

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA INTEGRADA PARA GESTÃO DE ESTOQUES BASEADA NO PRINCÍPIO DE PARETO E NA CLASSIFICAÇÃO ABC: UMA PESQUISA-AÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE ESPELHOS

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED TOOL FOR INVENTORY MANAGEMENT BASED ON THE PARETO PRINCIPLE AND ABC CLASSIFICATION: AN ACTION RESEARCH IN A MIRROR INDUSTRY

Vítor Emiliano Souza*  E-mail: vitor.emiliano@unesp.br
Nuno Miguel de Matos Torre*  E-mail: nuno_torre@hotmail.com
Pedro Luís Tozoni Palma*  E-mail: pedro.palma@unesp.br
Valerio Antonio Pamplona Salomon*  E-mail: valerio.salomon@unesp.br
*Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, SP, Brasil.

Resumo: A gestão de estoques em ambientes industriais com elevada diversidade de matérias-primas exige ferramentas que integrem monitoramento, controle e apoio à tomada de decisão. Embora a Classificação ABC e o Princípio de Pareto sejam amplamente utilizados para priorização de itens, sua aplicação isolada não atende plenamente às necessidades de gestão integrada dos estoques. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar uma ferramenta de gestão integrada, baseada no Princípio de Pareto e na Classificação ABC, implementada em Microsoft Excel, capaz de apoiar o monitoramento de estoques, o acompanhamento do consumo, a projeção de compras e a visualização da produção em uma linha de produção de espelhos. A pesquisa adotou o método de Pesquisa-Ação, envolvendo diagnóstico do problema, desenvolvimento, implementação e avaliação iterativa da ferramenta em ambiente industrial real. Como resultado, foi desenvolvido um dashboard integrado que consolida indicadores estratégicos para monitoramento de estoques, comparação entre consumo previsto e realizado, definição da data ideal de compras, projeção dos níveis de estoque e acompanhamento da produção. A aplicação da ferramenta permitiu melhorar o planejamento das compras, reduzir a necessidade de fretes emergenciais, evitar excessos de estoque e ampliar a visibilidade das informações para suporte à tomada de decisão. Como contribuição científica, o estudo demonstra uma forma de integrar a Classificação ABC e o Princípio de Pareto em uma ferramenta gerencial de baixo custo e fácil replicação. Como contribuição prática, disponibiliza um modelo acessível para apoiar a gestão integrada de estoques em ambientes industriais.

Palavras-chave: Gestão de estoque. Princípio de Pareto. Classificação ABC. Pesquisa-Ação. Indústria de espelhos.

Abstract: Inventory management in industrial environments with high raw material diversity requires tools that integrate monitoring, control, and decision-making support. Although ABC Classification and the Pareto Principle are widely used to prioritize items, their isolated application does not fully meet the needs of integrated inventory management. In this context, this study aimed to develop and evaluate an integrated management tool based on the Pareto Principle and ABC Classification, implemented in Microsoft Excel, capable of supporting inventory monitoring, consumption tracking, purchasing projections, and production visualization in a mirror production line. The research adopted the Action Research method, involving problem diagnosis, development, implementation, and iterative

evaluation of the tool in a real industrial environment. As a result, an integrated dashboard was developed to consolidate strategic indicators for inventory monitoring, comparison between predicted and actual consumption, definition of optimal purchase dates, inventory level projections, and production tracking. The application of the tool improved purchasing planning, reduced the need for emergency freight, avoided excess inventory, and increased information visibility to support decision-making. As a scientific contribution, the study demonstrates a way to integrate ABC Classification and the Pareto Principle into a low-cost and easily replicable management tool. As a practical contribution, it provides an accessible model to support integrated inventory management in industrial environments.

Keywords: Stock Management. Pareto Principle. ABC Classification. Action Research. Mirror industry.

1 INTRODUÇÃO

As organizações visam aprimorar constantemente a qualidade dos seus produtos, as condições de trabalho e minimizar os custos de produção de modo a poderem atender as exigências do mercado. A tomada de decisão desempenha um papel crucial na escolha dos gestores, tendo evoluído para uma análise de custo-benefício e aplicação de métodos em ambientes de incerteza (Torre, Salomon, 2024).

A administração de estoques constitui um dos principais desafios da gestão industrial, especialmente em ambientes com elevada diversidade de matérias-primas, nos quais o equilíbrio entre disponibilidade de materiais, custos de armazenagem e continuidade da produção é determinante para o desempenho operacional (Silva, 2019).

O Princípio de Pareto afirma, em suma, que em muitos casos cerca de 80% dos resultados vêm de apenas 20% das causas. Este padrão pode ser observado em diversos contextos, como os negócios (20% dos clientes geram 80% das vendas), a gestão de tempo (20% das atividades geram 80% dos resultados) ou até mesmo em casos de falhas processuais (20% dos defeitos causam 80% dos problemas) (Fontanillas *et al.*, 2015).

De acordo com Lestari *et al.* (2019), há diversas estratégias para gerenciar sobressalentes que são comumente empregadas por estudiosos, como a abordagem ABC (Always, Better, Control), VED (Vital, Essential, Desirable), FSN (Fast, Slow moving and Non-moving), SDE (Scarce, Difficult, Easy) e HML (High, Medium, Low). Esses métodos são aplicados em várias circunstâncias, como

despesas de compra e estocagem, que precisam ser mantidas no menor patamar possível.

Considerando que o estudo envolve o desenvolvimento, a implementação e a avaliação de uma solução em ambiente industrial real, adotou-se a Pesquisa-Ação como estratégia metodológica, conforme proposto por Erro-Garcés e Alfaro-Tanco (2020).

Neste contexto, embora a classificação ABC seja amplamente difundida na literatura e utilizada em diferentes setores industriais, a maior parte dos estudos concentra-se na priorização de itens para controle de estoques, enquanto há menor atenção ao desenvolvimento de ferramentas gerenciais que integrem essa classificação ao monitoramento operacional, à projeção de compras e ao acompanhamento do consumo em um único ambiente de apoio à decisão. Dessa forma, permanece uma lacuna na literatura quanto à proposição de soluções integradas, de baixo custo, replicáveis e de fácil implementação, capazes de transformar conceitos consolidados de gestão de estoques em instrumentos efetivos de suporte gerencial.

Assim, o objetivo desta pesquisa é desenvolver e avaliar uma ferramenta de gestão integrada, baseada no Princípio de Pareto e na Classificação ABC, implementada em Microsoft Excel, capaz de apoiar o monitoramento de estoques, o acompanhamento do consumo, a projeção de compras e a visualização da produção em uma linha de produção de espelhos.

Como contribuição central frente à literatura, este estudo propõe um *template* generalizado e parametrizado que supera a aplicação direta e isolada da Classificação ABC, estruturando uma arquitetura de tomada de decisão aplicável a múltiplos contextos industriais. Ademais, o *template* estabelece uma base conceitual e prática propícia para evoluções metodológicas futuras, tais como a incorporação de abordagens de classificação ABC multicritério ou modelos híbridos ABC-AHP, permitindo ponderar variáveis críticas além do valor financeiro (como prazo de entrega e criticidade operacional). Sob a perspectiva prática, a pesquisa disponibiliza um dashboard de baixo custo, desenvolvido em Microsoft Excel, passível de replicação em diferentes ambientes industriais.

A questão de pesquisa proposta para este estudo consiste em: Como desenvolver uma ferramenta intuitiva, eficaz e confiável, que possibilite a gestão integrada e eficiente de um estoque expressivo de matérias-primas?

