

TIAGO YUTA ITO SUZUKI

**Diagnóstico e implantação de melhorias na gestão de estoques em
uma empresa de irrigação: um estudo de caso**

São Paulo
2025

TIAGO YUTA ITO SUZUKI

Diagnóstico e implantação de melhorias na gestão de estoques em uma
empresa de irrigação: um estudo de caso

Trabalho apresentado à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para
obtenção do diploma de Engenheiro de
Produção.

Orientador:
Prof. Dr. Renan Favarão da Silva

São Paulo
2025

Dedico aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, pela saúde e pela força para seguir esta caminhada.

À minha família, pelo sustentáculo, paciência e incentivo em todos os momentos.

Aos colegas, pelo apoio mútuo, pelas trocas de experiências e pela parceria que tornaram esta caminhada mais leve e enriquecedora.

À instituição e aos professores, pelos ensinamentos e pela excelência acadêmica ao longo da formação.

Por fim, mas não menos importante, ao meu orientador, Professor Doutor Renan Favarão da Silva, por aceitar o desafio de me orientar com dedicação e comprometimento, tornando possível a realização deste trabalho com qualidade e no tempo proposto.

RESUMO

SUZUKI, Tiago Yuta Ito. **Diagnóstico e implantação de melhorias na gestão de estoques em uma empresa de irrigação: um estudo de caso**. 2025. 106 f. Trabalho de conclusão de curso – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

A gestão de estoques é um elemento essencial para a eficiência operacional de empresas que dependem de grande variedade de materiais, como ocorre no setor de irrigação. Nesse contexto, este trabalho investigou as principais fragilidades da empresa estudada, relacionadas à falta de padronização, baixa confiabilidade dos registros e ausência de integração entre sistemas. Diante desse cenário, o objetivo geral é diagnosticar as práticas atuais de gestão de estoques e propor melhorias que aumentem a organização física, a acuracidade das informações e o suporte às decisões de reposição em uma empresa do setor de irrigação. Para tal, estruturaram-se quatro etapas de pesquisa: identificação e priorização de oportunidades de gestão de estoque, elaboração de propostas de melhoria, execução das propostas de melhoria e a discussão dos resultados alcançados. A proposta elaborada apresenta cinco frentes de atuação complementares e interdependentes, abordando priorização de itens, apoio a decisão de pedidos, esquema de localização, *layout* e implantação de um sistema informatizado. Como resultado, obteve-se uma estrutura de armazenagem mais coerente com os fluxos reais de operação, um método padronizado para localização de materiais, parâmetros quantitativos para orientar decisões de compra e um aplicativo em *AppSheet* que possibilita registrar as movimentações e acompanhar os saldos em tempo real. Dessa forma, conclui-se que as ações implementadas contribuíram para maior organização, acuracidade e agilidade no processo de gestão de estoques da empresa analisada.

Palavras-chave: Gestão de estoques. Curva ABC. Arranjo físico de armazéns. Sistemas informatizados. *AppSheet*.

ABSTRACT

SUZUKI, Tiago Yuta Ito. **Diagnosis and implementation of improvements in inventory management at an irrigation company: a case study.** 2025. 106 p. Trabalho de conclusão de curso – Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025.

Inventory management is an essential element for the operational efficiency of companies that depend on a wide variety of materials, as is the case in the irrigation sector. In this context, this study investigated the main weaknesses of the analyzed company, related to the lack of standardization, low reliability of records, and absence of integration between systems. Given this scenario, the overall objective is to diagnose the current inventory management practices and propose improvements that increase physical organization, information accuracy, and support for replenishment decisions in a company in the irrigation sector. To this end, four research stages were structured: identification and prioritization of inventory management opportunities, development of improvement proposals, implementation of these proposals and discussion of the results obtained. The proposed solution includes five complementary and interdependent fronts of action, covering item prioritization, order decision support, location scheme, layout, and the implementation of an information system. As a result, the company obtained a storage structure more aligned with actual operational flows, a standardized method for locating materials, quantitative parameters to guide purchasing decisions, and an AppSheet application that allows recording movements and monitoring stock levels in real time. Thus, it is concluded that the actions implemented contributed to greater organization, accuracy, and agility in the company's inventory management process.

