



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



LETÍCIA RAPOSO BASÍLIO

**APROVEITAMENTO ESTRATÉGICO DE PERFIS ESTRUTURAIS DE
QUALIDADE SUPERFICIAL S-2 PARA REDUÇÃO DA SOBREQUALIDADE
E DIRECIONAMENTO COMERCIAL EM PROCESSOS SIDERÚRGICOS**

OURO PRETO - MG
2026

LETÍCIA RAPOSO BASÍLIO

**APROVEITAMENTO ESTRATÉGICO DE PERFIS ESTRUTURAIS DE
QUALIDADE SUPERFICIAL S-2 PARA REDUÇÃO DA SOBREQUALIDADE
E DIRECIONAMENTO COMERCIAL EM PROCESSOS SIDERÚRGICOS**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Ouro Preto como
requisito parcial para a obtenção do título de
Engenheiro de Produção.

Orientador: Dr. Aloísio de Castro Gomes
Júnior

**OURO PRETO - MG
2026**



FOLHA DE APROVAÇÃO

Letícia Raposo Basílio

Aproveitamento estratégico de perfis estruturais de qualidade superficial S-2 para redução da sobrequalidade e direcionamento comercial em processos siderúrgicos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção

Aprovada em 31 de agosto de 2026

Membros da banca

Dr. Aloísio de Castro Gomes Júnior - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Maurinice Daniela Rodrigues - (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dr. Magno Silvério Campos - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Aloísio de Castro Gomes Júnior, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 31/08/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Aloísio de Castro Gomes Junior, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 31/08/2026, às 17:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1179730** e o código CRC **2ACECB51**.

A todas as pessoas que, de alguma forma, deixaram um pouco de si pelo caminho e contribuíram para que eu chegasse até aqui, tornando essa jornada ainda mais especial, minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTO

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ser a força que me sustentou em cada desafio e por iluminar o meu caminho ao longo desses anos.

Ao meu pai, Jaques, por ser fonte de inspiração diária, e à minha mãe, Cláudia, pelo apoio e carinho incondicional. Obrigada por serem meu alicerce e por tornarem este sonho realidade.

Ao meu irmão, Murilo, que, mesmo sem perceber, foi o meu porto seguro.

À toda a minha família, que é a minha base. Obrigada por cada gesto de amor e cuidado.

Aos amigos que a vida me deu em Ouro Preto. Vocês tornaram essa jornada mais leve, bonita e inesquecível. Em especial, à Faz de Conta, que foi a minha família longe de casa.

À Projet, por despertar em mim o propósito e a paixão pela Engenharia de Produção. Agradeço também ao time Supply Chain Produzir, pelos ensinamentos valiosos que enriqueceram minha formação acadêmica e profissional.

À Universidade Federal de Ouro Preto e à Escola de Minas, pelo ensino de qualidade. Minha profunda admiração e sincero agradecimento a cada professor que fez parte dessa conquista.

R E S U M O

O presente trabalho analisa a viabilidade técnica e comercial da ampliação do portfólio de perfis estruturais com qualidade superficial S-2, padrão que apresenta imperfeições estéticas superficiais, mas preserva integralmente as propriedades mecânicas do produto, visando mitigar o fenômeno da sobrequalidade e otimizar o direcionamento comercial em uma indústria siderúrgica. O estudo caracteriza-se como um estudo de caso de abordagem quantitativa, baseado na análise de dados de faturamento e valorização de estoque no período de 2023 a 2025, com foco em um cliente do segmento de fundações de obras. Foram aplicados métodos como classificação ABC, consistência de demanda e taxa de crescimento anual composto (CAGR). Os resultados evidenciam que o cliente já apresenta preferência pelo consumo de perfis S-2, os quais, apesar de apresentarem qualidade superficial inferior, atendem plenamente às exigências mecânicas da aplicação. Observou-se ainda que os custos unitários entre os padrões são equivalentes, indicando que a comercialização do S-2 não compromete a margem. Dessa forma, conclui-se que a integração estratégica de perfis S-2 ao portfólio contribui para reduzir desperdícios, aumentar a eficiência produtiva e capturar oportunidades de receita, transformando uma limitação operacional em vantagem competitiva.

Palavras chaves: planejamento e controle da produção; qualidade de superfície; portfólio de produtos; sobrequalidade.

ABSTRACT

This study analyzes the technical and commercial viability of expanding the portfolio of structural steel profiles with S-2 surface quality, a standard that presents superficial aesthetic imperfections but fully preserves the product's mechanical properties, aiming to mitigate the over quality phenomenon and optimize commercial allocation in a steel industry. The study is characterized as a quantitative case study, based on the analysis of revenue and inventory valuation data covering the period from 2023 to 2025, focusing on a customer in the building foundation segment. Methods such as ABC classification, demand consistency, and compound annual growth rate (CAGR) were applied. The results show that the customer already prefers consuming S-2 profiles, which, despite their lower surface quality, fully meet the mechanical requirements of the application. It was also observed that unit costs between the two standards are equivalent, indicating that marketing the S-2 standard does not compromise profit margins. Thus, it is concluded that the strategic integration of S-2 profiles into the portfolio contributes to reducing waste, increasing production efficiency, and capturing revenue opportunities, turning an operational limitation into a competitive advantage.

Keywords: production planning and control; surface quality; product portfolio; *over quality*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre custos de estoque.....	16
Figura 2: Fluxograma de produção do aço simplificado	19
Figura 3: Perfil laminado em formato “W”	20
Figura 4: Perfil laminado em formato “H”	21
Figura 5: Perfil laminado em formato “U”	21
Figura 6: Conformação mecânica durante a laminação.....	22
Figura 7: Processo de laminação à quente.....	23
Figura 8: Exemplos de cilindros utilizados no processo de laminação de perfis	24
Figura 9: Perfis laminados sem vs. com desgaste de cilindro	29
Figura 10: Cravação de perfil metálico	30
Figura 11: Gráfico de Pareto – consumo do cliente X no período de 2023 a 2025.....	41
Figura 12: Taxa de crescimento anual composta (CAGR) por material de 2023 a 2025	42
Figura 13: Volume (ton) consumido por par de maior representatividade entre 2023 e 2025	45
Figura 14: Variação percentual do custo unitário médio S-2 em relação ao S-1, por perfil de 2023 a 2025	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Faturamento do cliente X em relação ao total faturado ao longo do período de análise	31
Tabela 2: Exemplo do fluxo de cálculo do preço final de um perfil em janeiro de 2023	32
Tabela 3: Consumo do cliente X em janeiro de 2023 – Família “BB_HPW310X79_202”	34
Tabela 4: Exemplos de aplicação dos indicadores de consistência e tendência de consumo	35
Tabela 5: Comparação média entre o preço unitário SKU’s S-1 vs S-2	36
Tabela 6: Classificação ABC, CAGR e consistência de demanda por material.....	39
Tabela 7: Relação do volume consumido entre os pares de maior representatividade 2023-2025.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Contextualização do Problema	10
1.2	Objetivos.....	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos	12
1.3	Justificativa	12
1.4	Estrutura do Trabalho	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Planejamento e Controle da Produção.....	14
2.1.1	Programação da Produção	15
2.1.2	Estratégia de Produção: Make to Stock (MTS)	16
2.1.3	Classificação de estoques e previsão de demanda.....	17
2.2	Contextualizando a indústria siderúrgica.....	18
2.2.1	Laminação e desafios operacionais	22
2.3	Gestão da qualidade	24
2.3.1	Interface entre gestão da qualidade e planejamento e controle da produção	25
2.4	Gestão do portfólio	26
3	METODOLOGIA.....	28
3.1	Descrição do cenário estudado	28
3.2	Coleta de dados.....	31
3.2.1	Dados de faturamento.....	31
3.2.2	Dados de valorização de estoque	32
3.3	Tratamento e análise dos dados	33
3.3.1	Faturamento	33
3.3.2	Valorização de estoque	36
3.3.3	Faturamento vs. custo	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1	Comportamento de consumo do cliente por material	38
4.2	Oportunidades de integração de novas bitolas S-2 ao portfólio	42
4.3	Diferencial de custo entre os padrões S-1 e S-2	43
4.3.1	Comparação de faturamento entre os pares de maior representatividade... 43	
4.3.2	Diferencial de custo unitário médio.....	46
4.4	Estimativa qualitativa do potencial de ganhos com a expansão do portfólio S-2.....	47

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do Problema

O planejamento e controle da produção (PCP) é um processo fundamental para a garantia do cumprimento de metas das organizações industriais. De forma estratégica e orientada a resultados, permite o alinhamento entre os recursos disponíveis, capacidade produtiva e demanda do mercado, assegurando que a produção ocorra com eficiência, no tempo adequado e conforme os padrões de qualidade estabelecidos. No contexto da laminação de perfis estruturais em indústria siderúrgica, o PCP revela grande importância não apenas na programação do processo de produção, como também, em decisões relacionadas à configuração e ao posicionamento do portfólio de produtos deste setor.

Dentre os desafios enfrentados pelo PCP nesse ambiente, destaca-se a gestão do desgaste natural dos cilindros de laminação. Ao longo do processo produtivo, o atrito e o desgaste térmico progressivo desses cilindros comprometem gradualmente o acabamento da superfície de trabalho, o que se reflete diretamente no acabamento do perfil laminado. Esse fenômeno, reconhecido na rotina operacional, ocasiona a geração de perfis estruturais classificados com qualidade superficial S-2: produtos que, embora apresentem imperfeições estéticas, preservam integralmente as propriedades mecânicas e a resistência estrutural exigidas pelas normas técnicas. A problemática central, portanto, reside em como integrar a produção e a comercialização dos perfis S-2 ao portfólio principal de produtos, considerando restrições operacionais como capacidade do laminador, demanda de mercado para diferentes aplicações e a geração de refugo.

A gestão ineficiente desse processo resulta na perda de oportunidades de receita e na persistência da sobrequalidade, fenômeno em que o nível de qualidade oferecida excede as necessidades reais e funcionais do cliente, como ao destinar perfis de acabamento superficial de alto padrão (S-1) para aplicações em que a estética é irrelevante. Essa desconexão é acentuada pela dinâmica do mercado para o S-2. O comportamento de compra dos clientes que utilizam perfis S-2, especialmente no segmento da construção civil, com destaque para as fundações, configura-se ao modelo organizacional *Make to Stock* (MTS), no qual a produção antecipada visando estocar é essencial para atender demandas vinculadas ao cronograma acelerado de obras. Logo, a ausência de um estoque planejado de S-2 força o cliente a optar pelo S-1 disponível, perpetuando o ciclo da sobrequalidade.

Adicionalmente, a gestão da produção organizada por famílias de produtos mostra-se fundamental para a eficiência do processo de laminação. As famílias correspondem ao agrupamento de perfis de diferentes dimensões (bitolas) que compartilham características geométricas similares, como a sua altura interna. Tal classificação é essencial para permitir que mais de um produto existente no portfólio seja laminado utilizando o mesmo conjunto de canais dos cilindros, desde que apresentem geometria compatível. Os canais são entalhes moldados na superfície dos cilindros que transformam o material até a sua geometria final. Assim, o agrupamento em famílias possibilita otimizar a configuração das ferramentas de conformação mecânica.

Associada a essa organização, a campanha de cilindros define-se como a tonelagem prevista padrão para laminação em um cilindro específico, representando o intervalo técnico de utilização da ferramenta antes de uma nova intervenção. Para cada família, esse limite máximo de tonelagem por campanha estabelece o ponto crítico até o qual o padrão de acabamento superficial S-1 é garantido. À medida que a produção avança e o desgaste natural das superfícies dos cilindros progride, a conformidade estética diminui, resultando, de forma previsível, na geração de perfis classificados como S-2. Portanto, compreender esses limites e monitorar sistematicamente o volume produzido por campanha fundamenta uma gestão estratégica do S-2. Essa abordagem permite programar o excedente de produção como uma oferta planejada e direcionada ao mercado de fundações de obras, transformando o que seria uma restrição técnica de desgaste em uma oportunidade comercial estruturada.

Diante disso, a análise do histórico de faturamento, com foco em um cliente específico que adquire perfis estruturais de aplicação S-2 para as fundações de obras, revela-se como uma ferramenta importante para a compreensão da demanda e identificação de oportunidades. Ao examinar tais padrões de compra é possível compreender a viabilidade de manter e expandir esse portfólio diferenciado. Essa investigação ainda permite otimizar o planejamento e programação da produção e a gestão dos estoques, alinhando a geração programada de perfis S-2 com uma estratégia comercial ativa, assegurando que esse produto seja direcionado de forma eficiente a mercados nos quais suas características atendem às necessidades dos clientes.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade técnica e comercial da ampliação do portfólio de perfis estruturais com padrão de qualidade superficial S-2, com base no comportamento da demanda de um cliente representativo do segmento de fundações de obras e do diferencial de custo entre os padrões S-1 e S-2, de modo a maximizar a eficiência produtiva e eliminar custos associados ao fenômeno da sobrequalidade.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Mapear o comportamento de consumo do cliente, identificando os padrões de compra, consistência e tendência de demanda;
- Identificar a possibilidade de integração de diferentes bitolas S-2 ao portfólio comercial da indústria;
- Comparar o diferencial de custo entre os padrões S-1 e S-2 para os pares de maior representatividade;
- Estimar, de forma qualitativa e exploratória, o potencial de ganhos econômicos decorrentes da comercialização do S-2, considerando indicadores como aumento de rentabilidade, redução de desperdícios e melhor uso da capacidade instalada.