Para responder à questão de pesquisa, foi desenvolvida uma ferramenta integrada, estruturada em um dashboard, que reúne indicadores estratégicos para apoiar a gestão de estoques, o acompanhamento operacional e a tomada de decisão. Dessa forma, busca-se superar a utilização isolada da classificação ABC, integrando diferentes informações relevantes em uma única interface. O *dashboard* contempla:

- I. Monitorar o estoque de quantidade expressiva de materiais (com estoque ao longo do tempo, data e quantidade ideais de compra);
- II. Acompanhar o consumo desses materiais (comparando esperado com obtido);
- III. Ter uma simples visualização do comportamento da produção (distribuição da produção acumulada e sequenciada);
- IV. Cumprir os objetivos acima de forma replicável e simples (em software de fácil acesso, fundamentado e explicado).

Este trabalho está organizado em sete partes. Começa com a Introdução, que oferece um panorama do tema, além de discutir o objetivo e a pergunta de pesquisa, assim como as motivações que fundamentam este estudo. A Seção 2 contém o Referencial Teórico, que traz uma revisão da literatura existente. Na Seção 3, é apresentado o método utilizado. A Seção 4 apresenta os resultados. A Seção 5 discute os resultados obtidos. A Seção 6 apresenta as conclusões e sugestões para pesquisas futuras. Finalmente, a Seção 7 apresenta os agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gestão de estoque

Conforme Mallick *et al.* (2019), a supervisão do estoque é essencial em cenários industriais, pois a disponibilização do produto adequado, em quantidade e no instante apropriado, pode diminuir os gastos e aprimorar a eficácia operacional.

Assim sendo, a programação do inventário exige uma consideração atenta por parte da administração organizacional (Torre *et al.*, 2025).

As peças sobressalentes são cruciais para assegurar que o equipamento opere de maneira contínua e reduza o período de paralisação. A administração dos custos do ciclo de vida exerce uma função vital, já que estrutura, mensura e regula os gastos dos ativos desde a elaboração até o descarte (Kulshrestha *et al.*, 2024).

De acordo com Hu *et al.* (2018), os gastos das peças de reposição estão diretamente relacionados aos custos do ciclo de vida do equipamento, fazendo com que a sua administração eficaz se torne essencial para as operações de controle do estoque, a fim de evitar a sobrecarga de inventário e os custos de armazenagem associados. A categorização das peças de reposição tornou-se uma prática padronizada para aprimorar o êxito da gestão do estoque.

A administração dos estoques envolve monitorar, regular, armazenar e empregar as quantidades que uma empresa utiliza para produzir os itens que comercializa. Os propósitos da administração de estoques são i) elevar a lucratividade da organização por meio de uma gestão mais eficiente dos estoques (ii) antecipar o efeito das diretrizes da empresa sobre os níveis de estoque e (iii) reduzir o custo total das operações logísticas, atendendo ao mesmo tempo s demandas de atendimento ao cliente (Nirmala *et al.*, 2022).

A gestão do estoque é um processo estratégico e essencial em diversas indústrias de manufatura, que precisam gerenciar uma ampla variedade de materiais. A cadeia de suprimentos de insumos se distingue das demais cadeias de suprimento por várias razões, principalmente pela incerteza e pela variabilidade na demanda, aliadas ao alto nível de serviço requerido. Ademais, a gestão de estoque envolve a supervisão e o gerenciamento de uma grande quantidade de itens diversos, que geralmente variam em relação a prazos de aquisição, tamanhos de lotes e níveis de segurança. Essas características tornam a previsão e a administração dos estoques de insumos bastante desafiadoras (Rinaldi *et al.*, 2023).

Em conjunto, esses estudos demonstram que a gestão de estoques envolve não apenas o controle dos níveis de materiais, mas também a integração entre previsão de demanda, monitoramento contínuo e apoio à tomada de decisão. Embora a literatura apresente diferentes práticas para otimizar o gerenciamento dos

estoques, observa-se menor ênfase no desenvolvimento de ferramentas que integrem essas funcionalidades em um único ambiente de apoio gerencial, aspecto que fundamenta a proposta desta pesquisa.

2.2 Método ABC

Mehdizadeh (2020) refere que a técnica mais comum em uma abordagem quantitativa é a análise ABC. Este método organiza os itens em três categorias prioritárias — categoria A (alta prioridade e maior impacto financeiro), B (prioridade e impacto moderados) e C (baixa prioridade e menor impacto financeiro acumulado), avaliando o valor de consumo ou demanda dos itens no sistema de gestão.

Na convenção clássica de Pareto aplicada aos estoques, a Classe A compreende uma pequena parcela do total de itens (geralmente cerca de 20%) que responde pela maior fatia do valor acumulado (aproximadamente 70% a 80%), enquanto a Classe C engloba a maior quantidade de itens (cerca de 50%) representando a menor parcela financeira (cerca de 5% a 10%) (Carvalho, 2002; Mor et al., 2021). Os limiares específicos de corte para cada classe variam de acordo com as especificidades do processo produtivo e a política de estoques definida pela gestão (Gong et al., 2022; Vergara et al., 2020). No entanto, essa análise possui algumas falhas quando aplicada de forma puramente isolada, tornando essencial a adição de mais critérios na classificação a depender das necessidades operacionais da empresa.

A classificação ABC teve origem nos Estados Unidos na década de 1950, fundamentando-se no Princípio de Pareto. Inicialmente, foi utilizada como uma estratégia para otimizar a gestão de estoques, possibilitando que as empresas dirigissem seus recursos e esforços para os itens que mais influenciavam os custos e a eficiência operacional (Carvalho, 2002).

O método de classificação ABC é um dos mais comumente empregados para classificar inventários. Este sistema aplica políticas e métodos de gerenciamento de estoques, diminui a quantidade de itens que necessitam de maior supervisão e controle da administração, prioriza um plano de localização de estoques, reduz o

tempo e os gastos com arrumação, coleta e embalagem, e estabelece quando os produtos precisam ser reorganizados ou reabastecidos (Chu *et al.*, 2008).

Em síntese, a literatura demonstra que a classificação ABC constitui uma ferramenta consolidada para priorização de materiais e apoio à gestão de estoques. Entretanto, os estudos concentram-se predominantemente na classificação dos itens, dedicando menor atenção ao desenvolvimento de ferramentas que integrem essa classificação ao monitoramento operacional, ao acompanhamento do consumo e ao planejamento de compras. Essa lacuna fundamenta o desenvolvimento da ferramenta proposta nesta pesquisa.

3 METODOLOGIA

3.1 Método

Considerou-se a Pesquisa-Ação como metodologia adotada para esta pesquisa, diante do desafio de gerenciar o estoque de 20 matérias-primas de uma linha de produção de espelho, onde frequentemente ocorriam problemas atrelados à compra excessiva (como vencimento de matérias primas e estocagem em lugares inadequados) pareados à falta de controle necessário (com estoques chegando a níveis abaixo do mínimo, requerendo fretes mais caros e com urgência).

O método de Pesquisa-Ação é uma abordagem que abrange diversas disciplinas, podendo ser utilizado em conjunto com outras metodologias, tanto qualitativas quanto quantitativas. Além disso, sua aplicação deve ocorrer no campo da gestão empresarial de maneira empírica, fundamentando-se na colaboração entre pesquisa e prática, bem como na conexão entre o meio acadêmico e os profissionais do setor (Erro-Garcés, Alfaro-Tanco, 2020).

A opção por essa abordagem fundamenta-se no fato de que o estudo envolveu a identificação do problema, o planejamento da intervenção, o desenvolvimento, a implementação, a avaliação e o aperfeiçoamento contínuo da ferramenta em ambiente real, em colaboração com os profissionais da empresa, caracterizando uma intervenção prática e não apenas a observação do fenômeno.