Keywords: Inventory Management. ABC Inventory Control. Warehouse Layout. Information Systems. AppSheet.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| FIGURA 2.1 – Exemplo de perfil de estoque | 22 |
| FIGURA 2.2 – Determinação do nível de serviço para um item | 25 |
| FIGURA 2.3 – Exemplo de curva ABC | 28 |
| FIGURA 2.4 – Determinação das áreas A, B e C | 30 |
| FIGURA 2.5 – Exemplo de codificação para localização | 39 |
| FIGURA 2.6 – Esquema de localização da CNS | 40 |
| FIGURA 2.7 – Modelo de diagrama de Ishikawa | 46 |
| FIGURA 2.8 – Método dos 5 Porquês | 47 |
| FIGURA 3.1 – Etapas do desenvolvimento da pesquisa | 50 |
| FIGURA 4.1 – Organograma da empresa | 43 |
| FIGURA 4.2 – Registros fotográficos na visita técnica | 55 |
| FIGURA 4.3 – Análise pelo Diagrama de Ishikawa da gestão de estoques | 58 |
| FIGURA 4.4 – Construção da curva ABC | 65 |
| FIGURA 4.5 – Gráfico da curva ABC | 66 |
| FIGURA 4.6 – Esquema de codificação das localizações | 77 |
| FIGURA 4.7 – Plantas da sede e das filiais com identificação dos depósitos | 77 |
| FIGURA 4.8 – Layout do Depósito A com identificação dos conjuntos | 78 |
| FIGURA 4.9 – Layout do Depósito B com identificação dos conjuntos | 78 |
| FIGURA 4.10 – Conjunto 1 do Depósito A com níveis e divisões numerados | 79 |
| FIGURA 4.11 – Placas e adesivos fixados no estoque | 79 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 4.12 – Proposta de arranjo para o depósito A | 82 |
| FIGURA 4.14 – Proposta de arranjo para o depósito C | 83 |
| FIGURA 4.15 – Proposta de arranjo para o depósito E | 83 |
| FIGURA 4.13 – Proposta de arranjo para os depósitos externos | 84 |
| FIGURA 4.16 – Foto do depósito da Filial 1 | 85 |
| FIGURA 4.17 – Materiais para envio à sede | 87 |
| FIGURA 4.18 – Materiais para descarte | 87 |
| FIGURA 4.19 – Posicionamento de peças | 88 |
| FIGURA 4.20 – Posicionamento de tubos e luvas | 88 |
| FIGURA 4.21 – Armazenamento em sacolas e caixas de papelão | 89 |
| FIGURA 4.22 – Armazenamento em cestos e gavetas identificados | 89 |
| FIGURA 4.23 – Separação em níveis por famílias e características físicas | 90 |
| FIGURA 4.24 – Fixação de adesivos de endereçamento na Filial 1 | 91 |
| FIGURA 4.25 – Cadastro de itens e posições no aplicativo | 91 |
| FIGURA 4.26 – Depósito da Filial 1 alterado | 92 |
| FIGURA 4.27 – Telas principais do aplicativo | 94 |
| FIGURA 4.28 – Banco de dados do aplicativo | 94 |
| FIGURA 4.29 – Utilização de fórmula em coluna virtual | 95 |
| FIGURA 4.30 – Fórmula de validação de quantidades por local | 96 |
| FIGURA 4.31 – Processo de leitura de um código de localização | 96 |
| FIGURA 4.32 – Botão de emissão e <i>template</i> do PDF automatizado | 97 |