1.3 Justificativa

Este trabalho justifica-se pela necessidade de transformar um desafio operacional recorrente em uma vantagem de mercado. A produção de perfis S-2, inerente ao processo de laminação, tem sido tradicionalmente tratada como uma limitação técnica, gerando refugo ou comercialização marginal, ou seja, o material é tratado como um subproduto indesejado no processo de produção. Entretanto, sua gestão apresenta um potencial de geração de valor, ainda pouco explorado pela indústria siderúrgica em estudo.

Do ponto de vista prático, a pesquisa visa otimizar um processo operacional crítico e de alto custo. A implementação de um modelo estruturado para o S-2 pode permitir estender as campanhas de produção e reduzir a necessidade de intervenções para a troca dos cilindros. Como consequência, materiais que anteriormente poderiam ter seu

potencial comercial subaproveitado passam a ser direcionados a aplicações compatíveis com suas características, gerando receita adicional e maior eficiência operacional. Além disso, a expansão do portfólio possibilita à organização ampliar seu atendimento e eliminar o desperdício associado à oferta desnecessária do padrão S-1.

Sob a perspectiva acadêmica, este trabalho integra conceitos fundamentais de gestão da qualidade e planejamento e controle da produção. Demonstra, por meio de um caso real na indústria siderúrgica, como variáveis técnicas inerentes ao processo podem fundamentar decisões estratégicas de portfólio e segmentação de mercado. Dessa forma, oferece um modelo replicável para transformar restrições operacionais em vantagens competitivas.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi estruturado em 5 capítulos. A presente introdução revela o contexto do estudo, o problema de pesquisa, os objetivos e a justificativa do tema.

O capítulo 2 diz respeito à revisão bibliográfica, abordando os fundamentos teóricos que embasam o trabalho, com ênfase nos conceitos de planejamento e controle da produção, gestão de estoques, qualidade no contexto industrial e caracterização do setor siderúrgico.

O capítulo 3 descreve a metodologia adotada, detalhando a classificação da pesquisa, as fontes de dados utilizadas e os procedimentos de coleta, tratamento e análise das informações.

O capítulo 4 apresenta os resultados e a discussão, estruturados em torno da análise de consumo por material, da identificação das oportunidades de criação de novos materiais S-2 e da análise do diferencial de custo entre os padrões S-1 e S-2.

Por fim, o capítulo 5 traz as considerações finais as quais sintetizam as conclusões do estudo, suas limitações e as contribuições da pesquisa, além de indicar possibilidades para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Planejamento e Controle da Produção

A gestão da produção, aliada à busca constante por eficiência, evidencia que ambientes industriais caracterizados pela variedade de produtos e pela presença de restrições operacionais demandam sistemas capazes de integrar decisões relacionadas à capacidade produtiva e à qualidade ao longo de todos os processos. Segundo Cardoso (2021), o planejamento e controle da produção (PCP) atua como um elo importante entre as áreas comercial, produtiva e logística, possibilitando que as diretrizes estratégicas da empresa sejam traduzidas em planos operacionais viáveis e executáveis. Nesse contexto, é essencial assegurar o uso eficiente dos recursos disponíveis, alinhando a produção às reais necessidades do mercado.

Ainda de acordo com Cardoso (2021), o PCP é responsável por orientar o sistema produtivo, definindo o que produzir, em que quantidade, em qual momento e de que forma os recursos devem ser utilizados. Diante das limitações inerentes à produção de cada produto, desalinhamentos entre estas decisões podem resultar em consequências operacionais significativas, como desequilíbrios entre oferta e demanda, utilização ineficiente da capacidade e geração de desperdícios ao longo da cadeia produtiva.

A eficácia do planejamento, contudo, não se restringe apenas ao cumprimento de prazos e volumes solicitados, mas está intrinsecamente ligada às propriedades dos materiais. Em ambientes industriais com um elevado número de SKU's (*Stock Keeping Units*), códigos únicos que possibilitam a identificação e diferenciação de cada produto no estoque, evidencia a importância de alinhar estrategicamente o que é programado e produzido ao nível de faturamento e às diferentes aplicações dos produtos, de modo a assegurar a coerência entre a disponibilidade dos produtos em estoque e necessidade de consumo.

Além disso, Slack, Brandon-Jones e Burgess (2023) afirmam que as operações de uma empresa devem seguir objetivos de desempenho estratégicos, os quais envolvem indicadores de qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo, sendo a priorização desses critérios dependente do posicionamento competitivo da organização. Entre esses objetivos, a confiabilidade no atendimento assume papel relevante, pois está associada à capacidade da empresa de cumprir o que foi prometido aos clientes. Segundo os autores, falhas na confiabilidade tendem a comprometer a percepção de valor do

cliente, exigindo maior esforço de coordenação entre planejamento, produção e gestão de estoques.

Nesse sentido, é notório que o PCP não deve ser compreendido apenas como um conjunto de rotinas operacionais, mas como um sistema de apoio à tomada de decisão, capaz de sustentar escolhas estruturadas à todas as áreas da organização. Essa visão estratégica se consolida por meio de processos integrados, especialmente pelo alinhamento direto entre os âmbitos financeiro, operacional, comercial e de recursos humanos, o que, segundo Mendes (2023), possibilita transformar o planejamento em um processo contínuo de melhoria da gestão do negócio e consequente aumento da lucratividade.

2.1.1 Programação da Produção

Programar a produção consiste em decidir quando e em qual sequência serão realizadas as tarefas, o quanto produzir e quais recursos serão necessários (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2019). Essa atividade representa o nível operacional do PCP e possui uma visão de curto prazo, sendo responsável por detalhar a execução das atividades. Enquanto o planejamento macro, materializado no Plano Mestre de Produção (PMP), define o que será feito, a programação foca na decisão precisa de execução e sequenciamento das várias atividades de modo que os prazos e quantidades sejam atendidos. Conforme destacam Slack, Brandon-Jones e Burgess (2023), a eficácia dessa etapa impacta diretamente os objetivos de desempenho, especialmente a flexibilidade e a confiabilidade, ao coordenar o fluxo de materiais para cumprir o que foi planejado.

O PMP tem por objetivo estruturar o sistema produtivo para atender da forma mais eficaz possível o plano de vendas (previsão de médio prazo e pedidos em carteira) para os períodos futuros. A elaboração do PMP se inicia com a transformação das informações desse plano de vendas em informações úteis à produção. (SANTOS *et al.*, 2020, p. 86).

Nesse contexto de detalhamento operacional, o tempo de preparação das máquinas (*setup*) destaca-se como um dos principais limitadores da eficiência operacional. É definido como o intervalo transcorrido para a realização de todas as tarefas de troca de ferramenta, desde a conclusão da última peça do lote anterior até a produção da primeira peça boa do lote posterior (PARISOTTO; PACHECO, 2015). Segundo Haase e Kimms (1996), essa complexidade aumenta significativamente quando os custos e tempos de

preparação são dependentes da sequência, uma vez que o esforço para configurar uma máquina varia conforme a ordem das tarefas, sendo que trocas entre itens de famílias diferentes costumam ser mais onerosas e demoradas do que trocas entre itens da mesma família.

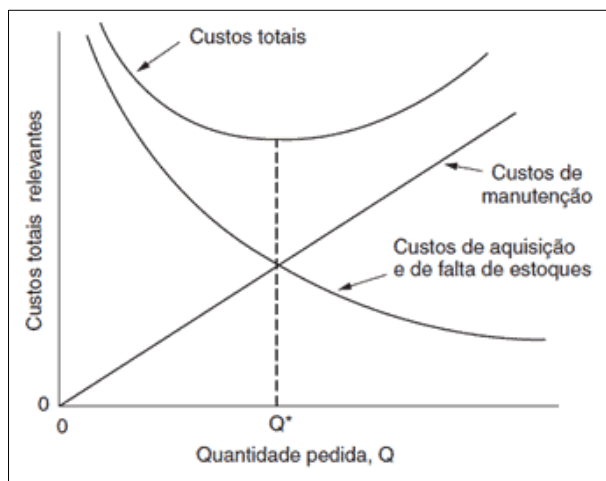
Dessa forma, a programação eficiente deve tratar o dimensionamento de lotes e o sequenciamento de forma simultânea.

2.1.2 Estratégia de Produção: Make to Stock (MTS)

A adoção de estratégias referentes aos estoques requer uma análise criteriosa de *trade-off* (escolha entre alternativas conflitantes): nesse caso, conveniência da disponibilidade de material versus custos associados à manutenção dos estoques. Como destaca Ching (2022), uma gestão de estoques eficaz gira em torno do equilíbrio entre três categorias de custos antagônicos: custos de manutenção (que crescem com o nível de estoque), custos de aquisição (relacionados à emissão de pedidos) e os custos de falta (decorrentes de ruptura de estoque ou insatisfação de clientes). Logo, o equilíbrio entre esses pontos assegura o nível de serviço exigido por um mercado competitivo.

A Figura 1 ilustra essa relação: os custos de manutenção crescem à medida que a quantidade pedida (Q) aumenta, enquanto os custos de aquisição e de falta seguem trajetória inversa, decrescendo conforme o volume estocado se eleva. A curva de custos totais resulta da soma dessas duas tendências, e seu ponto mínimo (Q^*) representa a quantidade de pedido que melhor equilibra os dois tipos de custo.

Figura 1: Relação entre custos de estoque



Fonte: Ballou (2006)

Conforme Martelli e Dandaro (2015), os custos de manutenção possuem uma trajetória ascendente, pois estocar grandes volumes implica em maior capital empatado, ocupação de espaço valioso e riscos de deterioração ou obsolescência. Já os custos de aquisição e os custos de falta seguem uma tendência descendente: o de aquisição reduz-se ao processar menos pedidos com lotes maiores, enquanto o de falta diminui conforme a empresa garante proteção contra incertezas na demanda.

A decisão por manter estoques está intrinsecamente ligada à estratégia de produção adotada pela organização, que define o grau de envolvimento do cliente na definição do produto final e o ponto no ciclo produtivo em que o pedido desencadeia as atividades de produção. Conforme a classificação amplamente adotada, tipologias básicas de produção são: *Make-to-Stock* (MTS – Produção para Estoque), *Assembly-to-Order* (ATO – Montagem sob Encomenda), *Make-to-Order* (MTO – Produção sob Encomenda) e *Engineering-to-Order* (ETO – Engenharia sob Encomenda).

A estratégia MTS caracteriza-se pela produção de itens padronizados com base em previsões de demanda, mantendo estoques de produtos acabados para garantir rapidez na entrega. Sua principal vantagem reside na alta confiabilidade de atendimento, mas incorre em elevados custos de manutenção de estoques e oferece baixa ou nenhuma customização ao cliente (BREMER; LENZA, 2000). É a estratégia mais adequada para produtos de demanda previsível, onde o tempo de resposta é crítico e as especificações são padronizadas.

Ainda conforme destacam Bremer e Lenza (2000), a produção para estoque é sustentada por um plano agregado de vendas, que consolida as metas de comercialização em termos de grupos de produtos ou segmentos de mercado, abrangendo um horizonte de planejamento. Este plano orienta a elaboração do plano de produção, cuja função é converter as intenções de venda em metas produtivas reais. Os autores ressaltam que a eficácia desse encadeamento, da previsão ao planejamento agregado, é o que permite à empresa lidar com as incertezas, equilibrando a necessidade de disponibilidade imediata de material com a viabilidade operacional e os custos de manutenção de estoques.

2.1.3 Classificação de estoques e previsão de demanda

Uma das ferramentas mais utilizadas para a classificação de estoques é a curva ABC, fundamentada no princípio de Pareto. De acordo com Pozo (2019), esse princípio estabelece que, em muitos fenômenos, aproximadamente 80% dos efeitos são decorrentes

de 20% das causas. Aplicado à gestão de estoques, isso significa que uma pequena parcela dos itens costuma representar a maior parte do valor movimentado ou do consumo total, sendo os itens em estoque classificados conforme sua relevância econômica ou movimentação. Assim, os itens da classe A representam a parcela mais significativa do valor movimentado e, por isso, demanda maior atenção gerencial, enquanto os itens das classes B e C possuem importância intermediária e menor, respectivamente.

Paralelamente à classificação dos estoques, a previsão de demanda desempenha papel fundamental no planejamento das operações. Conforme Slack, Brandon-Jones e Burgess (2023), a previsão de demanda consiste na estimativa do consumo futuro de produtos com base em dados históricos e padrões observados ao longo do tempo. Essas informações fornecem suporte para decisões relacionadas à produção, compras e dimensionamento dos níveis de estoque.

Segundo Corrêa, Ganesi e Caon (2019), a acuracidade das previsões exerce influência direta sobre o desempenho do Planejamento e Controle da Produção (PCP), uma vez que erros de previsão podem resultar tanto em rupturas de estoque quanto em excesso de materiais armazenados.