A equipe de pesquisa foi constituída por uma estrutura colaborativa envolvendo pesquisadores acadêmicos e profissionais da empresa estudada: 1

Engenheiro de Processos, 1 Analista de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e 1 Supervisor de Gestão de Estoques e Almoxarifado, atuando diretamente em conjunto com os autores do artigo. Dessa forma, foi identificada a necessidade de se desenvolver uma ferramenta capaz de viabilizar esse controle.

De acordo com Coughlan e Coughlan (2002), a Pesquisa-Ação é uma metodologia participativa que busca compreender não só uma situação ou problema, mas também estimular alterações práticas e aprimoramentos no ambiente estudado. Sua estrutura fundamenta-se em ciclos iterativos compostos por quatro fases principais: Planejamento, Ação, Observação e Reflexão.

Antes do início dos ciclos formais da Pesquisa-Ação, foi realizada uma fase preliminar de diagnóstico e estruturação da solução. Na situação inicial, os registros de estoque eram inseridos em uma planilha que não proporcionava um controle visual suficientemente confiável para apoiar as decisões de abastecimento. Inicialmente, foram desenvolvidas máscaras no Microsoft Excel para transformar os formulários preenchidos pela equipe em uma base de dados contínua e expansível. A partir dessa base, foi elaborado um primeiro protótipo para visualizar o comportamento dos estoques ao longo do tempo. Entretanto, a apresentação simultânea de todas as matérias-primas, sem critérios de classificação ou priorização, resultou em um volume excessivo de informações e demonstrou a oportunidade de uma abordagem mais estruturada. Essa constatação fundamentou o início formal do estudo.

1. Ciclo 1 – Classificação dos materiais e estruturação das visões gerenciais

- **Planejamento:** Estudo do Princípio de Pareto e da Classificação ABC, com o objetivo de estabelecer critérios para priorizar as matérias-primas e facilitar o acompanhamento de sua representatividade financeira. Também foram definidos os indicadores necessários para comparar o consumo previsto e realizado e verificar a aderência dos gastos e consumos ao planejamento produtivo e orçamentário.
- **Ação:** Aplicação da Classificação ABC às matérias-primas da linha de produção e inclusão de indicadores de consumo médio associados aos diferentes produtos fabricados. Foram desenvolvidos gráficos de

acompanhamento anual e visões segmentadas por produto, material e período, estabelecendo a estrutura geral do dashboard.

- **Observação:** A classificação dos materiais e a segmentação das informações reduziram o excesso de dados apresentado no protótipo inicial e facilitaram a identificação dos itens de maior relevância. A estrutura visual desenvolvida nesse ciclo constituiu a base do dashboard e sofreu poucas alterações nas etapas posteriores.
- **Reflexão:** Embora a nova estrutura permitisse visualizar o comportamento dos estoques e dos consumos, a interpretação dos gráficos ainda dependia do conhecimento prévio dos usuários. A ferramenta demonstrava, por exemplo, a existência de determinada quantidade em estoque, mas não indicava automaticamente se essa quantidade era adequada ou crítica. Dessa forma, identificou-se a necessidade de incorporar parâmetros quantitativos e sinalizadores visuais que apoiassem diretamente a tomada de decisão.

2. Ciclo 2 – Parametrização dos estoques e desenvolvimento de sinalizadores visuais

- **Planejamento:** Definição dos parâmetros necessários para determinar os níveis de estoque mínimo e máximo e o lote adequado de compra de cada matéria-prima. Também foi planejada a inserção de mecanismos visuais de prevenção de falhas, de modo que situações críticas fossem identificadas independentemente da experiência do usuário com cada material.
- **Ação:** Desenvolvimento e implementação dos cálculos de estoque mínimo, estoque máximo e lote padrão de compra, considerando o consumo previsto, a capacidade física de armazenagem e os parâmetros operacionais de cada matéria-prima. Os níveis calculados foram incorporados aos gráficos por meio de linhas de referência, permitindo comparar visualmente o estoque disponível com seus limites operacionais.
- **Observação:** A inclusão dos parâmetros tornou mais objetiva a interpretação dos gráficos, possibilitando identificar materiais próximos de níveis críticos ou situações de estoque excedente. Entretanto, verificou-se que os parâmetros internos da fábrica, como consumo e quantidade armazenada, não eram

suficientes para determinar o momento adequado de emissão dos pedidos de compra.

- **Reflexão:** Constatou-se que a ferramenta precisava incorporar variáveis externas ao processo produtivo, especialmente os prazos de entrega dos fornecedores. A análise deveria indicar não apenas que o estoque estava se aproximando do nível mínimo, mas também considerar o tempo necessário para que uma nova compra fosse entregue antes da ocorrência de uma ruptura.

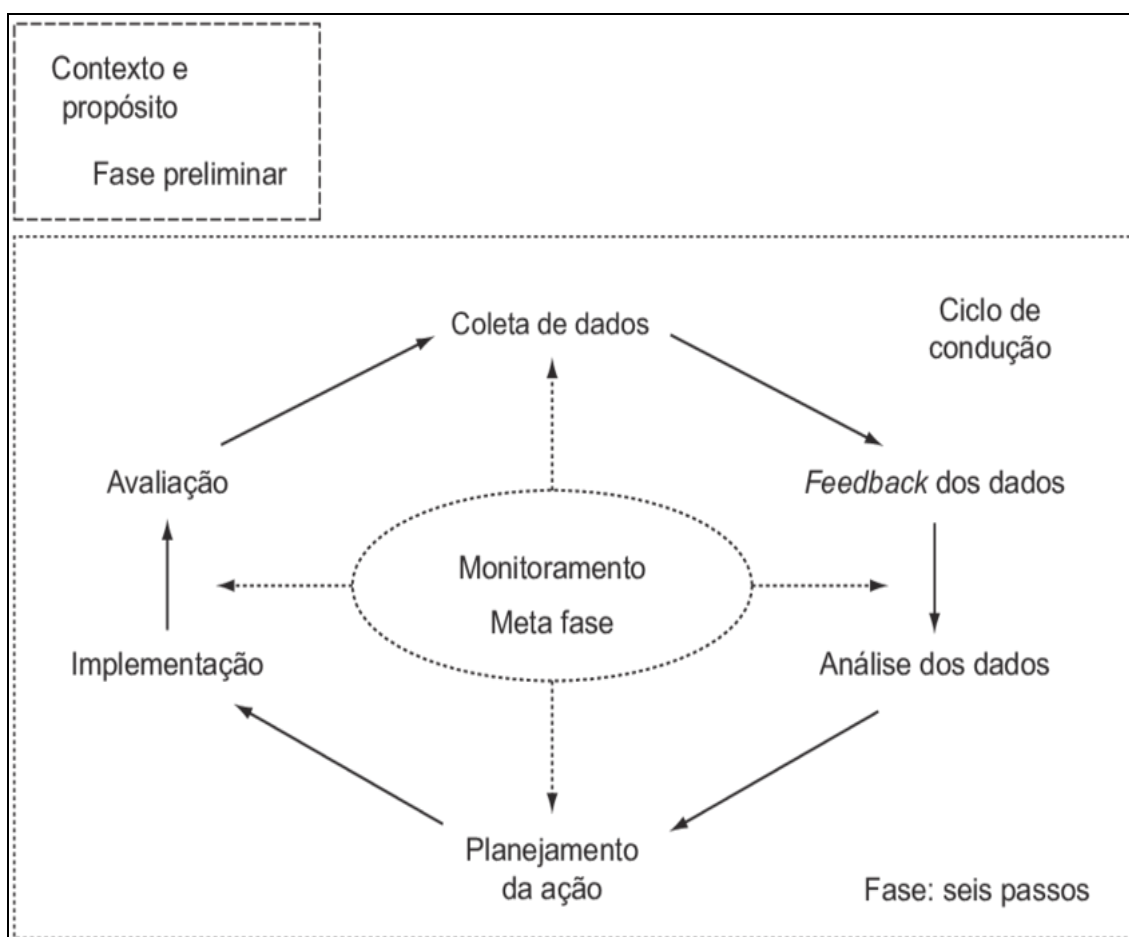
3. Ciclo 3 – Integração dos prazos de fornecimento e consolidação da ferramenta