FIGURA 4.33 – Dashboard do aplicativo 98

FIGURA 4.34 – Aplicativo instalado em computador da empresa 99

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 2.1 – Escala de avaliação da Matriz GUT | 44 |
| TABELA 4.1 – Lista de documentos analisados | 54 |
| TABELA 4.2 – Registro da entrevista semiestruturada | 56 |
| TABELA 4.3 – Análise dos 5 Porquês | 59 |
| TABELA 4.4 – Priorização dos problemas a serem tratados por meio da Matriz GUT | 60 |
| TABELA 4.5 – Planejamento de execução e priorização das soluções propostas | 63 |
| TABELA 4.6 – Tabela mestra de itens de estoques da organização | 64 |
| TABELA 4.7 – Resumo de percentuais da Curva ABC | 66 |
| TABELA 4.8 – Resumo do valor estocado atual | 67 |
| TABELA 4.9 – Levantamento de dados de estoque | 70 |
| TABELA 4.10 – Cálculo do nível de serviço ótimo | 71 |
| TABELA 4.11 – Cálculo do estoque de segurança | 72 |
| TABELA 4.12 – Cálculo do lote econômico | 73 |
| TABELA 4.13 – Cálculo do ponto de pedido | 74 |
| TABELA 4.14 – Variação no estoque médio | 75 |
| TABELA 4.15 – Tabela da classificação por popularidade | 81 |
| TABELA 4.16 – Resumo das classes de popularidade | 81 |
| TABELA 4.17 – Inventário do estoque da Filial 1 | 86 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---|
| CIF | <i>Cost, Insurance, and Freight</i> (Custo, Seguro e Frete) |
| ERP | <i>Enterprise Resource Planning</i> (Planejamento de Recursos Empresariais) |
| FIFO | <i>First In, First Out</i> (Primeiro a Entrar, Primeiro a Sair) |
| FOB | <i>Free On Board</i> (Livre A Bordo) |
| LEC | Lote Econômico de Compra |
| LIFO | <i>Last In, First Out</i> (Último a Entrar, Primeiro a Sair) |
| PDCA | <i>Plan, Do, Check, Act</i> (Planejar, Executar, Controlar e Agir) |
| SKU | <i>Stock-Keeping Unit</i> (Unidade de Manutenção de Estoque) |
| SSI | Serviço de Satisfação ao Irrigante |
| WMS | <i>Warehouse Management System</i> (Sistema de Gerenciamento de Armazém) |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 OBJETIVOS | 16 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA | 16 |
| 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO | 18 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 20 |
| 2.1 GESTÃO DE ESTOQUES | 20 |
| 2.1.1 Decisão de volume | 21 |
| 2.1.2 Decisão de <i>timing</i> | 24 |
| 2.1.3 Controle de estoque | 27 |
| 2.2 ARMAZENAMENTO | 33 |
| 2.2.1 Arranjo físico (<i>layout</i>) do armazenamento | 34 |
| 2.2.2 Esquema de localização do armazenamento | 38 |
| 2.3 SISTEMAS INFORMATIZADOS NA GESTÃO DE ESTOQUES | 40 |
| 2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA SUPORTE | 43 |
| 2.4.1 Matriz GUT | 43 |
| 2.4.2 Diagrama de Ishikawa | 45 |
| 2.4.3 Método dos 5 Porquês | 46 |
| 3 METODOLOGIA DE PESQUISA | 48 |
| 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA | 48 |
| 3.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS E MÉTODOS DA PESQUISA | 49 |
| 4 ESTUDO DE CASO | 52 |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO | 52 |
| 4.2 IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE GESTÃO DE ESTOQUES | 58 |
| 4.3 ELABORAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA DE ESTOQUES | 61 |
| 4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS ITENS DE ESTOQUES | 63 |
| 4.5 APOIO À DECISÃO DE PEDIDOS | 67 |
| 4.6 ESQUEMATIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO | 76 |
| 4.7 PLANEJAMENTO DO <i>LAYOUT</i> DO ESTOQUE | 80 |

| | |
|--|-----|
| 4.8 DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DE ESTOQUES | 92 |
| 5 CONCLUSÕES | 100 |
| REFERÊNCIAS | 102 |

1 INTRODUÇÃO

A gestão de estoques constitui um dos pilares centrais da administração de materiais, sendo fundamental para o equilíbrio entre oferta e procura, a otimização de recursos financeiros e físicos nas organizações (BALLOU, 2006). Segundo Viana (2006), estoques podem ser caracterizados como o acúmulo de materiais, mercadorias ou produtos para utilização futura, a fim de manter o atendimento e a operação, e surgem nas empresas pela impossibilidade de prever-se a demanda com exatidão. Nesse contexto, a gestão de estoques surge para reduzir custos, evitar rupturas e garantir a continuidade operacional, tornando-se estratégica em diversos setores econômicos, sobretudo aqueles que dependem de insumos contínuos ou produtos com elevada rotatividade (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