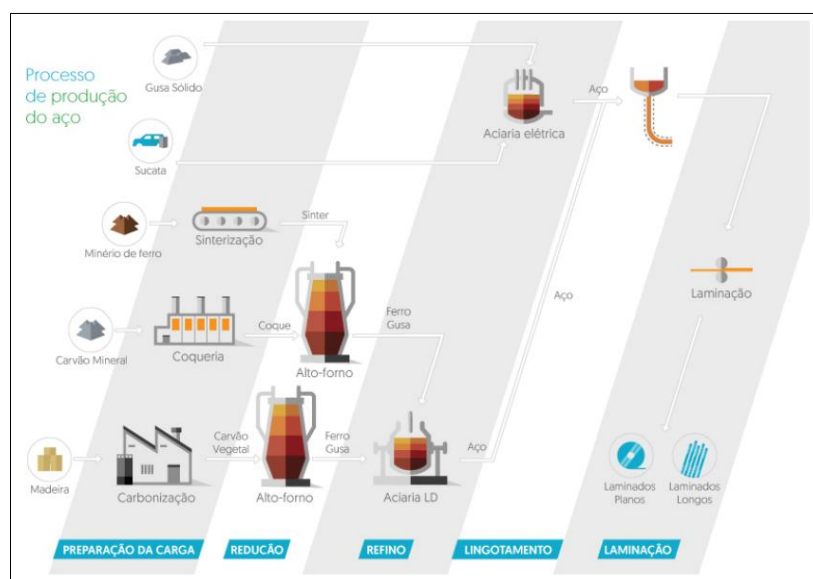
2.2 Contextualizando a indústria siderúrgica

De acordo com os estudos de Bolota (2019), a siderurgia, compreendida como o conjunto de técnicas empregadas na produção e transformação do ferro e do aço, consolida-se como uma indústria de base fundamental para o desenvolvimento econômico. O aço mantém sua posição como o material mais empregado industrialmente na fabricação de bens de produção e consumo, atendendo a setores estratégicos como construção civil, automotivo, naval e infraestrutura. Para distinguir tecnicamente o campo de atuação dessa indústria em relação à metalurgia geral, o Caderno do Cade (2022) esclarece:

A siderurgia é um ramo específico da metalurgia, que consiste na atividade de extração dos metais dos seus respectivos minérios, preparando-os para os seus diversos usos. Ambas são indústrias que produzem metal; a diferença é o tipo de metal produzido por elas. Enquanto a metalúrgica atua num campo mais amplo, produzindo diversos tipos de metais (como alumínio e cobre), a siderúrgica trabalha exclusivamente na produção de ferro e aço.

Sendo assim, a centralidade produtiva da siderurgia deve-se às propriedades mecânicas e à versatilidade do aço, uma liga de ferro com teores de carbono baixos, passível de ser conformado por processos como a laminação e direcionado para múltiplas aplicações. O setor opera majoritariamente por meio de duas rotas produtivas: a integrada, a partir do minério de ferro, e a semi-integrada, baseada na sucata, convergindo ambas para a produção de semiprodutos destinados à laminação (BOLOTA, 2019). A Figura 2 sintetiza esse fluxo produtivo, evidenciando as duas rotas, desde as matérias-primas até os produtos laminados finais.

Figura 2: Fluxograma de produção do aço simplificado



Fonte: Instituto Aço Brasil (2018)

A partir desse panorama, o CADE (2022) detalha a complexidade da cadeia produtiva em questão, dividindo a fabricação do aço em quatro etapas fundamentais: preparação da carga, redução, refino e laminação.

Na fase inicial, o minério de ferro é aglomerado por meio da sinterização, processo que transforma finos de minério em um material denominado sinter, com granulometria adequada para a fusão. Já o carvão mineral é submetido à destilação (coqueificação) em fornos específicos, processo que elimina impurezas voláteis e produz o coque, um combustível sólido e poroso de alto teor carbônico. Ambos os produtos, sinter e coque, são então carregados juntamente com a carga metálica para iniciar a etapa de redução.

Na etapa de redução, as matérias-primas (sinter e coque) são submetidas a injeção de ar quente (oxigênio aquecido a 1000° C). O calor gerado funde a carga e reduz o

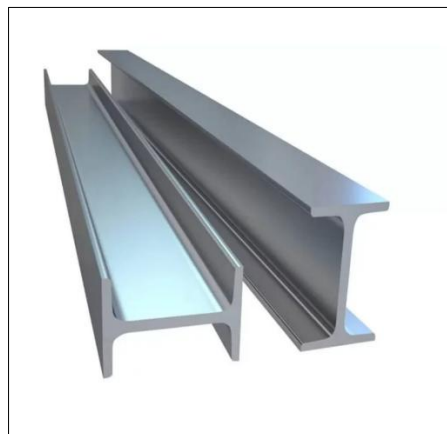
minério, resultando no ferro-gusa, uma liga líquida com elevado teor de carbono. Este material segue então para o refino na aciaria, onde, mediante a queima de impurezas e adições de elementos de liga, é transformado efetivamente em aço e solidificado, via lingotamento contínuo, em semiprodutos como lingotes e blocos (CADE, 2022).

Conforme descreve o documento anterior, é na fase de laminação que os semiprodutos sólidos são deformados mecanicamente por equipamentos laminadores. O aço é processado para adquirir suas dimensões finais, transformando-se em uma vasta diversidade de produtos siderúrgicos, como as chapas grossas, perfis e bobinas à quente.

Tais produtos acabados, em especial os perfis, encontram aplicações estruturais fundamentais na economia. Mais do que componentes de linha de produção, os perfis em formatos como "W", "I" e "U" constituem o esqueleto metálico de grandes empreendimentos. Sua utilização é crítica em obras de infraestrutura, como pontes e viadutos, e na construção civil pesada, servindo como pilares e vigas que garantem a estabilidade de edifícios de múltiplos andares e galpões industriais (ROCHA, 2022). Portanto, a eficiência de sua produção influencia diretamente na execução e na segurança de importantes projetos.

A Figura 3 apresenta um exemplo de perfil laminado no formato "W", cuja seção em "I" apresenta abas largas e paralelas, com altura geralmente superior à largura das abas. Esse perfil é otimizado para resistir a esforços de flexão com alto momento de inércia, sendo amplamente utilizado em vigas principais de estruturas metálicas devido à sua eficiência mecânica (AISC, 2017).

Figura 3: Perfil laminado em formato "W"



Fonte: Brasferaço (2026)

A Figura 4 apresenta um perfil laminado no formato "H", que possui geometria semelhante ao W, porém com maior robustez e proporções mais equilibradas entre a altura da alma (a parte central e vertical do perfil, que conecta as duas abas) e a largura das abas. Esse perfil é indicado principalmente para resistir a esforços de compressão e melhor desempenho em elementos estruturais submetidos predominantemente a cargas axiais, como pilares (EN 1993-1-1, 2005).

Figura 4: Perfil laminado em formato “H”



Fonte: Sucesso Aços (2026)

Por fim, a Figura 5 apresenta um perfil laminado em formato de “U”, com seção aberta e menor rigidez à torção. Devido a esse comportamento assimétrico, é utilizado em estruturas leves e de menor solicitação mecânica (HIBBELER, 2018).

Figura 5: Perfil laminado em formato “U”

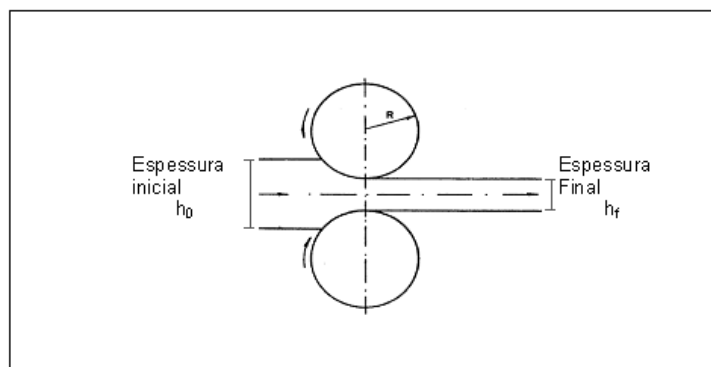


Fonte: AÇOMIX (2026)

2.2.1 Laminação e desafios operacionais

O processo de laminação consiste na modificação da seção transversal de um metal por meio de sua passagem sucessiva entre dois ou mais cilindros rotativos, cuja distância é inferior à espessura inicial do material, promovendo uma deformação plástica controlada. A laminação não ocorre em uma única etapa, sendo necessária a realização de múltiplas passagens pelo laminador até que o produto atinja as dimensões e o formato especificados (SANTOS; QUADROS, 2018). A Figura 6 esquematiza esse princípio: ao passar entre os cilindros, o material tem sua espessura reduzida de um valor inicial (h_0) para um valor final (h_f), efeito obtido pela força de compressão exercida pelos rolos em movimento rotativo.

Figura 6: Conformação mecânica durante a laminação



Fonte: Serrametal (2020)

Os perfis estruturais são laminados a partir de semiprodutos como blocos ou *beam blanks* (peças de aço que já possuem uma forma inicial aproximada de "H" ou "I", similar ao perfil acabado). Esses semiprodutos são aquecidos antes da laminação para facilitar a deformação posterior do material. Conforme destaca Bolota (2019), no caso de produtos longos, categoria à qual pertencem os perfis, o projeto de sequenciamento dos passes entre os cilindros é um fator essencial, pois garante que a conformação ocorra de forma controlada, evitando defeitos geométricos e assegurando a qualidade final.

A Figura 7 ilustra, a título de exemplo, o processo de laminação a quente em operação, no qual o material, aquecido para facilitar sua deformação plástica, é conformado em alta temperatura ao passar pelos cilindros do laminador.

Figura 7: Processo de laminação à quente



Fonte: Usina Jr. (2022)

A viabilidade desse planejamento, contudo, esbarra na natureza técnica das ferramentas de conformação. Segundo Rodrigues (2014), os perfis laminados ganham destaque em aplicações estruturais importantes, como estacas de fundação, mas sua produção depende de cilindros de laminação, que são considerados elementos críticos do processo devido à sua vida útil limitada. Esses componentes sofrem constantes solicitações mecânicas e térmicas, resultando em problemas de desgaste, que alteram gradualmente a superfície de trabalho dos rolos. Conforme o desgaste progride, a capacidade de manter o acabamento superficial e o controle dimensional rigoroso diminui, especialmente nos passes finais de acabamento, onde a rugosidade do cilindro impacta diretamente a conformidade estética do produto.

A Figura 8 apresenta exemplos de cilindros utilizados no processo de laminação de perfis, evidenciando as dimensões e a robustez desses componentes, cuja superfície de trabalho é justamente a região sujeita ao desgaste progressivo citado anteriormente. Como pode ser observado na figura em questão, os cilindros são estruturas metálicas de grande porte, compostas por um corpo central, onde efetivamente ocorre a conformação do material, e extremidades (moentes) responsáveis pela fixação e pelo acionamento rotativo dentro do laminador. É justamente na superfície do corpo central que se concentram as solicitações mecânicas e térmicas responsáveis pelo desgaste.

Figura 8: Exemplos de cilindros utilizados no processo de laminação de perfis



Fonte: CSN (2021)

Além disso, Pimentel (2016) evidencia que paradas acidentais do laminador, particularmente as de origem mecânica, constituem um fator significativamente prejudicial à produtividade e cumprimento do plano operacional, afetando diretamente o atendimento aos clientes e os resultados econômicos da operação. O desgaste progressivo das superfícies dos cilindros, nesse sentido, não apenas compromete a qualidade, mas também eleva o risco de falhas súbitas, que desencadeiam paradas corretivas e ampliam as perdas produtivas.

2.3 Gestão da qualidade

A qualidade pode ser utilizada como uma estratégia competitiva pelas organizações a partir da análise do ambiente interno e externo em que estão inseridas. Segundo Britto (2015), antes de investir, a empresa precisa definir claramente qual tipo de qualidade deseja oferecer, uma vez que esse conceito varia conforme o posicionamento estratégico adotado. Esse posicionamento influencia diretamente a forma como o produto é percebido pelo consumidor, podendo estar associado a atributos como durabilidade, custo-benefício, design ou segurança. No entanto, a qualidade percebida pelo mercado é subjetiva e depende das expectativas e experiências do cliente.

Slack, Brandon-Jones e Burgess (2023) ressaltam que entregar produtos e serviços consistentemente conforme a especificação não apenas garante a satisfação do cliente externo, mas também simplifica a gestão interna da operação. Esse entendimento é reforçado pela perspectiva prática da qualidade:

É a parte prática, e não a teoria, um tanto excessiva em muitas empresas, que demonstra o quanto uma organização está realmente preocupada em melhorar seus índices de produtividade, o padrão de atendimento prestado aos seus clientes e seu nível de competitividade no mercado (GONZALEZ; MARTINS, 2015 apud SOUZA, 2018, p. 42).

Dennis (2011) complementa essa discussão ao demonstrar que a busca pela qualidade deve estar associada à eliminação de atividades que não agregam valor ao produto. O autor categoriza oito tipos de desperdícios presentes nos sistemas produtivos, entre os quais se destaca, nesse contexto, o superprocessamento (*overprocessing*). Esse desperdício ocorre quando são aplicados ao produto níveis de processamento superiores àqueles efetivamente demandados por sua função ou pelas expectativas do cliente.

No entanto, quando esse excesso é motivado por uma concepção de qualidade que supera as reais demandas do mercado ou da aplicação, ele se configura especificamente como sobrequalidade, tratado pelos autores como uma forma de "perfeccionismo". Esse fenômeno ocorre quando a empresa incorpora ao produto características técnicas, tolerâncias dimensionais ou acabamentos estéticos superiores aos exigidos, consumindo recursos como materiais, energia e tempo de máquina, sem agregar valor real ou percepção positiva ao usuário final.