- **Planejamento:** Refinamento e classificação das informações relacionadas aos fornecedores, com destaque para os prazos de entrega e as condições de aquisição. Foi planejado o desenvolvimento de um indicador capaz de estimar o tempo restante até que cada matéria-prima atingisse o estoque mínimo e, com base no prazo de fornecimento, determinar a data adequada para a emissão do pedido de compra.
- **Ação:** Parametrização dos prazos de entrega dos fornecedores e integração dessas informações aos dados de consumo e estoque. Foram implementados os cálculos da data ideal de compra e os respectivos sinalizadores visuais. Quando a data calculada era ultrapassada sem a emissão do pedido, a ferramenta passava a destacar automaticamente o alerta em vermelho e negrito.
- **Observação:** Durante a utilização da ferramenta no ambiente industrial, os indicadores integrados permitiram acompanhar simultaneamente os níveis de estoque, o comportamento do consumo, os lotes de aquisição e os prazos de fornecimento. A sinalização antecipada das necessidades de reposição favoreceu a realização dos pedidos no momento adequado e reduziu a dependência de análises manuais individualizadas.
- **Reflexão:** A integração das variáveis internas e externas consolidou o dashboard como uma ferramenta de apoio ao planejamento de estoques e compras. A solução passou a apresentar não somente os dados históricos e a situação corrente dos materiais, mas também informações diretamente

relacionadas à decisão de reposição. Após a validação de sua estrutura e de sua utilização pela equipe industrial, o projeto foi concluído e a ferramenta foi entregue para continuidade do controle operacional.

A Figura 1 apresenta o ciclo da Pesquisa-Ação adotado neste estudo, evidenciando as etapas de planejamento, implementação, monitoramento e retroalimentação que orientaram o desenvolvimento e o aperfeiçoamento contínuo da ferramenta proposta. Essa representação facilita a compreensão da lógica metodológica utilizada ao longo da pesquisa e demonstra como as intervenções realizadas subsidiaram o refinamento contínuo da solução desenvolvida.

Figura 1 – Abordagem da Pesquisa-Ação



Fonte: Coughlan e Coughlan (2002).

Na situação analisada, já estavam definidos o prazo para a verificação de estoque, o método pelo qual essa verificação era realizada e até mesmo a maneira

como as informações de estoque eram inseridas no sistema. No entanto, permitir uma inserção simplificada no sistema resultava na dificuldade de lidar com essas informações, uma vez que não estavam estruturadas em um formato de banco de dados utilizável. Portanto, o sistema carecia, principalmente, de métricas que permitissem a previsão de estoque, impactando nas encomendas pontuais e em métodos de envio mais urgentes e dispendiosos. Além disso, devido ao grande número de materiais, era essencial implementar um método de classificação que agilizasse a análise e o acompanhamento, garantindo que o tempo gasto fosse apenas o necessário para cada material.

A solução foi desenvolvida de forma iterativa, seguindo os princípios da Pesquisa-Ação. Em cada ciclo foram realizadas as etapas de diagnóstico do problema, planejamento das melhorias, implementação da solução, avaliação dos resultados e definição de novos aprimoramentos. Esse processo permitiu o refinamento contínuo da ferramenta até que atendesse aos requisitos operacionais da empresa.

3.2. Desenvolvimento da ferramenta

Os níveis de estoque máximo e mínimo são importantes parâmetros na administração de inventário, utilizados para regular a quantidade ideal de produtos a serem armazenados. O estoque mínimo diz respeito à quantidade essencial de itens que uma empresa deve manter para prevenir faltas e garantir que a demanda seja atendida de maneira contínua. Por outro lado, o estoque máximo indica o volume máximo de produtos que pode ser armazenado, levando em consideração aspectos como espaço físico (Capacidade de Estoque), despesas de manutenção, validade dos produtos e previsões de vendas. Uma definição apropriada desses níveis é crucial para manter o equilíbrio no fluxo de mercadorias, otimizar os custos e garantir que os produtos estejam disponíveis no momento certo. Para a determinação do Estoque Mínimo, utiliza-se a Equação 1:

$$\text{Estoque Mínimo} = \frac{\text{Consumo médio previsto} \times \text{LeadTime de Compra}}{30 \times (1 + C.S.)} \quad (1)$$

Onde:

- Consumo Médio Previsto é o consumo mensal estimado da matéria-prima;
- Lead Time de Compra é o tempo total de ressuprimento (em dias);
- 30 representa a aproximação de dias no mês; e
- C.S. é o Coeficiente de Segurança definido pela gestão (neste estudo, adotou-se C.S.= 10%).

A partir do Estoque Mínimo, o Estoque Máximo é dimensionado considerando o Lote Padrão de Compra fornecido pela área comercial, conforme expresso na Equação 2:

$$\text{Capacidade de Estoque} \geq \text{Estoque Mínimo} + \text{Lote Padrão de Compra} \quad (2)$$

Contudo, caso a quantidade obtida pela Equação 2 supere o limite físico de armazenagem do depósito, aplica-se a restrição de capacidade dada pelas Equações 3 e 4:

$$\text{Estoque Máximo} = \text{Estoque Mínimo} + \text{Lote Padrão de Compra} \quad (3)$$

Se não,

$$\text{Estoque Máximo} = \text{Capacidade de Estoque} \quad (4)$$

No desenvolvimento da ferramenta, a classificação ABC foi utilizada para:

- ✓ Organizar os materiais de maneira a facilitar a visualização de suas informações no painel de controle;
- ✓ Determinar se a seleção do fornecedor será feita com base no menor prazo de entrega ou no menor custo.

De forma lógica, se a prioridade é minimizar o impacto financeiro, os materiais com maior peso financeiro (classificação 'A') devem ser adquiridos de fornecedores que oferecem o menor custo. Em contraste, os materiais que exercem menor pressão sobre o caixa da empresa (classificação 'C') podem ser comprados de fornecedores que apresentam o menor tempo de entrega, sem grandes

preocupações financeiras. Os itens classificados como 'B', nesse contexto, serão adquiridos de fornecedores que representam um meio-termo, onde o custo não é o mais baixo, mas também não há um tempo de entrega excessivo.

Em termos numéricos, as matérias-primas foram categorizadas com base na curva do custo total previsto mensalmente acumulado, adotando-se limiares calibrados em conjunto com a equipe de gestão da empresa estudada, de modo a refletir as características operacionais e os critérios de tomada de decisão do contexto analisado. Assim, embora a literatura apresente limiares clássicos para a Classificação ABC, os valores empregados neste estudo correspondem a uma adaptação específica à realidade da empresa, visando representar adequadamente a distribuição dos custos e apoiar a gestão dos estoques.

- Classificação A: itens que representam até 55% do custo total previsto mensalmente (maior peso financeiro, exigindo aquisição prioritária por menor custo e controle rigoroso de estoque);
- Classificação B: itens que representam entre 55% e 80% do custo total previsto mensalmente (peso financeiro intermediário, adquiridos buscando equilíbrio entre custo e prazo de entrega);
- Classificação C: itens que representam de 80% a 100% do custo total previsto acumulado (menor peso financeiro individual, priorizando-se fornecedores com menor prazo de entrega para garantir agilidade e evitar paradas).