A aplicação da gestão de estoques se torna ainda mais complexa quando se trata de empresas de pequeno porte, especialmente no setor de comércio e serviços, em que estão suscetíveis a incertezas e variações no suprimento pelos fabricantes e na demanda compradora. Nessas organizações, os estoques físicos podem apresentar milhares de SKUs, com características físicas e funcionais muito variadas. Além disso, o capital investido em estoques pode comprometer significativamente o fluxo de caixa, tornando essencial a utilização de métodos que permitam calcular o “quanto pedir”, “quando pedir” e como controlar de maneira sistemática o inventário, especialmente diante de recursos limitados e ausência de integração tecnológica (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

À medida que o agronegócio cresce e se consolida como um dos principais motores da economia brasileira, sua gestão torna-se cada vez mais complexa. Conforme Silva, Farias e da Silva (2023), o fortalecimento desse setor elevou significativamente a necessidade de controle rigoroso dos processos, demandando maior atenção ao gerenciamento de estoques, dado que esse recurso é essencial para o sucesso operacional em atividades que consomem grandes volumes de insumos. No contexto particular das empresas de irrigação, a gestão de estoques está diretamente associada à eficiência operacional e à qualidade do serviço prestado, de modo que os materiais sejam disponibilizados no tempo certo para atender a diferentes canais de venda e, principalmente, aos projetos de campo, que possuem cronogramas rigorosos e alta variabilidade de consumo de itens. Outra particularidade desse segmento é o modelo de vendas, no qual o número de fornecedores é

bastante limitado, tornando imprescindível manter níveis de estoque bem ajustados para evitar rupturas e atrasos na execução das obras.

Dessa forma, o armazenamento adequado, o *layout* bem organizado, a priorização de itens críticos e a melhoria nas decisões de pedido e nos controles de informação podem impactar diretamente a satisfação do cliente e a lucratividade da empresa. Por esse motivo, torna-se relevante investigar práticas de gestão de estoques que atendam às necessidades da operação e adequem-se ao orçamento e às dimensões da organização.

Apesar da importância estratégica e de sua relevância, a gestão de estoques tem menor adoção em meio a pequenas empresas, seja por desconhecimento das metodologias ou dos seus benefícios para a competitividade e permanência no mercado (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Dentre os principais desafios estão a falta de padronização nos processos, registros manuais incompletos ou inconsistentes e ausência de integração entre filiais e sede, gerando discrepâncias entre os níveis físicos e registrados dos estoques. Tais falhas podem acarretar rupturas, atrasos na execução de projetos e aumento do custo operacional, afetando diretamente a competitividade da organização.

Outra dificuldade frequente envolve a ausência de métodos de priorização e cálculo de níveis ideais de estoque. Sem mecanismos claros para definir quais itens devem ser estocados em maior quantidade, que necessitam de reabastecimento imediato e quais podem ter reposição programada, a gestão torna-se empírica e sujeita a erros, aumentando o risco de obsolescência de materiais, imobilização desnecessária de capital e insatisfação do cliente (VIANA, 2006; SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Além disso, a execução de projetos de irrigação depende da coordenação simultânea de materiais, mão de obra, equipamentos e prazos. A falta de gestão formal e integrada acarreta descompasso entre o planejamento e a realidade operacional, prejudicando a utilização eficiente dos recursos, comprometendo a qualidade do serviço e limitando oportunidades de crescimento. Nesse cenário, identificar e priorizar soluções para problemas de estoque se apresenta como uma necessidade crítica, sendo este o foco do presente trabalho, que busca aplicar conceitos da engenharia de produção para otimizar a operação da empresa estudada.

Neste contexto, o trabalho visa responder aos seguintes questionamentos:

- Como aprimorar o processo de gestão de estoques em uma empresa de irrigação de pequeno porte?
- Como aumentar a confiabilidade dos dados e apoiar as decisões de pedido?
- De que forma o arranjo físico e a informatização dos estoques podem melhorar o desempenho operacional?

Por meio desses questionamentos, elaboram-se os objetivos que conduziram o tratamento da pesquisa.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é diagnosticar as práticas atuais de gestão de estoques de uma empresa do setor de irrigação e propor melhorias que aumentem a organização física, a acuracidade das informações e o suporte às decisões de reposição em uma empresa do setor de irrigação.