Desse modo, a gestão da qualidade deve ser orientada pelo princípio da adequação ao uso (*fitness for use*), o qual define a qualidade não como uma busca abstrata pela perfeição técnica, mas como a capacidade de um produto atender, de forma consistente, às necessidades reais de quem o utiliza (JURAN; GODFREY, 1999). Aplicar esse conceito permite identificar e evitar tanto a qualidade insuficiente, que gera não conformidades e retrabalho, quanto a sobrequalidade, que resulta em custos adicionais sem contrapartida em valor percebido.

2.3.1 Interface entre gestão da qualidade e planejamento e controle da produção

Embora o planejamento e controle da produção e a gestão da qualidade sejam frequentemente tratados como sistemas independentes na estrutura das organizações, a literatura aponta que a integração entre eles é determinante para a eficácia de ambos. Sukster (2006) argumenta que a incorporação do PCP ao sistema de gestão da qualidade tem como objetivo agregar valor a esse sistema por meio da vinculação direta entre as decisões de programação da produção e os requisitos de conformidade estabelecidos pela

qualidade, de modo que ambos operem sobre uma base de informação compartilhada. Essa perspectiva reforça que decisões aparentemente restritas ao âmbito técnico da produção, como a definição de volumes, sequenciamento e uso de recursos, possuem implicações diretas sobre o desempenho da qualidade, e vice-versa.

Essa articulação teórica encontra respaldo em estudos aplicados. Soares, Câmara e Souza (2023) destacam que a gestão da qualidade não deve ser tratada como uma função isolada, mas como um conjunto de ferramentas que sustenta a eficiência do sistema produtivo como um todo, impactando diretamente indicadores de produtividade e desperdício. Na mesma direção, porém em um contexto mais específico, Fernandes, Sousa e Santos (2021), em estudo de caso no processo de mineração, evidenciam como falhas na gestão da qualidade se refletem em divergências de estoque, reforçando que decisões de qualidade e decisões de controle de produção e estoque estão intrinsecamente conectadas.

No campo específico da laminação, essa interdependência se confirma de forma ainda mais direta. Fernandes et al. (2013) demonstram, em estudo de caso quantitativo sobre o PCP de cilindros de laminação, que a programação da produção desse insumo crítico deve considerar de forma integrada as restrições técnicas de desgaste e os objetivos de eficiência produtiva.

2.4 Gestão do portfólio

O desenvolvimento de produtos é reconhecido como um processo de negócio cada vez mais crítico para a competitividade das organizações, especialmente diante da crescente diversidade de demanda. Segundo Amaral, Silva e Scalice (2006), este processo consiste em um conjunto de atividades que traduz as necessidades dos clientes e as restrições tecnológicas em especificações de projeto e processos de produção factíveis. No contexto siderúrgico, essa definição sustenta a inclusão estratégica de novos produtos no portfólio da empresa, como uma resposta planejada para atender segmentos específicos. Essa visão complementa diretamente o conceito de adequação ao uso de Juran, uma vez que exige que a organização não apenas evite a sobrequalidade, mas integre estrategicamente diferentes níveis de qualidade em seu portfólio.

A manutenção de um portfólio diversificado e disponível é um determinante direto da confiabilidade, um dos objetivos de desempenho estratégicos fundamentais para qualquer operação industrial.

No contexto do modelo MTS, a ausência de um estoque de produtos estratégico cria um dilema de atendimento: a organização acaba forçando o cliente a consumir o padrão de qualidade superficial disponível. Conforme alerta Ching (2022), essa prática ignora o equilíbrio necessário entre os custos de manutenção e os custos de falta, gerando uma "insatisfação oculta" no consumidor que arca com um custo sem benefício estético percebido, ou, em última instância, impulsionando a migração do cliente para a concorrência em busca de uma solução com melhor adequação ao uso.

Dessa forma, compreender a demanda consolida-se como um pilar estratégico para a gestão de portfólio, uma vez que, conforme destaca Marques (2019), o conhecimento aprofundado dessa variável é de vital importância para o planejamento assertivo dos níveis de estoque e das quantidades a serem produzidas. Essa investigação permite utilizar informações passadas para entender a demanda futura, auxiliando na mitigação de prejuízos e perdas em cascata decorrentes de previsões imprecisas.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de caso aplicado em uma empresa siderúrgica, de abordagem majoritariamente quantitativa. Esta dimensão quantitativa sustenta-se na coleta e análise de dados numéricos provenientes de duas fontes, histórico de faturamento de perfis do período de 2023 a 2025 e histórico de valorização de estoque por material. Para o tratamento e análise dos dados, foram utilizadas as seguintes técnicas: (i) identificação de padrões de consumo e tendência de demanda por material; (ii) classificação ABC, para priorização das bitolas mais representativas; (iii) cruzamento com o portfólio de SKU's cadastrados visando levantamento das oportunidades de criação; e (iv) comparação de custo unitário médio entre os padrões S-1 e S-2.

Diferentemente de investigações puramente teóricas, que visam a ampliação do saber acadêmico, este trabalho busca intervir diretamente na realidade siderúrgica da empresa em questão, propondo diretrizes para mitigar a sobrequalidade e agregar ao portfólio da empresa materiais que, atualmente, têm seu ciclo produtivo interrompido devido à geração de imperfeições estéticas superficiais.

3.1 Descrição do cenário estudado

O cenário deste estudo compreende uma unidade industrial siderúrgica localizada em Minas Gerais. A organização opera por meio de uma rota produtiva integrada, cujas etapas macro de preparação de carga, redução e refino seguem os fundamentos técnicos detalhados na revisão bibliográfica (seção 2.2). Para os fins desta pesquisa, o escopo analítico delimita-se à etapa de laminação a quente de perfis estruturais, na qual os semiprodutos sólidos (blocos ou *beam blanks*) provenientes do lingotamento contínuo são conformados mecanicamente por meio da laminação, que, ao passarem sucessivamente por cilindros rotativos, adquirem geometrias características dos perfis.

Os perfis produzidos são identificados por uma terminologia padronizada do tipo “W360x44,6”, sendo W: identificação do perfil, 360 (altura nominal em milímetros), 44,6 (peso linear em quilogramas por metro). Perfis pertencentes a uma mesma família compartilham a mesma altura interna, diferenciando-se entre si pela espessura. A família “W310X28_32”, por exemplo, agrupa os produtos “PF I W310x28,3” e “PF I

W310x32,7”. Essa estrutura de famílias produtivas é o eixo organizador tanto da programação da produção quanto da análise de demanda conduzida neste trabalho.

O desgaste progressivo dos cilindros ao longo de uma campanha compromete o acabamento superficial do produto nos passes finais, gerando os perfis S-2. Estes preservam integralmente as propriedades mecânicas e a resistência estrutural, diferindo do padrão S-1 apenas na aparência. O limite de tonelagem por campanha de cada família produtiva baliza o ponto a partir do qual essa transição é esperada.

A Figura 9 apresenta um comparativo fotográfico entre a superfície de um perfil laminado sem desgaste de cilindro e a superfície de um perfil laminado já sob efeito do desgaste progressivo. É possível observar que, enquanto o primeiro perfil apresenta acabamento uniforme e sem marcas aparentes, o segundo exibe manchas e irregularidades superficiais decorrentes do contato prolongado com a ferramenta desgastada. É justamente essa perda de padrão estético sem perda de desempenho mecânico que fundamenta a classificação do segundo perfil como S-2 e sustenta o argumento central deste trabalho.

Figura 9: Perfis laminados sem vs. com desgaste de cilindro



Fonte: Autora (2026)

Ademais, o plano de produção dos perfis na empresa em questão é estruturado visando o mês seguinte, com base em projeções de demanda organizadas por famílias. A programação da carga é dimensionada pela capacidade padrão do laminador e pode incorporar estrategicamente os materiais de padrão S-2 ao final das campanhas, prolongando a vida útil dos cilindros mesmo em condições de desgaste (estresse térmico e mecânico) e maximizando a produtividade global do equipamento. Integrado a esse plano, o controle de consumo de matéria-prima (em toneladas) e do tempo de

processamento por item permite o cálculo do rendimento metálico (razão entre o volume de produto acabado e o de matéria-prima consumida). Nesse contexto, a geração de perfis S-2 representa não uma perda de rendimento, mas um aproveitamento produtivo de material que, sem um canal comercial estruturado, seria classificado como refugo.

O foco da análise, portanto, concentra-se nos perfis estruturais destinados ao segmento de fundações de obras da construção civil, aplicação na qual as exigências de acabamento superficial são secundárias à resistência estrutural, uma vez que os perfis são utilizados em elementos enterrados ou não aparentes, como em colunas que serão revestidas por gesso. Esse segmento é representado, no escopo deste trabalho, por um escritório de vendas específico, em que a demanda é concentrada justamente nas famílias de maior geração de S-2 identificadas na operação. A escolha desse cliente, identificado neste trabalho como Cliente X em razão de acordo de confidencialidade, ocorreu de forma intencional, por se tratar de um consumidor consolidado desse segmento de aplicação e por apresentar elevado volume de aquisição ao longo do período analisado.

O objeto central de estudo é, portanto, a interface entre a geração programada de perfis S-2, inerente ao processo de desgaste dos cilindros, e a viabilidade de sua integração estratégica ao portfólio comercial da empresa, com foco na demanda deste setor.

A Figura 10 apresenta um perfil metálico cravado no solo, empregado como elemento de fundação. Este tem o objetivo de transferir o peso da construção para regiões mais firmes do terreno, garantindo maior estabilidade e segurança à estrutura.

Figura 10: Cravação de perfil metálico



Fonte: Superfil Engenharia (s.d.)

3.2 Coleta de dados

A obtenção dos dados necessários para a realização deste estudo foi pautada em duas fontes principais. A primeira corresponde ao histórico de faturamento por família produtiva, extraído do sistema corporativo SAP (*Sistemas, Aplicações e Produtos para Processamento de Dados*), compreendendo o período de 2023 a 2025. Já a segunda fonte, compreende o histórico de valorização de estoque por material, também extraído do mesmo sistema, o qual registra mensalmente o custo unitário médio de cada SKU (*Stock Keeping Unit*), código único que identifica cada material no estoque.

Após a coleta, os dados passaram por uma etapa de tratamento e padronização através do software Microsoft Excel, visando garantir consistência e confiabilidade para análise. As duas subseções seguintes detalham, respectivamente, o tratamento aplicado aos dados de faturamento (seção 3.2.1) e aos dados de valorização de estoque (seção 3.2.2).

3.2.1 Dados de faturamento

A primeira base de dados corresponde ao histórico de faturamento por família produtiva, compreendendo o período de janeiro de 2023 a dezembro de 2025. Os registros foram organizados em planilhas contendo as seguintes variáveis: código do produto (SKU), descrição da bitola, família produtiva, data de faturamento, quantidade faturada (em toneladas) e identificação do cliente.

O conjunto consolidado totaliza 175.126 registros de transação e 1.025.376 toneladas faturadas ao longo dos três anos, distribuídas conforme a Tabela 1:

Tabela 1: Faturamento do cliente X em relação ao total faturado ao longo do período de análise

Ano	Registros de transação	Volume total faturado (ton)	Faturado Cliente X (ton)	% do cliente X
2023	56.942	318.459	34.704	10,90%
2024	55.757	303.759	42.737	14,10%
2025	62.427	403.158	35.130	8,70%
Total	175.126	1.025.376	112.571	11,00%

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Para fins desta análise, os dados foram filtrados pelo escritório de vendas do cliente X e agregados mensalmente por família produtiva e por material, resultando em uma estrutura de série temporal com granularidade mensal ao longo de 36 meses. Essa organização permitiu identificar o comportamento de consumo do cliente ao longo do tempo, evidenciando padrões de sazonalidade, consistência de demanda e tendências de crescimento ou retração por item.

3.2.2 Dados de valorização de estoque

A segunda base de dados compreende o histórico de valorização de estoque por material a cada mês. Para cada material e período, o sistema registra o estoque inicial, as entradas acumuladas, o consumo e o estoque final em quantidade (quilograma). O valor monetário do estoque final, dividido pela quantidade correspondente, fornece o custo unitário médio do material naquele mês, indicador utilizado neste trabalho como referência de precificação para a comparação entre os padrões de qualidade S-1 e S-2. Além disso, esse indicador incorpora ajustes contábeis do sistema (como variações entre custo estimado e custo real, e efeitos cambiais), refletindo, portanto, o custo efetivo pelo qual o material está valorizado no sistema contábil da empresa naquele período.

A Tabela 2 exemplifica esse fluxo de cálculo para um perfil genérico em janeiro de 2023. Partindo de um estoque inicial de 81.468 kg, somam-se as entradas do período (814.670 kg), chegando a um total de 896.138 kg, denominado estoque acumulado. Em paralelo, o valor monetário de cada uma dessas linhas, inicialmente calculado pelo custo padrão do sistema, é ajustado pelas diferenças de avaliação provisória, nível único, preço e câmbio, resultando na coluna "Valor Real", o valor efetivamente contabilizado pela empresa. Do estoque acumulado, subtrai-se então o consumo do período (718.704 kg), restando o estoque final de 177.434 kg. O preço unitário médio de cada linha é obtido dividindo o valor real pela quantidade correspondente; no caso do estoque final, esse cálculo resulta no preço unitário médio de 3.495,20.