O cálculo do impacto financeiro mensal de cada matéria-prima é determinado pela Equação 5:

Custo Mensal Médio=

$$\text{Custo Unitário} \times (PMP_W \times CMP_{Mat.:W} + PMP_X \times CMP_{Mat.:X} + PMP_Y \times CMP_{Mat.:Y} + PMP_Z \times CMP_{Mat.:Z}) \quad (5)$$

Onde,

- PMP_W = Produção Média Prevista do Produto W;
- CMP_{Mat.: W} = Consumo Médio Previsto do Material com o Produto W;
- Custo Unitário = Custo Unitário de cada material;
- Custo Mensal Médio = custo previsto de cada material mensalmente.

Após a definição dos critérios de classificação dos materiais, foram adotados procedimentos para preservar a confidencialidade das informações da empresa durante a apresentação da ferramenta. Dessa forma, para que pudesse ser desenvolvida uma ferramenta replicável sem a exposição de dados sensíveis à indústria original, algumas ações foram tomadas, dentre elas:

- Todos os materiais e fornecedores tiveram seus nomes e códigos generalizados e padronizados; e
- Todos os valores que deveriam ser preenchidos manualmente ou eram propriedade de algum material e/ou produto foram parametrizados e aleatorizados:
- Para os produtos, o valor pertinente, que normalmente poderia ser fornecido por áreas de Planejamento de Produção, é a Produção Mensal Prevista. Para este valor, foi aleatorizado um valor entre 800 e 1200 unidades por mês.

Os volumes de produção mensal foram parametrizados entre 800 e 1200 unidades por produto. A Tabela 1 sintetiza a distribuição obtida para os produtos analisados (W, X, Y e Z), que fundamenta os cálculos subsequentes de consumo de insumos.

Tabela 1 - Valores aleatórios gerados de produção mensal prevista

Produção Mensal Prevista	
Produto W	905
Produto X	1141
Produto Y	1021
Produto Z	837

Fonte: Elaborado pelos autores.

- No que diz respeito às matérias-primas, foi necessário aleatorizar três propriedades, que serão detalhadas a seguir. O consumo de referência (em unidade específica / unidade de produto) determina que o primeiro material de cada fornecedor terá um consumo fixo (0,001, 0,01, 0,1, 1, 10 ou 100), enquanto os dois materiais seguintes (de fornecedores distintos) terão um consumo variando entre 0,9 e 1,1 vezes o valor

inicial. Esse valor é geralmente obtido com base no consumo histórico do material em uma linha de produção. Abaixo, segue um exemplo com os valores aleatorizados:

A Tabela 2 exemplifica a aplicação dessa parametrização para diferentes materiais e fornecedores.

Tabela 2 - Exemplo de consumos aleatorizados

Material	Fornecedor	Consumo
Material 01	Fornecedor A	0,001
Material 01	Fornecedor B	0,00106
Material 01	Fornecedor C	0,00116

Fonte: Elaborado pelos autores.

- Custo unitário (em R\$ / unidade específica), onde o primeiro material de cada fornecedor possui um custo aleatorizado entre R\$0,10 e R\$250 por unidade, e os dois materiais subsequentes possuem de 0,9 a 1,1 vezes este custo. Estes valores geralmente são negociados com fornecedores.

A Tabela 3 apresenta o exemplo de custos aleatorizados.

Tabela 3 - Exemplo de custos aleatorizados

Fornecedor	Material	Custo Unitário
Fornecedor A	Material 01	R\$ 11,30
Fornecedor B	Material 01	R\$ 11,91
Fornecedor C	Material 01	R\$ 11,27

Fonte: Elaborado pelos autores.

- Fornecimento – Lote padrão de compra (em unidades específicas), onde o valor foi aleatorizado entre 0,1 e 5 vezes o consumo mensal de cada matéria-prima. Este valor também é impactado por vários fatores como condição de envio, aporte do fornecedor e outros, e geralmente é definido e fornecido pela área comercial.

Para fins de simulação e preservação de dados confidenciais, o Lote Padrão de Compra de cada matéria-prima foi dimensionado de acordo com a Equação 6:

$$Lote\ Padrão = (PMP_W + PMP_X + PMP_Y + PMP_Z) \times Consumo\ referência \times Aleatório \quad (6)$$

Onde,

- ✓ PMP = Produção Média Prevista mensal do produto (W, X, Y ou Z);
- ✓ Aleatório = número aleatório entre 0,1 e 5; e
- ✓ O valor do Lote Padrão foi arredondado para o Número Inteiro imediatamente acima do valor calculado. Assim, obteve-se o exemplo (com os números de produção calculados anteriormente).

Como aplicação prática dessa parametrização, a Tabela 4 exemplifica os valores de lote padrão calculados para diferentes matérias-primas e fornecedores.

Tabela 4 - Exemplo de lote padrão de compra aleatorizado

Fornecedor	Material	Unidade	Consumo	Lote Padrão
Fornecedor A	Material 01	Litros	0,001	11
Fornecedor B	Material 01	Litros	0,00106	5
Fornecedor C	Material 01	Litros	0,00112	19

Fonte: Elaborado pelos autores.

4 RESULTADOS

Neste estudo, são analisados inicialmente 8 fornecedores distintos, nomeados de “Fornecedor A” a “Fornecedor H”, organizados em grupos de três para as 20 matérias-primas, resultando em um total de 60 combinações únicas entre material e fornecedor. As variáveis incluem o tempo de entrega, o lote padrão para compra e venda, além do custo unitário de cada item.

4.1. Estrutura geral da ferramenta proposta

De certa forma, a aba do *dashboard* representa o objetivo final de todo o projeto realizado, já que é nela que se concentram todas as informações relevantes coletadas e calculadas nas outras 8 abas. Ademais, é a aba onde se concentra mais

no *layout*, ou seja, na disposição das informações para tornar a visualização mais rápida e intuitiva.

4.2. Aplicação dos filtros para análise dos estoques

O objetivo é integrar todos os filtros relevantes para as análises requeridas, incluindo:

- Classificação - Seleciona os materiais de acordo com a lista de prioridade - Classificação ABC dos Materiais e Fornecedores;
- Material - Diretamente seleciona o material que se deseja acompanhar;
- Categoria de Fornecedor - Seleciona os fornecedores com base na prioridade de contato;
- Fornecedor - Seleciona, se necessário, os fornecedores diretamente;
- Data do Inventário - Linha do tempo personalizável, para seguir períodos de tempo específicos;
- Produto - Classifica o item para monitorar os consumos particulares em cada produção.

Para permitir análises personalizadas no apoio à tomada de decisão, foram integrados filtros dinâmicos que estruturam a navegação pelos indicadores.

Conforme ilustrado na Figura 2, o painel de seleção permite ao usuário filtrar e especificar as informações por meio de seis parâmetros principais: (i) Classificação ABC, selecionando os materiais segundo sua prioridade; (ii) Material, permitindo a escolha direta do item a ser acompanhado; (iii) Categoria do Fornecedor, agrupando parceiros comerciais por nível de contato; (iv) Fornecedor, para seleção direta do fabricante ou distribuidor; (v) Data do Inventário, por meio de uma linha do tempo personalizável para intervalos específicos; e (vi) Produto, que monitora o consumo particular alocado a cada linha de fabricação.

Figura 2 - Painel de Seleção de Filtros dos Indicadores

Painel de Seleção

Classificação

- A
- B
- C

Material

- Material 06
- Material 11
- Material 12

Tipo Fornece...