Para tanto, definem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Mapear o processo atual de gestão de estoques da empresa, identificando fluxos, controles e principais dificuldades;
- b) Identificar oportunidades e elaborar proposta de melhoria na gestão de estoques;
- c) Executar adequações no arranjo físico e nas decisões de estoque;
- d) Implementar um sistema informatizado de gestão de estoques;
- e) Avaliar os resultados obtidos e estruturar ações futuras.

1.2 JUSTIFICATIVA

Visando à melhoria da acurácia de informações, à redução de custos e ao aumento da eficiência logística, a relevância da tratativa do problema de pesquisa consiste tanto nos benefícios diretos proporcionados à organização estudada quanto no caráter específico de seu ramo de atuação. De um lado, os ganhos esperados advêm da implementação de uma proposta de melhoria voltada aos estoques da empresa, fundamentada em métodos e ferramentas consolidados da engenharia de

produção, capazes de elevar o nível de controle, acurácia e eficiência operacional. De outro, a empresa analisada apresenta um contexto singular, atuando de forma híbrida como comércio e indústria, realizando tanto vendas em balcão quanto execução de obras e manutenção de sistemas de irrigação. Essa configuração confere elevada complexidade ao gerenciamento de estoques, pois envolve canais de naturezas distintas, demandas sazonais e prazos de atendimento variáveis.

Além das particularidades estruturais, a organização encontra-se em um momento de expansão, com aumento do número de colaboradores, diversificação de produtos e ampliação da área geográfica de atendimento. Esse cenário de crescimento, somado à intensificação da concorrência no setor agroindustrial, reforça a necessidade de adoção de práticas de gestão mais robustas e sistematizadas, que permitam sustentar o ritmo de expansão sem comprometer a qualidade dos serviços e o desempenho financeiro. Nesse sentido, a presente pesquisa torna-se relevante ao propor soluções aplicadas e adaptadas à realidade de uma empresa em evolução, alinhando conceitos teóricos à prática empresarial.

É amplamente documentada, em trabalhos acadêmicos, a aplicação de métodos e ferramentas da engenharia de produção em empresas de médio e pequeno porte que enfrentam desafios relacionados à gestão de estoques. Em seu estudo, Rathke (2019) propõe melhorias no controle de materiais em uma empresa familiar do ramo metalmeccânico e de varejo de peças, utilizando análise de dados para aumentar a precisão das informações e reduzir perdas. De forma semelhante, Yamaki e Turati (2024) desenvolveram um projeto de otimização de layout em uma empresa de papelão, obtendo ganhos significativos na eficiência da movimentação e no tempo de localização de itens. Complementarmente, Oliveira *et al.* (2024) evidenciam os benefícios da adoção de sistemas informatizados integrados para a gestão de estoques, resultando em maior fidelidade entre o estoque físico e o registrado, redução de 60% no tempo de busca de produtos e maior confiabilidade na tomada de decisão de pedidos.

Diante desses resultados, observa-se que o diagnóstico sistemático e a aplicação de soluções fundamentadas em práticas consolidadas da administração de materiais representam oportunidades efetivas de melhoria organizacional. Nesse contexto, pesquisas aplicadas como a presente contribuem tanto para o desenvolvimento prático dos conhecimentos da engenharia de produção quanto para

o alcance de benefícios concretos nas empresas, como aumento da produtividade, redução de custos e aprimoramento do serviço oferecido.

Por fim, destaca-se que os resultados esperados contribuem para além da realidade da organização estudada, uma vez que as práticas e soluções propostas podem ser replicadas em outras empresas de perfil semelhante, que enfrentam dificuldades de controle, padronização e integração de estoques. Assim, o trabalho busca não apenas gerar ganhos operacionais diretos à empresa analisada, mas também oferecer uma contribuição prática e metodológica à literatura e às aplicações da engenharia de produção no contexto de pequenas e médias empresas do setor agroindustrial.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para melhor organizar o desenvolvimento deste trabalho, estruturou-se este texto em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo, apresentam-se o tema e justificativa para realização da pesquisa, assim como os objetivos gerais e específicos que orientaram a investigação.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica, reunindo os principais conceitos relacionados à gestão de estoques e administração de materiais, métodos de priorização de itens de estoques, decisões de reposição, *layout* de armazéns, esquemas de endereçamento, sistemas informatizados e demais ferramentas da qualidade que sustentam teoricamente as análises realizadas ao longo do estudo.