Tabela 2: Exemplo do fluxo de cálculo do preço final de um perfil em janeiro de 2023

jan/23	Quantidade (Kg)	Avaliação Provisória	Diferenças Nível Único	Diferenças Preço	Diferenças Câmbio	Valor Real	Preço
Estoque Inicial	81.468	229.754,57	0	0	0	279.754,57	3.433,92
Entradas	814.670	2.861.838,40	19.462,17	21571,64-	0,008	2.840.266,68	3.486,40
Não Distribuído	0	6.432,74	1.322,62	5.731,38	0,01-	12.164,11	0,00
Estoque Acumulado	896.138	3.148.025,71	18.139,55-	15.840,26-	0,09	3.132.85,36	3.495,20
Consumo	718.704	2.524.721,32	14.547,95-	12.703,92-	0,07-	2.512.017,33	3.495,20
Estoque Final	177.434	623.304,39	3.591,60-	3.136,34-	0,02-	620.168,03	3.495,20

Portanto, o preço unitário médio do estoque final é a referência utilizada neste trabalho para comparar a diferença estrutural de custo entre os padrões S-1 e S-2. A comparação entre os padrões foi realizada par a par, ou seja, entre SKU's com a mesma especificação de perfil, grau de aço e comprimento, diferindo apenas na classificação de qualidade superficial. Foram selecionados pares para a análise, sendo o par S-2 correspondente às três bitolas de maior volume faturado ao cliente X no período analisado e por possuir também as duas versões já cadastradas e com movimentação ativa ao longo dos 36 meses, permitindo uma comparação consistente.

Foram obtidas 216 observações de custo unitário ao longo dos três anos, correspondendo a 36 registros mensais para cada SKU. Considerando os três pares avaliados, a amostra final contemplou 108 observações referentes aos materiais classificados como S-1 e 108 referentes aos materiais classificados como S-2, totalizando 216 dados de valorização de estoque.

3.3 Tratamento e análise dos dados

3.3.1 Faturamento

Após a coleta, os dados de faturamento passaram por etapas sequenciais de tratamento e análise.

A base de faturamento, composta por 175.126 registros de transação, foi filtrada pelo campo de escritório de vendas, isolando exclusivamente as operações do cliente X, o qual consome perfis exclusivamente para fundações de obras. Os registros resultantes foram consolidados por família, por material (SKU) e por mês, gerando uma série temporal de 36 meses com o volume entregue em toneladas para cada item. A Tabela 3 exemplifica esse resultado para a família "BB_HP W310X79_202", no mês de janeiro de 2023, detalhando o volume entregue ao cliente por SKU dentro dessa família de perfis.

Tabela 3: Consumo do cliente X em janeiro de 2023 – Família “BB_HP W310X79_202”

Data	jan/23
Escritório de vendas	Soma de Entrega: QTD (TON)
Cliente	2066,17
PF H S-2 HP A	718,704
PF H S-2 HP B	223,728
PF IS-2 W A	178,794
PF H S-2 HP C	133,92
PF H HP A	93,744
PF H W B	81,624
PF H W C	80,592
PF H HP B	64,464
PF H HP D	63,36
PF H S-2 W C	59,568
PF H HP B	42,372

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Esse processo, em sua totalidade, resultou em 26 famílias e 103 materiais distintos com pelo menos uma entrega registrada no período, sendo 112.571 toneladas faturadas durante os 3 anos.

Durante a segunda etapa, foi aplicada a classificação ABC sobre o volume total acumulado por material no período. Os materiais foram ordenados de forma decrescente pelo volume total e, em seguida, calculou-se o percentual acumulado de cada item em relação ao total geral. A partir dessa distribuição, os materiais foram classificados em 3 categorias: A, correspondente aos itens que representam até 80% do volume total faturado; classe B, abrangendo os itens de 80% a 95% e classe C, acima de 95%. Além de analisar a sua situação atual no portfólio, se é S-2 ou possui par complementar S-2.

Para cada material, foram ainda calculados dois indicadores complementares: a consistência de demanda, expressa pelo número de anos em que o item registrou faturamento ao longo do período analisado (de um a três), e a tendência de consumo, obtida pela taxa de crescimento anual composta (CAGR) entre 2023 e 2025.

O cálculo da CAGR foi realizado a partir do volume faturado ao cliente no primeiro e no último ano do período analisado, 2023 e 2025, respectivamente. A fórmula consiste em dividir o volume do ano final pelo volume do ano inicial, elevar esse resultado a uma fração cujo numerador é 1 e cujo denominador é o número de intervalos anuais entre os dois anos, no caso deste estudo, dois intervalos, correspondentes aos pares 2023-

2024 e 2024-2025, e subtrair uma unidade do resultado obtido, sendo a fórmula expressa pela Equação 1:

$$CAGR = (V_{2025} / V_{2023})^{(1/2)} - 1, \quad (1)$$

onde V_{2025} corresponde ao volume faturado ao cliente no ano de 2025, V_{2023} ao volume faturado em 2023, e o expoente 1/2 representa o inverso do número de períodos entre os dois anos (2025 - 2023). O resultado é expresso em percentual e indica a taxa média anual de variação do volume de cada material ao longo do período analisado.

Para materiais com volume nulo em 2023, situação observada em itens que ingressaram na carteira do cliente apenas em 2024 ou 2025, o cálculo não é aplicável, uma vez que a divisão por zero torna o resultado indeterminado. Nesses casos, a tendência foi avaliada qualitativamente pela evolução do volume entre os anos disponíveis. A Tabela 4 exemplifica a aplicação desses dois indicadores, consistência de demanda e CAGR, para quatro materiais distintos, contemplando um caso de crescimento moderado (11,2%), um de forte crescimento (57,1%), um de retração (-9,2%) e um caso sem CAGR calculável por ausência de faturamento em 2023 (N/A), cuja retração foi identificada qualitativamente pela queda de volume entre 2024 e 2025.

Tabela 4: Exemplos de aplicação dos indicadores de consistência e tendência de consumo

Material	Família	2023 (ton)	2024 (ton)	2025 (ton)	Consistência (anos faturamento)	CAGR (2023-2025)	Análise
PF H S-2 HPA	Família 1	3.682,80	5.617,90	4.556,60	3/3	11,20%	Crescimento moderado
PF H S-2 HPB	Família 1	1.577,50	2.680,00	3.894,40	3/3	57,10%	Forte crescimento
PF H S-2 HPC	Família 2	1.674,00	2.235,00	1.379,00	3/3	-9,2%	Retração
PF H WD	Família 4	—	1.521,00	1.399,00	2/3	N/A	Retração

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

O objetivo de utilizar a CAGR é dar uma visão dinâmica ao estudo desta problemática. Enquanto o volume bruto, em toneladas, revela apenas a quantidade total comercializada, o CAGR indica a trajetória da demanda: se está em crescimento (taxa positiva), estabilidade (próxima de zero) ou retração (taxa negativa). Dessa forma, é possível qualificar a relevância estratégica de cada item, identificando materiais que, embora apresentem volumes acumulados menores, possuem um consumo crescente e, portanto, maior potencial para o planejamento de estoques futuros.

Por fim, os 103 materiais identificados foram cruzados com o documento de portfólio de SKU's já cadastrados, que reúne a descrição completa de todos os perfis comercializados na empresa. O cruzamento foi realizado pela análise da descrição de cada SKU: materiais cuja descrição contém a nomenclatura "S-2" foram classificados como produtos já existentes no portfólio com esse padrão de qualidade superficial; os demais foram classificados como oportunidades de criação. Esse procedimento permitiu segregar os 13 materiais já adquiridos como S-2, que atestam a aceitação do cliente, dos 90 materiais comprados exclusivamente na versão S-1 e que, portanto, constituem o universo de oportunidades analisado. A priorização final foi definida pela combinação entre a classe ABC e os indicadores de consistência e tendência.

3.3.2 Valorização de estoque

Com o objetivo de dimensionar o impacto financeiro associado à comercialização do material como S-2 em substituição ao S-1, foram selecionados os três pares de SKU's S-2 de maior volume faturado ao cliente com a existência de SKU S-1 correspondente no portfólio. Para cada par, foram extraídos os dados mensais de valorização de estoque no período de janeiro de 2023 a dezembro de 2025, resultando em 36 observações de custo unitário médio por SKU.

Para a construção da análise, os custos unitários médios anuais de cada par foram normalizados pelo valor do SKU S-1 correspondente, atribuindo-se índice 100 ao padrão S-1 em cada período. O índice do SKU S-2 foi então calculado como a razão entre seu custo unitário médio e o do respectivo S-1, multiplicada por 100. A Tabela 5 apresenta esse índice para os três pares analisados (A, B e C) ao longo dos três anos do estudo.

Tabela 5: Comparação média entre o preço unitário SKU's S-1 vs S-2

Período	PF A S-1	PF A S-2	Variação A	PF B S-1	PF B S-2	Variação B	PF C S-1	PF C S-2	Variação C
2023	100	98,86	-1,14%	100	101,68	1,68%	100	101,61	1,61%
2024	100	99,79	-0,21%	100	101,26	1,26%	100	94,80	-5,20%
2025	100	100,71	0,71%	100	100,39	0,39%	100	96,99	-3,01%

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Dessa forma, valores abaixo de 100 indicam que o S-2 apresentou custo unitário médio inferior ao S-1 naquele período, enquanto valores acima de 100 indicam o inverso.

3.3.3 Faturamento vs. custo

A terceira etapa do tratamento consistiu no cruzamento dos dados de volume faturado com os dados de custo unitário médio. O objetivo foi verificar se existe relação entre o volume faturado de cada padrão e o comportamento do custo médio do respectivo SKU no mesmo período. Essa relação é relevante pois permite avaliar se a precificação do S-2 se torna mais favorável à medida que seu volume no estoque aumenta, o que geraria implicações diretas para a viabilidade comercial da expansão do portfólio.

Para cada par, foram confrontados, mês a mês, o volume faturado de S-2 e de S-1 ao cliente e o custo unitário médio mensal do SKU S-2 em relação ao S-1. A comparação foi organizada por ano para possibilitar a visualização da evolução da relação entre demanda e custo ao longo do período analisado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir do tratamento e da análise dos dados, os quais foram organizados em quatro subseções correspondentes aos objetivos específicos definidos para este trabalho: (i) o comportamento de consumo do cliente, contemplando padrões de compra, consistência e tendência de demanda; (ii) as oportunidades de integração de novas bitolas S-2 ao portfólio comercial; (iii) o diferencial de custo entre os padrões S-1 e S-2 para os pares de maior representatividade; e (iv) a estimativa do potencial de ganhos decorrentes da expansão do portfólio S-2, com base no cruzamento entre os resultados das três etapas anteriores.

4.1 Comportamento de consumo do cliente por material

A base de dados consolidada para o cliente exclusivo de fundações compreende 103 materiais distintos adquiridos ao longo dos três anos, com volume total de 112.571 toneladas. A distribuição anual evidencia crescimento expressivo em 2024, ano que registrou o maior volume do período (42.737 toneladas), representando aumento de 23,1% em relação a 2023 (34.704 toneladas). Em 2025, o volume foi de 35.130 toneladas, retomando patamar próximo ao de 2023, o que indica estabilização da demanda após o pico de 2024.

Dentre os 103 materiais identificados, 13 já são adquiridos pelo cliente na versão S-2, ou seja, o cliente reconhece e consome perfis com qualidade superficial S-2 quando estes estão disponíveis no portfólio. Os 90 materiais restantes são adquiridos exclusivamente na versão S-1, sem que exista um S-2 correspondente cadastrado.

Em termos de concentração, os dados revelam uma distribuição típica de curva ABC: um pequeno número de materiais responde pela maior parte do volume consumido. Os 23 materiais de maior faturamento acumulado, aproximadamente 22% dos 103 itens, são responsáveis por 80% do volume total do período. Os demais materiais dividem-se em 19 itens de classe B (80% a 95% do volume acumulado, totalizando 14,9% do volume total) e 61 itens de classe C (acima de 95% do volume acumulado, totalizando apenas 5,3% do volume total). A Tabela 6 apresenta a classificação ABC dos 103 materiais analisados, conforme sua representatividade no volume total faturado.

