate, 2019.

BORGES, Yuri Xavier; TRINDADE, Christiane Areias. **A evolução da tecnologia das estruturas metálicas associada à sustentabilidade**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2023. Disponível em: <https://encurtador.com.br/1e3L2><https://encurtador.com.br/1e3L2>. Acesso em: 1 jun. 2025.

CARNEIRO, Vanessa Lima *et al.* **Extração de quantitativos utilizando o BIM**: estudo de caso em um projeto de edifício educacional. 2023. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/2665/2725><https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/2665/2725>. Acesso em: 21 ago. 2025.

CURY, A. A. **Estruturas Metálicas**: Projeto e Dimensionamento. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1993-1-1** – Eurocode 3: Design of Steel Structures. Brussels: CEN, 2005.

FRANCESCHETTO, Wellington. **Uso de software de comparação 3D em projetos de estruturas metálicas**. 2024. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2024. Disponível em: <http://repositorio.upf.br/bitstream/riupf/2717/1/PF2024WellingtonFranceschetto.pdf><http://repositorio.upf.br/bitstream/riupf/2717/1/PF2024WellingtonFranceschetto.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2025.

GERDAU AÇOS BRASIL S.A. *Catálogo de produtos: perfis estruturais UE e U*. São Paulo: Gerdau, 2018. Disponível mediante solicitação no site institucional. Acesso em: 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <https://ayanrafael.com/wp-content/uploads/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf><https://ayanrafael.com/wp-content/uploads/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2025.

LIMA, João Lucas Rufino de. **Estudo comparativo entre estrutura metálica e de concreto armado em uma edificação**: estudo de caso. 2017. 74 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/13187/1/21113328.pdf><https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/13187/1/21113328.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2025.

MARANHÃO, F. **Desempenho Estrutural em Perfis Metálicos Laminados**. Porto Alegre: Bookman, 2018.

MOZZATO, Ricardo Coelho. **Subsídios para a implantação da metodologia BIM no projeto e fabricação de estruturas em aço**. 2013. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2013. Disponível em: <http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/298/1/2013RicardoCoelhoMozzato.pdf><http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/298/1/2013RicardoCoelhoMozzato.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2025.

PFEIL, M.; PFEIL, W. **Estruturas de Aço – Dimensionamento Prático**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Disponível em: <https://kaiohdutra.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/02/estruturas-de-aco-dimensionamento-pratico.pdf><https://kaiohdutra.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/02/estruturas-de-aco-dimensionamento-pratico.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2025.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Aço: Fundamentos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

SACCHELLI (Guarulhos, SP). **Aço carbono: o que é e onde se aplica**. 2024. Disponível em: <https://sacchelli.com.br/aco-carbono-o-que-e-e-onde-se-aplica/><https://sacchelli.com.br/aco-carbono-o-que-e-e-onde-se-aplica/>. Acesso em: 22 jun. 2025.

SOUSA, Ronaldo Igor Mamede de. **Estudo do uso de estruturas metálicas na construção civil em Campina Grande**. 2018. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/23692/1/RONALDO%20IGOR%20>

MAMEDE%20DE%20SOUSA%20-%20TCC%20ENG.%20CIVIL%20CTRN%202018.pdf.
Acesso em: 10 jun. 2025.

STEEL & GRAPHICS (Verona, Itália). **TecnoMETAL**. 2025. Disponível em:
<https://www.steel-graphics.com/pt-BR>. Acesso em: 01 jun. 2025.

UFPR. **Aços Estruturais**. 2015. Disponível em: <https://estruturas.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/02/Capitulo1.pdf><https://estruturas.ufpr.br/wp-content/uploads/2015/02/Capitulo1.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2025.