No terceiro capítulo, descreve-se a metodologia empregada, detalhando a caracterização da pesquisa quanto à natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Além disso, apresentam-se a sequência e etapas desta pesquisa, os instrumentos utilizados e o roteiro sistemático que permitiu conduzir o estudo com rigor científico.

O quarto capítulo reúne o estudo de caso desenvolvido na empresa analisada. Inicialmente, apresenta-se o diagnóstico da gestão de estoque e dos processos de movimentação, seguido pela classificação dos materiais, definição das decisões de pedido, desenvolvimento do *layout* proposto, implementação do esquema de localização e, por fim, construção e implantação do sistema informatizado de gestão

de estoques. Cada seção descreve as ferramentas aplicadas, os resultados obtidos e as melhorias alcançadas.

Por fim, o quinto capítulo sintetiza os principais achados do desenvolvimento deste trabalho de formatura. Destacam-se as limitações assim como oportunidades para trabalhos futuros. Na sequência, apresentam-se as referências que embasaram o desenvolvimento deste estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda a fundamentação teórica acerca do estudo de caso sobre estoques na empresa de irrigação. Na primeira seção, apresentam-se os conceitos gerais de gestão de estoques, abordando as funções, tipos e custos associados, bem como os métodos de reposição, cálculo de estoque de segurança, nível de serviço e lote econômico. Também são apresentados os fundamentos de controle de estoque, introduzindo a priorização de itens em portfólio pela curva ABC e ferramentas de medição de estoque. Em seguida, descrevem-se as bases sobre armazenamento de materiais, em termos de arranjo físico e esquemas de localização na segunda seção.

Na sequência, na terceira seção, discutem-se os sistemas informatizados aplicados à administração de materiais, discutindo conceitos de planejamento e controle, implantação de plataformas digitais, informatização de processos e aplicações *low-code* utilizadas em pequenos e médios negócios, fornecendo o embasamento para o desenvolvimento do aplicativo apresentado no estudo de caso. Por fim, na quarta e última seção, apresentam-se as ferramentas da qualidade que auxiliaram no diagnóstico do problema e na tomada de decisões.

2.1 GESTÃO DE ESTOQUES

Segundo Viana (2006) estoques são recursos ociosos que possuem valor econômico, constituindo um investimento voltado a sustentar as atividades produtivas e atender à demanda dos clientes. Um acúmulo de estoques exige um gerenciamento para de projetar níveis adequados a fim de manter o estoque e o consumo equilibrados. Para Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), a gestão de estoques consiste no gerenciamento de acumulações de materiais, clientes ou informações à medida que fluem por meio de processos ou redes.

Neste trabalho, o objeto de estudo serão os estoques físicos, caracterizados por Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) como a acumulação de materiais físicos, incluindo itens como peças, componentes e produtos acabados. Também denominados como inventários, Arnold, Chapman e Clive (2008) os descrevem como materiais ou suprimentos que empresas mantêm para a venda ou para provisionar insumos ou suprimentos ao processo produtivo.

Ao mesmo passo que o estoque físico compromete o capital de giro e ocupa espaço físico, este tipo de acumulação ajuda a manter nível aceitável de atendimento aos clientes, reduzindo insatisfações e perdas de faturamento. Algumas outras vantagens de se acumular materiais físicos incluem: proteção contra flutuações imprevistas no suprimento e na demanda, antecipação de demandas futuras e redução dos custos globais. Portanto, o objetivo da gestão de estoques físicos é a redução do nível global e do custo do estoque, sem que haja prejuízo ao nível de atendimento. Os três principais tipos de decisão envolvidos na gestão de estoque que serão explorados com um maior nível de detalhe são: quanto pedir (decisão de volume); quando pedir (decisão de *timing*); e como controlar o sistema (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