Tabela 6: Classificação ABC, CAGR e consistência de demanda por material

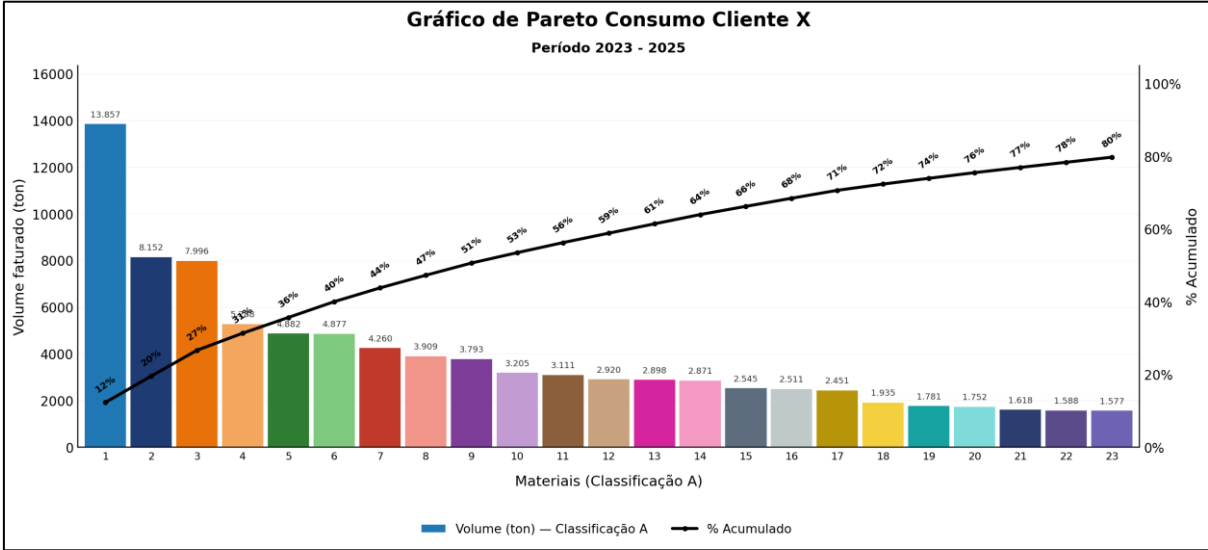
FATURAMENTO POR MATERIAL (2023–2025)										
Rank	ABC	Faturamento Anual (ton)			Total (ton)	% Total	% Acumulado	Situação S-2	CAGR (2023-2025)	Consistência (anos faturamento)
		2023	2024	2025						
1	A	3.682,8	5.617,9	4.556,6	13.857,4	12,31%	12,31%	JÁ É S-2	11,23%	3/3
2	A	1.577,5	2.680,0	3.894,4	8.151,9	7,24%	19,55%	JÁ É S-2	57,12%	3/3
3	A	1.463,6	3.380,5	3.151,8	7.995,8	7,10%	26,65%	Oportunidade	46,74%	3/3
4	A	1.674,0	2.235,0	1.379,4	5.288,4	4,70%	31,35%	JÁ É S-2	-9,23%	3/3
5	A	939,1	1.591,2	2.351,2	4.881,6	4,34%	35,69%	Oportunidade	58,23%	3/3
6	A	1.945,3	1.748,1	1.183,1	4.876,5	4,33%	40,02%	Oportunidade	-22,01%	3/3
7	A	2.924,9	1.334,8	0,0	4.259,7	3,78%	43,80%	JÁ É S-2	—	2/3
8	A	1.865,2	1.009,8	1.033,6	3.908,5	3,47%	47,28%	JÁ É S-2	-25,56%	3/3
9	A	1.022,3	1.244,3	1.526,7	3.793,3	3,37%	50,65%	Oportunidade	22,21%	3/3
10	A	1.587,9	885,7	731,8	3.205,4	2,85%	53,49%	JÁ É S-2	-32,11%	3/3
11	A	1.508,8	1.602,6	0,0	3.111,4	2,76%	56,26%	JÁ É S-2	—	2/3
12	A	184,9	1.078,6	1.656,4	2.919,8	2,59%	58,85%	Oportunidade	199,30%	3/3
13	A	0,0	1.116,0	1.782,0	2.898,0	2,57%	61,43%	JÁ É S-2	—	2/3
14	A	1.453,5	684,0	733,5	2.871,0	2,55%	63,98%	Oportunidade	-28,96%	3/3
15	A	874,9	1.190,1	479,8	2.544,9	2,26%	66,24%	Oportunidade	-25,95%	3/3
16	A	1.045,4	625,7	839,5	2.510,6	2,23%	68,47%	Oportunidade	-10,39%	3/3
17	A	477,6	1.160,6	812,4	2.450,7	2,18%	70,64%	Oportunidade	30,42%	3/3
18	A	1.713,1	51,3	170,9	1.935,2	1,72%	72,36%	Oportunidade	-68,42%	3/3
19	A	515,2	854,1	412,1	1.781,4	1,58%	73,95%	Oportunidade	-10,56%	3/3
20	A	40,9	1.015,6	695,2	1.751,7	1,56%	75,50%	Oportunidade	312,29%	3/3
21	A	89,2	1.278,6	250,6	1.618,5	1,44%	76,94%	Oportunidade	67,61%	3/3
22	A	382,5	493,9	711,8	1.588,2	1,41%	78,35%	Oportunidade	36,41%	3/3
23	A	1.577,0	0,0	0,0	1.577,0	1,40%	79,75%	JÁ É S-2	—	1/3
24	B	0,0	1.492,5	0,0	1.492,5	1,33%	81,08%	JÁ É S-2	—	1/3
25	B	544,9	28,9	895,8	1.469,6	1,31%	82,38%	Oportunidade	28,22%	3/3
26	B	265,4	474,9	726,3	1.466,6	1,30%	83,69%	Oportunidade	65,44%	3/3
27	B	0,0	1.381,5	0,0	1.381,5	1,23%	84,91%	Oportunidade	—	1/3
28	B	0,0	19,7	1.097,2	1.116,8	0,99%	85,90%	Oportunidade	—	2/3
29	B	220,3	118,3	685,4	1.024,1	0,91%	86,81%	Oportunidade	76,38%	3/3
30	B	21,2	580,2	415,0	1.016,4	0,90%	87,72%	Oportunidade	342,74%	3/3
31	B	248,5	290,6	345,4	884,5	0,79%	88,50%	Oportunidade	17,89%	3/3
32	B	225,7	550,4	0,0	776,2	0,69%	89,19%	Oportunidade	—	2/3
33	B	155,2	491,3	93,1	739,6	0,66%	89,85%	Oportunidade	-22,54%	3/3
34	B	136,7	329,4	220,8	686,8	0,61%	90,46%	Oportunidade	27,10%	3/3
35	B	124,8	309,5	239,6	673,9	0,60%	91,06%	Oportunidade	38,57%	3/3
36	B	123,9	247,7	292,0	663,6	0,59%	91,65%	Oportunidade	53,53%	3/3
37	B	653,4	0,0	0,0	653,4	0,58%	92,23%	Oportunidade	—	1/3
38	B	29,9	499,8	98,3	628,0	0,56%	92,79%	Oportunidade	81,28%	3/3
39	B	92,2	341,8	192,0	625,9	0,56%	93,34%	Oportunidade	44,34%	3/3
40	B	0,0	469,0	83,6	552,7	0,49%	93,83%	Oportunidade	—	2/3
41	B	0,0	458,6	17,5	476,1	0,42%	94,26%	Oportunidade	—	2/3
42	B	30,2	38,9	397,4	466,6	0,41%	94,67%	Oportunidade	262,53%	3/3

43	C	259,8	126,2	70,5	456,6	0,41%	95,08%	Oportunidade	-47,90%	3/3
44	C	121,1	0,0	300,3	421,4	0,37%	95,45%	JÁ É S-2	57,50%	2/3
45	C	417,3	0,0	0,0	417,3	0,37%	95,82%	Oportunidade	—	1/3
46	C	384,0	0,0	0,0	384,0	0,34%	96,16%	JÁ É S-2	—	1/3
47	C	367,5	0,0	0,0	367,5	0,33%	96,49%	Oportunidade	—	1/3
48	C	200,2	16,0	124,2	340,4	0,30%	96,79%	Oportunidade	-21,26%	3/3
49	C	311,0	21,6	0,0	332,6	0,30%	97,09%	Oportunidade	—	2/3
50	C	0,0	200,9	119,0	319,9	0,28%	97,37%	Oportunidade	—	2/3
51	C	245,3	0,0	0,0	245,3	0,22%	97,59%	JÁ É S-2	—	1/3
52	C	0,0	211,9	31,4	243,3	0,22%	97,80%	Oportunidade	—	2/3
53	C	84,0	72,0	68,0	224,0	0,20%	98,00%	Oportunidade	-10,03%	3/3
54	C	128,9	43,0	43,0	214,8	0,19%	98,19%	Oportunidade	-42,26%	3/3
55	C	78,3	133,6	0,0	212,0	0,19%	98,38%	Oportunidade	—	2/3
56	C	181,8	0,0	0,0	181,8	0,16%	98,54%	Oportunidade	—	1/3
57	C	0,0	154,6	16,3	170,9	0,15%	98,70%	Oportunidade	—	2/3
58	C	141,8	3,6	18,2	163,6	0,15%	98,84%	Oportunidade	-64,19%	3/3
59	C	0,0	162,9	0,0	162,9	0,14%	98,99%	Oportunidade	—	1/3
60	C	106,2	0,0	0,0	106,2	0,09%	99,08%	Oportunidade	—	1/3
61	C	0,0	103,7	0,0	103,7	0,09%	99,17%	Oportunidade	—	1/3
62	C	0,0	75,2	0,0	75,2	0,07%	99,24%	Oportunidade	—	1/3
63	C	0,0	73,8	0,0	73,8	0,07%	99,30%	Oportunidade	—	1/3
64	C	20,9	41,7	0,0	62,6	0,06%	99,36%	Oportunidade	—	2/3
65	C	30,7	30,7	0,0	61,5	0,05%	99,42%	Oportunidade	—	2/3
66	C	0,0	55,5	0,0	55,5	0,05%	99,46%	Oportunidade	—	1/3
67	C	0,0	53,0	0,0	53,0	0,05%	99,51%	Oportunidade	—	1/3
68	C	46,4	0,0	0,0	46,4	0,04%	99,55%	Oportunidade	—	1/3
69	C	0,0	35,7	10,2	45,9	0,04%	99,59%	Oportunidade	—	2/3
70	C	45,8	0,0	0,0	45,8	0,04%	99,63%	Oportunidade	—	1/3
71	C	14,3	9,5	19,0	42,8	0,04%	99,67%	Oportunidade	15,46%	3/3
72	C	0,0	0,0	36,7	36,7	0,03%	99,70%	Oportunidade	—	1/3
73	C	6,2	2,1	20,8	29,1	0,03%	99,73%	Oportunidade	82,53%	3/3
74	C	26,0	0,0	0,0	26,0	0,02%	99,75%	Oportunidade	—	1/3
75	C	0,0	0,0	24,1	24,1	0,02%	99,78%	Oportunidade	—	1/3
76	C	23,5	0,0	0,0	23,5	0,02%	99,80%	Oportunidade	—	1/3
77	C	0,0	21,0	0,0	21,0	0,02%	99,81%	Oportunidade	—	1/3
78	C	0,0	0,0	20,4	20,4	0,02%	99,83%	Oportunidade	—	1/3
79	C	0,0	9,0	9,0	18,0	0,02%	99,85%	Oportunidade	—	2/3
80	C	17,1	0,0	0,0	17,1	0,02%	99,86%	Oportunidade	—	1/3
81	C	0,0	14,5	0,0	14,5	0,01%	99,88%	Oportunidade	—	1/3
82	C	0,0	0,0	14,2	14,2	0,01%	99,89%	Oportunidade	—	1/3
83	C	0,0	13,2	0,0	13,2	0,01%	99,90%	Oportunidade	—	1/3
84	C	0,0	8,6	4,3	13,0	0,01%	99,91%	Oportunidade	—	2/3
85	C	0,0	12,4	0,0	12,4	0,01%	99,92%	Oportunidade	—	1/3
86	C	9,9	0,0	0,0	9,9	0,01%	99,93%	Oportunidade	—	1/3
87	C	9,3	0,0	0,0	9,3	0,01%	99,94%	Oportunidade	—	1/3
88	C	0,0	4,4	4,4	8,7	0,01%	99,95%	Oportunidade	—	2/3
89	C	0,0	0,0	8,6	8,6	0,01%	99,96%	Oportunidade	—	1/3
90	C	0,0	0,0	8,0	8,0	0,01%	99,96%	Oportunidade	—	1/3
91	C	0,0	6,3	0,0	6,3	0,01%	99,97%	Oportunidade	—	1/3
92	C	0,0	4,7	0,0	4,7	0,00%	99,97%	Oportunidade	—	1/3
93	C	4,5	0,0	0,0	4,5	0,00%	99,98%	Oportunidade	—	1/3
94	C	0,0	4,0	0,0	4,0	0,00%	99,98%	Oportunidade	—	1/3
95	C	0,0	3,6	0,0	3,6	0,00%	99,98%	Oportunidade	—	1/3
96	C	0,0	2,5	0,0	2,5	0,00%	99,99%	Oportunidade	—	1/3
97	C	2,4	0,0	0,0	2,4	0,00%	99,99%	Oportunidade	—	1/3
98	C	0,0	0,0	2,4	2,4	0,00%	99,99%	Oportunidade	—	1/3
99	C	0,0	0,0	2,3	2,3	0,00%	99,99%	Oportunidade	—	1/3
100	C	2,2	0,0	0,0	2,2	0,00%	99,99%	Oportunidade	—	1/3
101	C	0,0	2,2	0,0	2,2	0,00%	100,00%	Oportunidade	—	1/3
102	C	0,0	0,0	2,0	2,0	0,00%	100,00%	Oportunidade	—	1/3
103	C	0,0	1,9	0,0	1,9	0,00%	100,00%	Oportunidade	—	1/3

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

A Figura 11 apresenta o gráfico de Pareto do consumo do Cliente X entre 2023 e 2025, evidenciando visualmente que os 23 materiais de maior representatividade concentram 80% do volume total faturado.