- Backup 01
- Backup 02
- Primário

Fornecedor

- Fornecedor B
- Fornecedor A
- Fornecedor C

Data do Inventário

jan - abr de 2024 MESES ▾

2024

JAN FEV MAR ABR MAI JUN JUL AGO

Produto

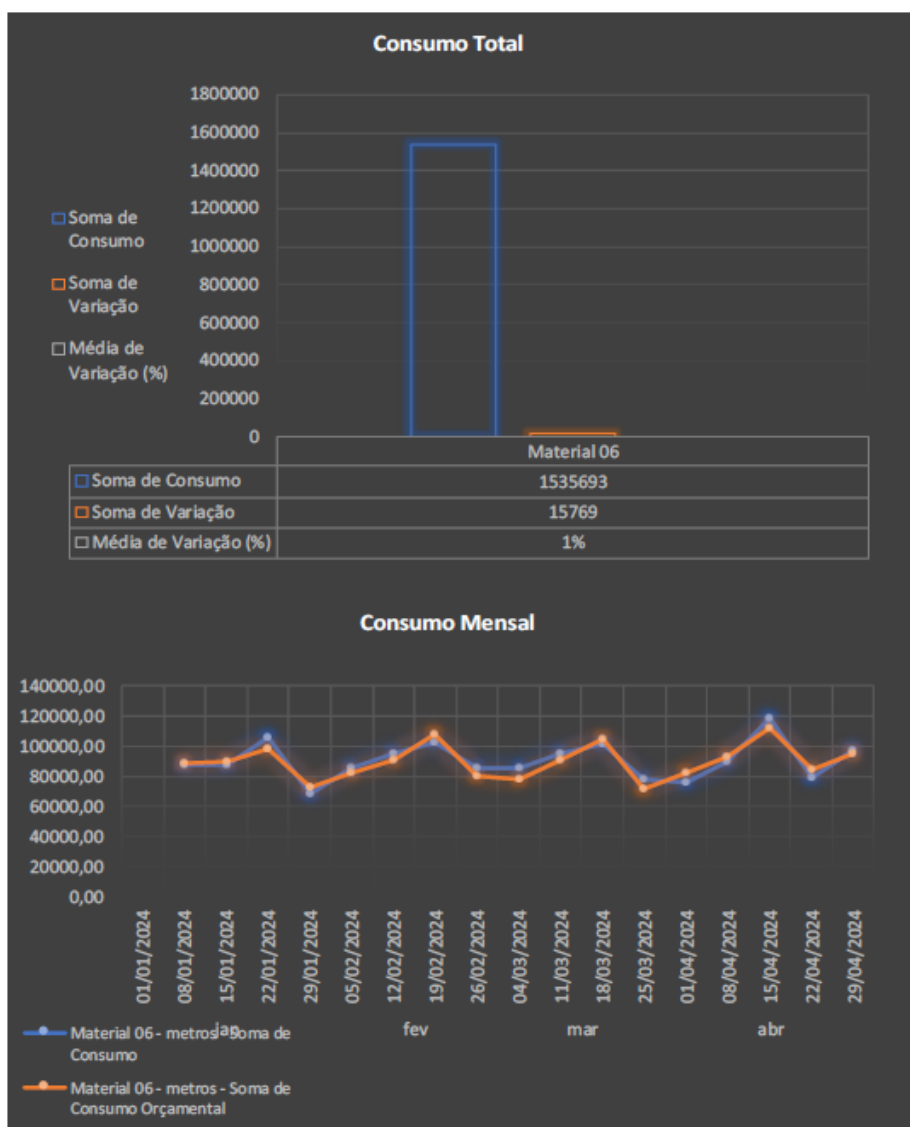
- Produto W
- Produto X
- Produto Y
- Produto Z

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3. Monitoramento do consumo de matérias-primas

Para avaliar o comportamento do consumo das matérias-primas, a Figura 3 apresenta a estrutura gráfica desenvolvida para comparar os valores projetados e realizados ao longo do período analisado. Na parte superior da figura, visualiza-se o confronto entre o consumo realizado e o esperado de forma acumulada; na parte inferior, apresenta-se a mesma comparação disposta de maneira sequencial diária.

Figura 3 - Acompanhamento do Consumo



Fonte: Elaborado pelos autores.

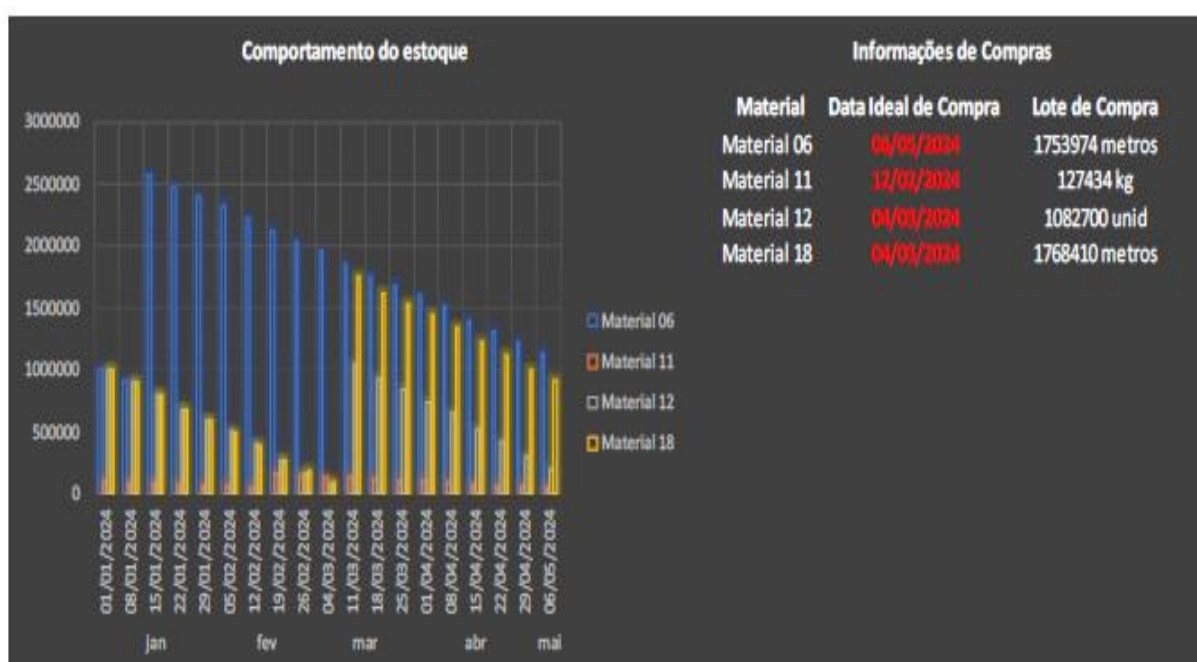
4.4. Apoio ao planejamento de estoques e compras

A Figura 4 apresenta os indicadores utilizados para acompanhar a evolução do estoque e apoiar o planejamento das aquisições, permitindo identificar antecipadamente necessidades de reposição. A aplicação da ferramenta possibilita observar a evolução do nível de estoque ao longo do tempo (lado esquerdo) e indica a próxima data ideal para compras, acompanhada do tamanho do lote padrão (lado direito). Adicionalmente, caso a data ideal de compra tenha expirado sem a devida

ordem emitida, o sistema destaca automaticamente o valor em negrito e na cor vermelha.

Durante o período de acompanhamento da aplicação empírica, a utilização do painel e o monitoramento contínuo dos indicadores demonstraram eficácia em assegurar que os pedidos de compra fossem realizados no momento oportuno. Isso contribuiu para prevenir a ocorrência de fretes urgentes e a sobrecarga de pedidos, auxiliando na manutenção do estoque dentro dos limites de sua capacidade física.