Figura 11: Gráfico de Pareto – consumo do cliente X no período de 2023 a 2025

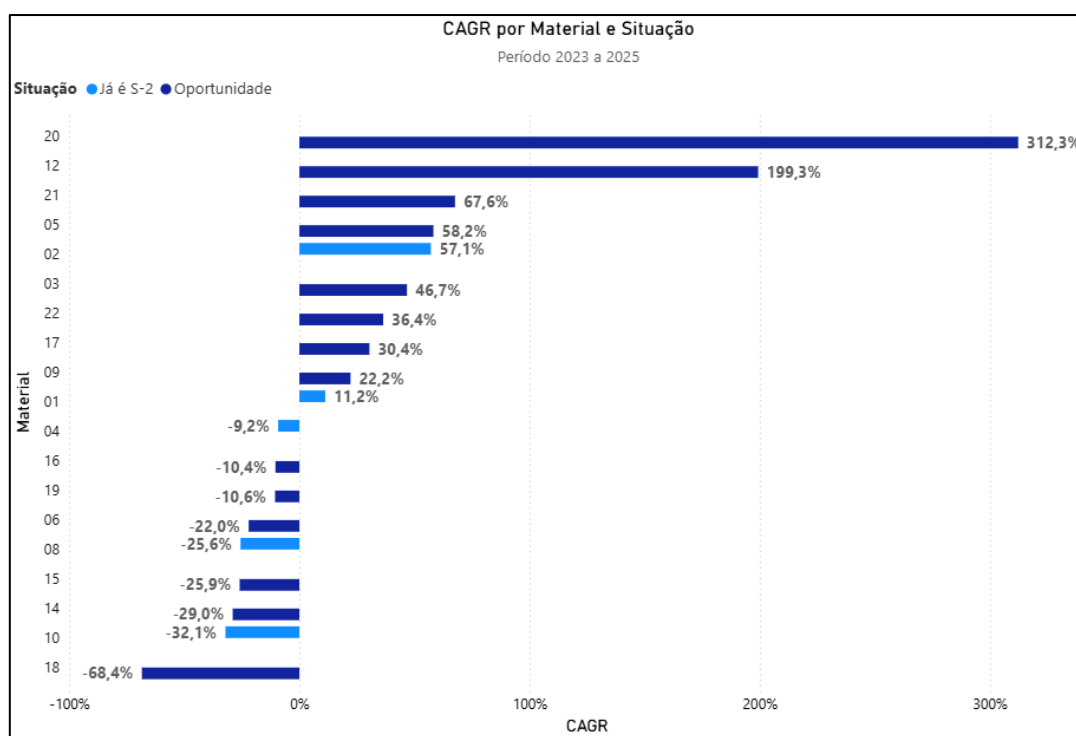


Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Conforme apresentado na Tabela 6, para cada material, foram ainda calculados os indicadores de consistência de demanda, o número de anos em que o item registrou faturamento, e de tendência de consumo, obtido pela taxa de crescimento anual composto (CAGR) entre 2023 e 2025. Dos 23 materiais de classe A, 19 registraram faturamento nos três anos analisados, evidenciando que a base de demanda é estável e recorrente.

A Figura 12 ilustra esse comportamento individualmente para os 19 materiais de classe A com CAGR calculável, ordenados do maior para o menor crescimento no período.

Figura 12: Taxa de crescimento anual composta (CAGR) por material de 2023 a 2025



Fonte: Elaborado pela autora (2026)

O CAGR apresentou comportamento misto entre os materiais analisados: 10 itens registraram crescimento positivo e 9 apresentaram retração no período, enquanto 4 materiais de classe A não tiveram CAGR calculável em razão de ausência de faturamento em pelo menos um dos anos, sendo excluídos da Figura 12. Os dois materiais de maior volume absoluto, ambos já classificados como S-2 e responsáveis por 19,55% do faturamento total do período, registraram CAGR de +11,23% e +57,12%, respectivamente, indicando que a demanda pelos perfis S-2 é consistente e crescente dentro da carteira do cliente.

4.2 Oportunidades de integração de novas bitolas S-2 ao portfólio

Como objetivo específico deste trabalho, há também a identificação da possibilidade de integração de diferentes bitolas com padrão de qualidade S-2 ao portfólio comercial da empresa. Para isso, os 103 materiais identificados foram cruzados com o documento de portfólio de SKU's já cadastrados, segregando os itens em duas categorias: materiais já comercializados como S-2 e materiais comercializados exclusivamente como S-1, sem par S-2 correspondente.

Os 13 materiais já adquiridos como S-2 representam, em conjunto, aproximadamente 42% do volume total do cliente no período, cerca de 48.800 toneladas, e constituem a evidência de que o padrão S-2 é aceito e demandado quando disponível.

Os 90 materiais restantes, adquiridos exclusivamente como S-1, constituem o universo de oportunidades de criação de novos S-2. A priorização desses materiais foi definida pela combinação entre a classe ABC, a consistência de demanda e o CAGR. Materiais de classe A com faturamento nos três anos, CAGR positivo e volume acumulado acima de 2.500 toneladas foram classificados como prioridade alta; materiais de classe A com os mesmos critérios, mas volume entre 1.500 e 2.500 toneladas, como prioridade moderada; e os demais como prioridade baixa, recomendados para reavaliação futura caso seu volume venha a crescer.

O grupo de prioridade alta é composto por quatro materiais. O de maior expressão acumulou 7.995,8 toneladas no período com CAGR de 46,7% (Rank 3), representando isoladamente a maior oportunidade de conversão identificada. Os outros três somam, respectivamente, 4.881,6 toneladas, 58,2% (Rank 5); 3.793,3 toneladas, 22,2% (Rank 9); e 2.919,9 toneladas, 199,3% (Rank 12); todos com demanda recorrente e tendência de crescimento confirmadas. O grupo de prioridade moderada reúne outros quatro materiais de classe A com os critérios de consistência e CAGR positivo atendidos, mas com volumes entre 1.500 e 2.500 toneladas, que podem ser incorporados ao portfólio em uma segunda etapa de expansão.

É válido destacar que a priorização aqui estabelecida define a ordem de relevância comercial das oportunidades, mas não substitui a avaliação da viabilidade produtiva, isto é, a disponibilidade de campanhas de laminação que permitam gerar o material no padrão S-2 para cada uma dessas bitolas, uma vez que estes são programados somente ao final das campanhas conforme oportunidade.

4.3 Diferencial de custo entre os padrões S-1 e S-2

4.3.1 Comparação de faturamento entre os pares de maior representatividade

De modo a aprofundar a análise, foram selecionados os três materiais com qualidade S-2 de maior volume faturado ao cliente no período de 2023 a 2025, critério que privilegia os pares com maior número de transações e, portanto, maior impacto no

resultado econômico da proposta, identificando para cada um o SKU S-1 correspondente, mesmo perfil estrutural e bitola, diferindo exclusivamente no padrão de qualidade superficial. Os pares analisados foram denominados Perfil A, B e C.

A comparação dos volumes mensais ao longo dos 36 meses analisados revela que, nos três pares, o S-2 é o padrão predominante no mix de compra do cliente. A Tabela 7 apresenta os volumes anuais de S-1 e S-2 para cada par, bem como o percentual de S-2 sobre o total do par.

Tabela 7: Relação do volume consumido entre os pares de maior representatividade 2023-2025

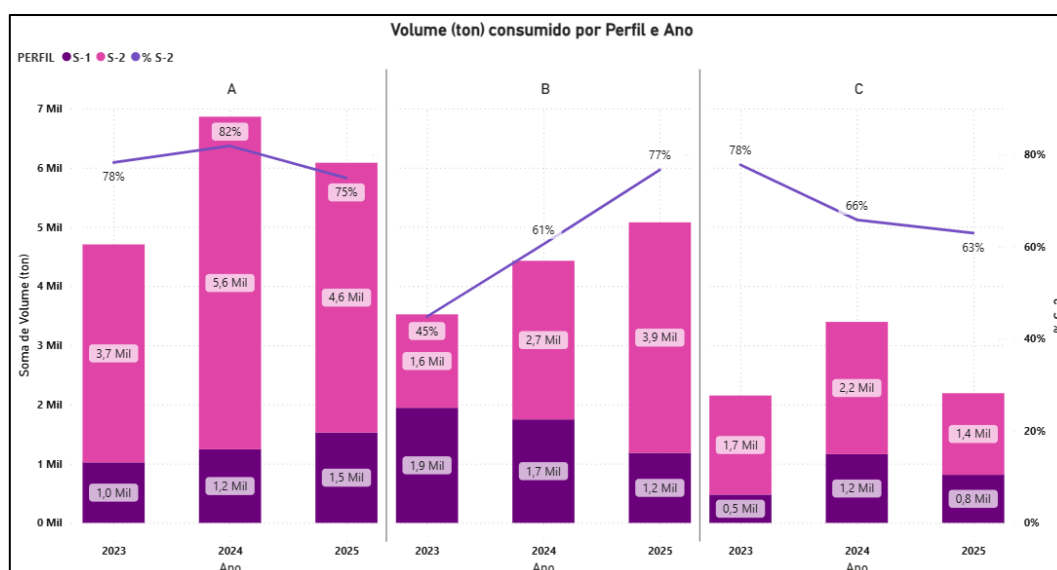
Perfil	S-2 2023 (ton)	S-1 2023 (ton)	S-2 2024 (ton)	S-1 2024 (ton)	S-2 2025 (ton)	S-1 2025 (ton)	% S-2 (total)
A	3.683	1.022	5.618	1.244	4.557	1.527	79%
B	1.578	1.945	2.680	1.748	3.894	1.183	63%
C	1.674	478	2.235	1.161	1.379	812	68%
Total	6.935	3.445	10.533	4.153	9.830	3.522	72%

Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Os resultados demonstram que o cliente já direciona a maior parte de sua demanda para o padrão S-2 em todos os três pares analisados. No Perfil A, o S-2 representa 79% do volume total do par nos três anos, configurando clara preferência pelo padrão tecnicamente adequado para fundações. No Perfil B, a participação do S-2 foi de 63%, com trajetória crescente: em 2023, o S-1 ainda era majoritário, mas em 2025 a relação se inverteu com folga, chegando a 77% de S-2. O Perfil C apresenta participação de 68% de S-2, com oscilação ao longo do período.

Para detalhar essa evolução ano a ano, a Figura 13 apresenta o volume de S-1 e S-2 e o percentual de S-2 para cada perfil ao longo dos três anos analisados.

Figura 13: Volume (ton) consumido por par de maior representatividade entre 2023 e 2025



Fonte: Elaborado pela autora (2026)

A Figura 13 evidencia que, no Perfil A, a participação do S-2 se mantém estável e sempre igual ou acima de 75% em cada ano individual (78% em 2023, 82% em 2024 e 75% em 2025), reforçando a preferência consolidada pelo padrão. No Perfil B, observa-se a trajetória mais expressiva de crescimento entre os três perfis: o S-2 parte de apenas 45% em 2023, avança para 61% em 2024 e atinge 77% em 2025, evidenciando a preferência por S-2. Já no Perfil C, a participação percentual do S-2 decresce ano a ano (78% em 2023, 66% em 2024 e 63% em 2025). Essa queda, no entanto, não decorre de uma redução da demanda por S-2: o volume absoluto do padrão também cresceu em 2024, mas em ritmo inferior ao do S-1 no mesmo período, o que reduz a participação relativa do S-2 no mix.

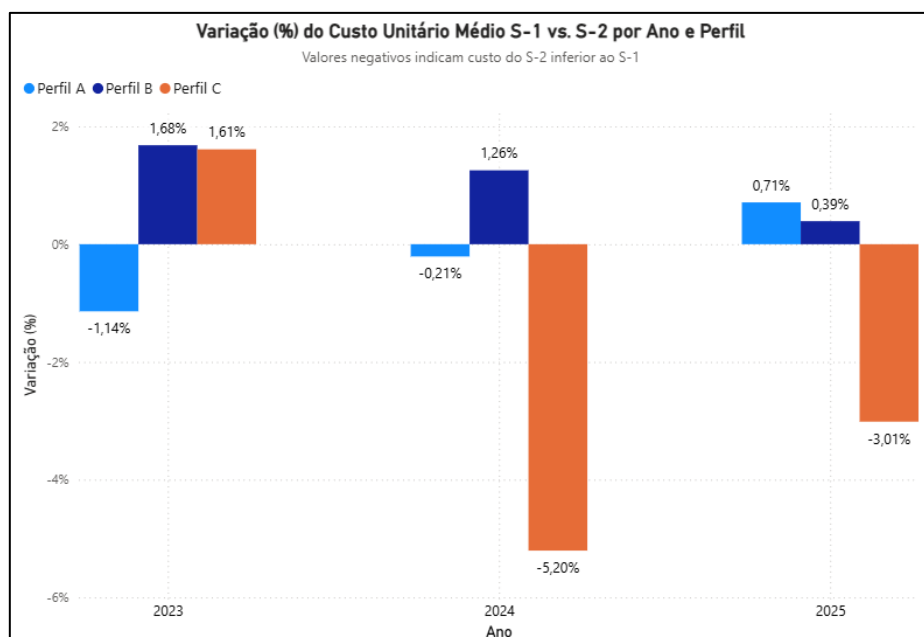
Esse resultado tem implicação direta para a análise de oportunidades. O cliente não apenas aceita o produto S-2, ele o prefere ativamente. Nos três pares, o S-2 respondeu pela maior parte do volume consumido ao longo de todo o período. No Perfil B, essa preferência se traduziu em trajetória oposta entre os padrões, S-2 em alta e S-1 em queda. Nos Perfis A e C, o crescimento do S-1 no período não indica perda de espaço do S-2, mas reflete o aumento do volume total consumido pelo cliente, com o S-2 seguindo majoritário no mix em ambos os casos.

4.3.2 Diferencial de custo unitário médio

De acordo com a Tabela 5, apresentada anteriormente, os dados evidenciam que, nos três pares, o custo unitário do S-2 se mantém muito próximo ao do S-1, com variações que não ultrapassam 5,20% em nenhum dos casos. O Perfil A apresentou o preço do S-2 em média 1,14% abaixo do S-1 em 2023, convergindo para praticamente o mesmo patamar nos anos seguintes. O Perfil B mostrou o S-2 consistentemente acima do S-1 nos três anos, com variação positiva, porém decrescente ao final do período. Por fim, o Perfil C apresentou o maior afastamento entre os padrões, com o S-2 chegando a 5,20% abaixo do S-1 em 2024, recuando para -3,01% em 2025.

A Figura 14 ilustra esse comportamento graficamente, evidenciando a variação percentual do custo unitário médio do S-2 em relação ao S-1 para os três perfis ao longo do período analisado.

Figura 14: Variação percentual do custo unitário médio S-2 em relação ao S-1, por perfil de 2023 a 2025



Fonte: Elaborado pela autora (2026)

Essa proximidade entre os custos unitários dos dois padrões contraria a percepção intuitiva de que o produto de qualidade inferior necessariamente apresenta custo de estoque inferior. A convergência ocorre porque o processo de geração do S-2 não elimina etapas produtivas: o material percorre o mesmo fluxo de laminação, consome os mesmos

insumos e gera o mesmo custo de transformação que o S-1. A diferença de qualidade superficial é consequência do desgaste do cilindro ao final da campanha, e não de um processo adicional ou removido.

Esse resultado tem implicação direta para o argumento central deste trabalho. Se os custos de estoque entre S-1 e S-2 são estruturalmente equivalentes, a empresa não incorre em perda de margem relevante ao comercializar o produto como S-2. Ao contrário, a ausência do SKU S-2 é que representa uma perda. O material gerado naturalmente ao final das campanhas ou é classificado como refugo, com abandono do custo já incorrido, ou é vendido como S-1 para um segmento que não exige esse padrão de qualidade, configurando o fenômeno da sobrequalidade.

Esse diferencial é o elemento central do *trade-off* S-1 versus S-2. Ao comercializar o excedente de produção como S-1 quando o material poderia ser ofertado como S-2 a preço ligeiramente inferior, porém ainda remunerador, a empresa incorre em dois custos simultâneos: o custo direto da sobrequalidade, correspondente à diferença entre o padrão entregue e o que a aplicação em fundações efetivamente exige; e o custo de oportunidade de não ter o S-2 disponível como SKU ativo, forçando o cliente a consumir S-1 mesmo quando o S-2 atenderia plenamente sua necessidade técnica. A estrutura de custo apurada é compatível com essa lógica: com diferencial médio inferior a 2% na maioria dos períodos, o S-2 precificado com desconto em relação ao S-1 gera margem positiva e evita o desperdício de valor.

4.4 Estimativa qualitativa do potencial de ganhos com a expansão do portfólio S-2

Do ponto de vista do desperdício, dos 90 materiais comercializados exclusivamente como S-1, os quatro classificados como prioridade alta somam 19.590,5 toneladas no período analisado, equivalente a 17,4% do volume total faturado ao cliente e a uma média de aproximadamente 6.530 toneladas por ano. Esse volume corresponde a produção que hoje, na ausência do SKU S-2, é descartada como refugo ao final da campanha ou comercializada como S-1 em condição de sobrequalidade. A sua formalização representa, portanto, redução direta de desperdício sobre um volume já existente no processo.

Em relação à rentabilidade, o diferencial de custo unitário entre S-1 e S-2, inferior a 5,2% em todos os períodos analisados indica que a formalização desses SKU's

preservaria a margem já praticada pela empresa, convertendo em receita um volume hoje perdido ou subaproveitado, sem pressão adicional sobre o custo de estoque.

Ademais, no que tange à capacidade instalada, o ganho não depende de investimento em nova capacidade: por resultar do mesmo fluxo de laminação já em curso, os materiais candidatos representam aproveitamento adicional da produção existente, e não um novo volume a ser produzido.

Em conjunto, esses elementos indicam que o potencial de ganho da expansão do portfólio S-2 é concreto e mensurável em volume e em risco de margem, ainda que sua conversão em valor monetário exato dependa de dados de precificação absoluta não disponibilizados neste estudo por razão de sigilo comercial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho partiu do problema de como integrar a produção e a comercialização dos perfis S-2 ao portfólio principal, diante de restrições de capacidade do laminador, de demanda de mercado e de geração de refugo. Os resultados obtidos confirmam a viabilidade técnica e comercial dessa integração, uma vez que o cliente de fundações de obras analisado já concentra parte relevante de seu consumo em S-2, o diferencial de custo entre os padrões é reduzido, e existe um grupo de materiais com potencial imediato de conversão.

O mapeamento do comportamento de consumo do cliente revelou uma demanda por S-2 já consolidada e em expansão, e não uma hipótese a ser testada. A identificação de bitolas candidatas resultou em 90 materiais comercializados exclusivamente como S-1, dos quais quatro foram priorizados por classe A, consistência de demanda e CAGR positivo. A comparação de custo unitário mostrou diferencial inferior a 5,2% em todos os períodos analisados, descartando a suposição de perda de margem na comercialização do S-2. E a estimativa de ganhos evidenciou potencial de redução de desperdício, preservação de rentabilidade e melhor uso da capacidade instalada, sem necessidade de investimento adicional.

Do ponto de vista operacional, a formalização do S-2 amplia a capacidade útil do laminador ao aproveitar a janela final de campanha hoje desperdiçada, espaça as trocas de cilindro e converte em rendimento metálico um volume até então tratado como refugo. Esses ganhos se traduzem em benefícios ao atendimento ao cliente, gestão de estoque e planejamento e controle da produção, ao permitir que a oferta de S-2 passe a ser programada, e não apenas uma consequência eventual do desgaste do cilindro.

Como toda pesquisa aplicada, este estudo apresenta limitações. A análise concentrou-se em um único cliente, o que não garante que os padrões identificados se repitam em outros clientes ou segmentos. A comparação de custo unitário baseou-se em apenas três pares de materiais, pela disponibilidade de dados históricos completos nos 36 meses analisados, o que limita a generalização do diferencial de custo para o conjunto total de 90 oportunidades identificadas. Por fim, o horizonte de três anos, embora suficiente para capturar tendências de médio prazo, pode não refletir efeitos sazonais de ciclos mais longos do setor de construção civil.

Para trabalhos futuros, recomenda-se ampliar a análise de custo unitário para o conjunto completo de materiais candidatos, de modo a validar se a equivalência de custo observada se mantém nas bitolas de menor volume; estender a coleta de dados a outros clientes e segmentos que também tolerem o padrão S-2; levantar, junto ao cliente, a percepção qualitativa quanto ao padrão S-2 já consumido, por meio de entrevistas ou pesquisa de satisfação, de modo a complementar a análise quantitativa de consumo realizada com uma validação direta da aceitação do produto; e desenvolver um modelo de programação da produção que integre, de forma dinâmica, o planejamento das campanhas dos cilindros à demanda comercial do S-2, transformando a priorização aqui estabelecida em uma política de estoque efetivamente operacional. Sugere-se ainda, como continuidade direta deste trabalho, a formalização comercial dos quatro materiais de prioridade alta identificados na seção 4.2, com acompanhamento do desempenho de vendas e da recepção do cliente nos primeiros ciclos de comercialização como S-2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AÇOMIX. **Perfil U simples 75x40 chapa 14**. [Imagem]. Disponível em: <https://www.acomixltda.com.br/materiais-de-serralheria/perfis-e-tubos/perfil-u-dc/perfil-u-simples-75x40-chapa-14>. Acesso em: 22 mar. 2026.

AMARAL, Daniel C.; SILVA, Sérgio Luís da; SCALICE, Regis K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência Para Melhoria do Processo**, 1ª edição. Rio de Janeiro: Saraiva, 2006.

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. **Steel Construction Manual**. 15. ed. Chicago, 2017.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BOLOTA, José R. **Siderurgia**. São Paulo: Editora Blucher, 2019.

BRASFERAÇO. **Viga W 200 x 22,5 Aço 6 Metros Laminada**. [2026]. Disponível em: <https://www.brasferaco.com.br/viga-w-200-x-225-aco-6-metros-laminada>. Acesso em: 9 jun. 2026.

BRASIL. Conselho Administrativo de Defesa Econômica. **Cadernos do Cade: Indústria Siderúrgica**. Edição de Guilherme Mendes Resende. Brasília: CADE, 2022. (Série Cadernos do Cade, n. 15)

BREMER, Carlos Frederico; LENZA, Rogério de Paula. Um modelo de referência para gestão da produção em sistemas de produção assembly to order – ATO e suas múltiplas aplicações. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 7, n. 3, p. 269-282, dez. 2000.

BRITTO, Eduardo. **Qualidade Total**. Porto Alegre: +A Educação - Cengage Learning Brasil, 2015.

CARDOSO, Wagner. **Planejamento e controle da produção (PCP): a teoria na prática**. São Paulo: Editora Blucher, 2021.

CHING, Hong Yuh. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada: supply chain**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL (CSN). **Sucata de Cilindros de Laminação - CSN Araucária - DC00067403**. CSN Comercial, 2021. Disponível em: http://comercial.csn.com.br/concorrencias/s/competition/a0L3Z00000C3iSDUAI/sucata-de-cilindros-de-laminacao-csn-araucaria?language=pt_BR. Acesso em: 22 jun. 2026.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 1993-1-1: Eurocode 3 – Design of steel structures**. Bruxelas, 2005.

FERNANDES, Laerte José; OSÉS RODRIGUEZ, Luis Alberto; RIBEIRO CORREIA, Anderson; SILVA MARINS, Fernando Augusto. Planejamento e controle da produção de cilindros para laminação: um estudo de caso quantitativo. **Production**, v. 23, n. 1, p. 120-135, 2013.

FERNANDES, Renata da Silva; SOUSA, Larissa Raiane Cunha de; SANTOS, Thiago Lima dos. Análise, investigação e avaliação da gestão da qualidade no processo de mineração: um estudo de caso sobre as divergências nos desvios de estoque de minério de ferro. **Revista Produção Online**, v. 21, n. 3, p. 770-793, 2021.

HAASE, Knut; KIMMS, Alf. **Lot Sizing and Scheduling with Sequence Dependent Setup Costs and Times and Efficient Rescheduling Opportunities**. Kiel: Universität Kiel, 1996. (Manuskripte aus den Instituten für Betriebswirtschaftslehre der Universität Kiel, n. 393). Disponível em: <https://hdl.handle.net/10419/149841>. Acesso em: 22 jun. 2026.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2018.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Relatório de sustentabilidade 2018**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2018.

JURAN, Joseph M.; GODFREY, A. Blanton. **Juran's quality handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

MARQUES, Leônidas Júnior Henriques. **Análise de previsão de demanda de matéria prima para uma indústria siderúrgica**. 2019. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019.

MARTELLI, Leandro Lopez; DANDARO, Fernando. Planejamento e controle de estoque nas organizações. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 170-185, 2015.

MENDES, Paulo R. **Supply chain: uma visão técnica e estratégica**. São Paulo: Editora Blucher, 2023.

PARISOTTO, Cássio; PACHECO, Diego Augusto de Jesus. Método SMED: estudo de caso, análise crítica e aperfeiçoamento. **Universo Acadêmico**, Taquara, v. 8, n. 1, p. 143-164, jan./dez. 2015.

PIMENTEL, Luann Carlos Soares. **Aplicação de ferramentas da qualidade para o controle e melhoria da taxa de paradas no processo de laminação**. 2016. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2016.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

ROCHA, Vinícius Miguel Sardinha da. **A importância do aço na construção civil**. 2022. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera, Anápolis, 2022.

RODRIGUES, Mariana Carla Mendes. **Caracterização de aços ferramenta usados em cilindros de laminação a frio de perfis**. 2014. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

SANTOS, Aguinaldo Ferreira dos; LOZADA, Gisele; JORDAO, Emmanuela de A.; et al. **Planejamento e Controle de Produção**. Porto Alegre: SAGAH, 2020.

SANTOS, Bruna K.; QUADROS, Marcelo L. **Processo de conformação**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

SERRAMETAL. Como é realizado o processo de laminação. **Serrametal Aços Especiais**, 2020. Disponível em: <https://serrametal.com.br/processo-de-laminacao/>. Acesso em: 9 jun. 2026.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; BURGESS, Nicola. **Administração da produção**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2023.

SOARES, Wellington Souza; CÂMARA, Rafaela Almeida; SOUZA, Wagner Cavallare de. Sistema de Gestão da Qualidade: uma abordagem à produção eficiente. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 8, e15512843006, 2023.

SOUZA, S. M. **Gestão da qualidade e produtividade**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

SUCESO AÇOS. **Perfil Viga H**. [Imagem]. Disponível em: <https://sucessoacos.com.br/produto/perfil-viga-h/>. Acesso em: 22 mar. 2026.

SUKSTER, R. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. 2005. 158 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

SUPERFIL ENGENHARIA. **Cravação de perfil metálico**. São Paulo, s.d. Disponível em: <http://superfilengenharia.com.br/super/cravacao-de-perfil-metalico/>. Acesso em: 22 jun. 2026.

USINA JR. Laminação quente. **LinkedIn Pulse**, [S. l.], 2022. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/lamina%C3%A7%C3%A3o-quente-usina-jr>. Acesso em: 22 jun. 2026.