Figura 4 - Acompanhamento de Estoque e Compras

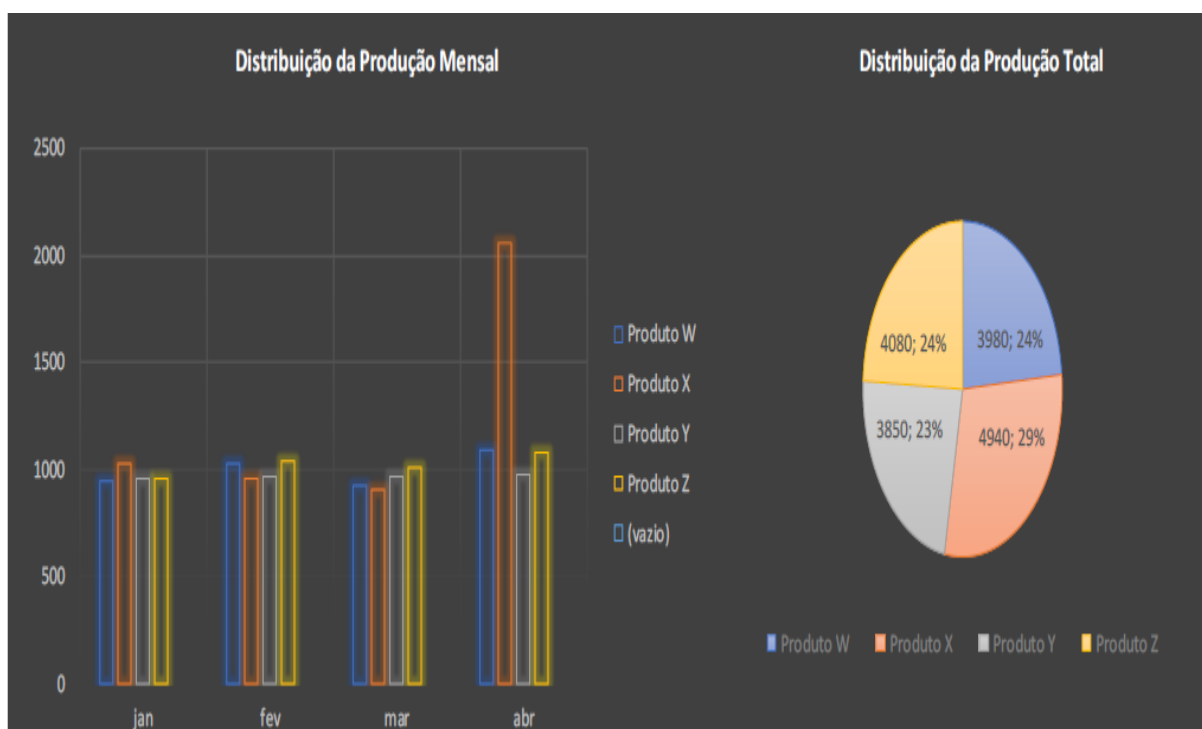


Fonte: Elaborado pelos autores.

4.5. Monitoramento da produção para suporte ao consumo de materiais

A Figura 5 ilustra os indicadores empregados para acompanhar o comportamento da produção, permitindo correlacionar o ritmo fabril com o consumo de insumos. A interface exibe a sequência diária de fabricação no painel esquerdo, enquanto o painel direito consolida a distribuição da produção acumulada durante o período selecionado.

Figura 5 - Acompanhamento da Produção



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.6. Integração dos indicadores em um dashboard gerencial

Embora os módulos tenham sido detalhados individualmente para facilitar a compreensão de suas rotinas, a Figura 6 ilustra a integração completa dessas visões em uma única interface gerencial (*dashboard*). Essa consolidação permite ao gestor visualizar simultaneamente todas as variáveis operacionais cruciais para a tomada de decisão.

Figura 6 - Layout da aba dashboard



Fonte: Elaborado pelos autores.

A utilização integrada desses indicadores permitiu antecipar o planejamento das compras, resultado consistente com Kulshrestha et al. (2024), que destacam a importância do monitoramento contínuo para reduzir falhas na gestão de sobressalentes e matérias primas.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma gestão de estoques eficaz baseia-se em controle rigoroso e previsões adequadas da demanda, sendo fundamental para minimizar desperdícios, evitar o acúmulo de produtos desnecessários e assegurar que os materiais certos estejam disponíveis no momento correto (Mallick et al., 2019; Nirmala et al., 2022). Essa estratégia potencializa o uso do espaço, reduz custos e torna a cadeia de suprimentos ágil.

Para abordar a questão de pesquisa, especialmente no ponto I, são considerados os indicadores de estoque e previsibilidade de compras, conforme a Figura 4. Esses indicadores permitem monitorar o desempenho do estoque ao longo

do período, além de identificar a melhor data de compra e as quantidades padrão a serem solicitadas por lote. No monitoramento do estoque de materiais da linha de espelhos que motivou a criação da ferramenta, esses indicadores, aliados ao monitoramento contínuo, foram suficientes para assegurar que os pedidos de compra fossem feitos no momento oportuno. Isso contribuiu para mitigar a necessidade de fretes urgentes durante a aplicação da ferramenta e prevenir a sobrecarga de pedidos, auxiliando na manutenção estoque dentro de sua capacidade física projetada, o que está em consonância com as proposições de Kulshrestha *et al.* (2024).

A principal contribuição dessa abordagem em relação às práticas tradicionais de gestão de estoques reside no fato de a classificação ABC não ser tratada de forma estática ou isolada. Ao integrar a Curva ABC ao ritmo de produção e ao ponto de pedido em tempo real no dashboard, a ferramenta transforma a categorização de materiais em um mecanismo ativo de sinalização operacional para a tomada de decisão no chão de fábrica.

O ponto II pode ser examinado pela Figura 3, que mostra o consumo de cada matéria-prima em relação às expectativas, de forma acumulativa e sequencial (Hu *et al.*, 2018). Na situação analisada, os indicadores permitem uma análise estratégica, possibilitando ação rápida em semanas de consumo elevado e avaliação crítica de Engenharia de Processos, identificando materiais com maiores discrepâncias e suas causas, o que reforça o papel do controle de chão de fábrica destacado por Mor *et al.* (2021).

O ponto III é o mais simples, seja pela análise do número de variáveis monitoradas ou pela diversidade de produtos. No entanto, ao avaliar o uso de diferentes materiais, é essencial compreender os fatores que influenciam esse consumo e suas quantidades. Com isso, os dados essenciais estão na Figura 5, permitindo entender se aumentos de consumo decorrem de desperdícios ou apenas de sazonalidades de produção, corroborando as observações de Lestari *et al.* (2019).

Por fim, e talvez com maior complexidade, o ponto IV pode ser analisado. O programa utilizado foi o Excel, uma ferramenta comum em qualquer local de

trabalho, mas que viabilizou a aplicação prática da Pesquisa-Ação conforme defendido por Erro-Garcés e Alfaro-Tanco (2020).

A fundamentação, por sua vez, foi elaborada para garantir a confiabilidade e a possibilidade de replicação da solução, e no contexto industrial atendeu a essa exigência. Evidencia-se que a contribuição do estudo transcende o estudo de caso na indústria de espelhos: o *template* generalizado desenvolvido atua como uma estrutura aberta que articula dados operacionais com regras formais de decisão. Enquanto abordagens convencionais aplicam a curva ABC de forma estática, a ferramenta proposta serve de substrato para a integração de modelos decisórios mais robustos. Em termos teóricos e práticos, o *template* pode evoluir para acomodar uma classificação ABC multicritério ou arranjos ABC-AHP (como discutido por Vergara et al., 2020 e Torre et al., 2025), permitindo que critérios como risco de abastecimento, variabilidade de demanda e impacto na manutenção sejam incorporados de forma ponderada ao painel.

Diante disso, emergem oportunidades de aprimoramento e evolução metodológica para a solução desenvolvida.

Como estudos futuros, sugere-se desenvolver interfaces mais intuitivas para o preenchimento de inventário e integração com outros sistemas mais adequados para essa função, permitindo a conexão com sistemas de medição automática de estoque.

6 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar uma ferramenta parametrizada para o monitoramento e controle de estoques em uma linha industrial de produção de espelhos, buscando responder à questão de pesquisa sobre como otimizar a previsibilidade de compras e o controle de consumo de matéria-prima no chão de fábrica.

O cumprimento deste objetivo e a resposta à questão de pesquisa foram evidenciados pela estruturação e aplicação dos indicadores estratégicos de estoque, inventário e previsibilidade de compras. A aplicação prática da ferramenta proporcionou um mecanismo para o acompanhamento tempestivo dos pedidos,

contribuindo para a prevenção de custos com fretes emergenciais e para a manutenção dos níveis de estoque dentro da capacidade física do depósito. Adicionalmente, a análise do consumo acumulado permitiu à Engenharia de Processos rastrear e agir rapidamente sobre discrepâncias operacionais, diferenciando ineficiências pontuais de variações sazonais.

A escolha de uma plataforma acessível garantiu facilidade de adoção pelos operadores e engenheiros, demonstrando a aplicabilidade da abordagem no contexto industrial estudado. Sob a perspectiva teórica e científica, a contribuição central deste trabalho reside no desenvolvimento e validação do *template* generalizado, que demonstra como integrar o Princípio de Pareto e a Classificação ABC em um arcabouço lógico de suporte à decisão.

O estudo avança sobre a literatura ao demonstrar que ferramentas gerenciais acessíveis podem atuar como ponte entre métodos quantitativos de gestão de estoques e a execução operacional no chão de fábrica, estabelecendo também uma estrutura expansível para a incorporação de técnicas de decisão multicritério (ABC multicritério/ABC-AHP). Na esfera prática, fornece um modelo totalmente parametrizado e replicável para a gestão de insumos em diferentes setores produtivos. Como limitações, destacam-se a dependência inicial do preenchimento manual de dados e a validação empírica restrita a um único segmento industrial. Para trabalhos futuros, além da aplicação e validação do *template* sob a ótica do ABC-AHP e multicritério, recomenda-se a integração automatizada do dashboard com sistemas ERP.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Processo FAPESP 2023/14761-5.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, José M. C., (2002). **Logística**. 3ª Ed. Lisboa: Edições Silabo.

CHU, Ching-Wu, LIANG, Gin-Shub; LIAO, Chien-Tseng. (2008). Controlling inventory by / combining ABC analysis and fuzzy classification. **Computers & Industrial Engineering**, v. 55, n. 4, p. 841-851.

COUGHLAN, Paul; COGHLAN, David. (2002). Action research for operations management. **International journal of operations & production management**, v. 22, n. 2, p. 220-240.

ERRO-GARCÉS, Amaya; ALFARO-TANCO, José A. (2020). Action research as a meta-methodology in the management field. **International Journal of Qualitative Methods**, v. 19, p. 1609406920917489.

FONTANILLAS, Carlos Navarro; CORRÊA, Raquel Ramos; CRUZ, Eduardo Picanço. (2015). Otimização do estoque com o uso da classificação abc/pareto. **Simpósio de Excelência da Gestão e Tecnológica 2**, p. 13.

GONG, Jianqiang; LUO, Yaping; QIU, Zhaowen; WANG, Xiangdong. (2022). Determination of key components in automobile braking systems based on ABC classification and FMECA. **Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)**, v. 9, n. 1, p. 69-77.

Hu, Q., Boylan, J.E., Chen, H. and Labib, A. (2018). OR in spare parts management: A review. **European Journal of Operational Research**, v. 266, n. 2, p. 395-414.

KULSHRESTHA, Nishant; AGRAWAL, Saurabh; SHREE, Deep. (2024). Spare parts management in industry 4.0 era: a literature review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 30, n. 1, p. 248-283.

LESTARI, Fitra; ULFAH; SUHERMAN; AZWAR, Budi; FITHRI, Prima (2019). Combining ABC and VED Analysis for Managing Medicine Inventory (Case Study at Community Development Elderly in Indonesia). **International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology**, v. 9, n. 3, p. 952.

Microsoft Corporation, 2024. **Microsoft Excel**. Disponível em: <https://office.microsoft.com/excel>

MALLICK, B.; DAS, S.; SARKAR, B. (2019). Application of the modified similarity-based method for multi-criteria inventory classification. **Decision Science Letters**, v. 8, n. 4, p. 445-470.

MEHDIZADEH, Masoud (2020). Integrating ABC analysis and rough set theory to control the inventories of distributor in the supply chain of auto spare parts. **Computers & Industrial Engineering**, v. 139, p. 105673.

MOR, Rahul s; KUMAR, Dinesh; YADAV, Sarika; JAISWAL, Swatantra Kumar (2021). Achieving cost efficiency through increased inventory leanness: evidence from manufacturing industry. **Production Engineering Archives**, v. 27, n. 1, p. 42-49.

NIRMALA, D. Annie Rose et al. (2022). Inventory management and control system using ABC and VED analysis. **Materials Today: Proceedings**, v. 60, p. 922-925.

RINALDI, Marta et al. (2023). A new procedure for spare parts inventory management in ETO production: a case study. **Procedia Computer Science**, v. 217, p. 376-385

SILVA, Bráulio Wilker. (2019). Gestão de estoques: planejamento, execução e controle. 2ª ed. **João Monlevade: BWS Consultoria**.

TORRE, N. M. M.; SALOMON, V. A. P.; FLOREK-PASZKOWSKA, A. K. (2025). Multi-criteria classification of spare parts in the steel industry. **BRAZILIAN JOURNAL OF OPERATIONS & PRODUCTION MANAGEMENT**.

TORRE, N.; SALOMON, V. P. (2024). Análise bibliométrica da aplicação do método AHP na gestão da manutenção de ativos na indústria siderúrgica. *In*: XLIV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: ENEGEP/ABEPRO.

VERGARA, Ileana Gloria Pérez; SÁNCHEZ, Julián Andrés Arias; POVEDA-BAUTISTA, Rocío; DIEGO-MAS, Jose-Antonio (2020). Improving Distributed Decision Making in Inventory Management: a combined ABC-AHP approach supported by teamwork. **Complexity**, v. 2020, p. 1-13.

Biografia do(s) autor(es)

Vítor Emiliano Souza

Graduação em engenharia Mecânica pela UNESP. Engenheiro de Processos do Itaú.

Nuno Miguel de Matos Torre

Doutorado - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, SP, Brasil.

Lean, Indústria 4.0; Indústria 5.0. Decisão Multicritério. Atualmente, trabalha como engenheiro especialista na Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), Brasil.

Pedro Luís Tozoni Palma

Mestrado Profissional Unesp - Andamento

Graduado em Química pela Universidade Estadual de Londrina. Avaliação Multicritério para Decisão de Investimento em Indústria 4.0 na Indústria Automotiva

Valerio Antonio Pamplona Salomon

Pós-doutorado pela University of Pittsburgh(2007). Professor titular da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Membro de corpo editorial da Symmetry-Basel, Revisor de projeto de fomento da National Science Centre, Poland, Revisor de projeto de fomento do Fundo Mackenzie de Pesquisa, da Universidade Regional do Cariri e Revisor de

periódico da Frontiers in Mechanical Engineering. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Pesquisa Operacional.



Artigo recebido em: 02/10/2025 e aceito para publicação em: 08/08/2026

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v26i3.5698>