2.1.1 Decisão de volume

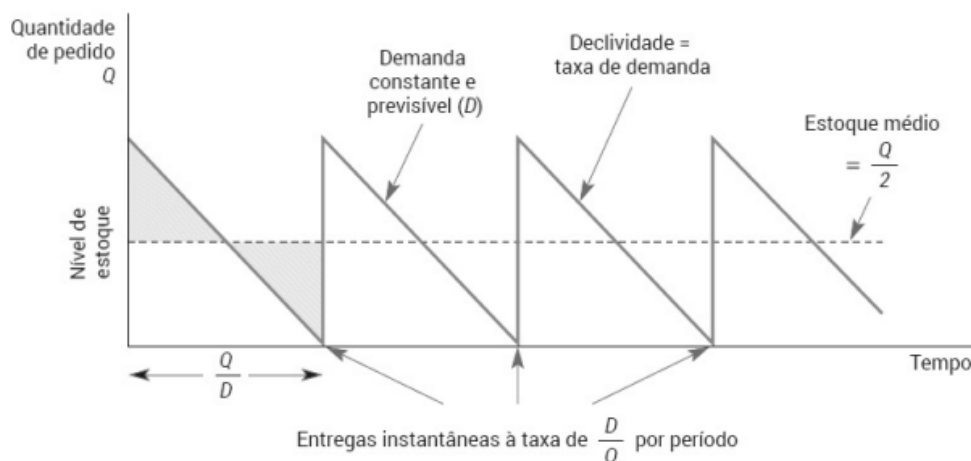
A decisão de volume na gestão de estoques, ou seja, a definição da quantidade de um pedido de reposição, envolve o equilíbrio entre vários tipos de custos que aumentam ou diminuem conforme o tamanho do pedido cresce. De um lado, pedidos maiores tendem a reduzir certos custos fixos, como o custo de emissão de pedidos, já que menos requisições são necessárias ao longo do tempo. Além disso, esses pedidos também podem diminuir os custos relacionados a descontos comerciais, uma vez que fornecedores frequentemente oferecem preços mais vantajosos para compras em grande escala e reduzir os custos de falta de estoque, pois estoques mais robustos mitigam o risco de rupturas e atrasos no atendimento (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Por outro lado, o aumento do volume pedido eleva custos associados à imobilização de capital de giro, pois o pagamento ao fornecedor pode anteceder o recebimento das receitas, caso não haja um acordo para manter o estoque em consignação; incrementa os custos de armazenagem, que abrangem despesas com espaço físico, energia, segurança e seguros; aumenta a probabilidade de obsolescência ou deterioração dos itens, principalmente quando o tempo de estocagem é prolongado; e pode ainda gerar ineficiências operacionais, uma vez que níveis elevados de estoque mascaram falhas produtivas e dificultam o controle de processo (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Outro conceito relevante para a decisão de volume é o perfil de estoque, que se caracteriza como uma representação visual do nível de estoque ao longo do tempo. Neste tipo de representação, é possível obter informações importantes para gestão de estoques, como o tamanho dos pedidos, o estoque médio e a taxa de demanda, além do intervalo e da frequência das entregas (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Como exposto na Figura 2.1, apresenta-se um exemplo de perfil de estoque, demonstrando, de forma simplificada, como um estoque físico se comportaria. As linhas verticais representam o ressuprimento, com a chegada de um novo lote de uma vez só à medida que o estoque disponível é zerado. Assim, o nível de estoque cresce em Q , a quantidade de pedido. Já as linhas diagonais representam a queda nos níveis de estoque ao longo do tempo devido ao consumo D , uma demanda constante e previsível. Com base nisso, temos que o estoque médio equivale à metade da quantidade de pedido Q (Eq. 1) e o número de pedidos por período (frequência das entregas) é a demanda do período D dividida por Q (Eq. 2). Caso haja um estoque de segurança definido, seu valor é usualmente incluído no cálculo valor estoque médio (BALLOU, 2006; ARNOLD; CHAPMAN; CLIVE, 2008; SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Figura 2.1 – Exemplo de perfil de estoque



Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018).

$$\text{Estoque médio} = \frac{Q}{2} \quad (1)$$

$$Frequência\ de\ entrega = \frac{D}{Q} \quad (2)$$

Para a definir a quantidade de um item a ser pedida em uma reposição de estoque, pode-se utilizar a fórmula do lote econômico de compra (LEC). Esse método tenta encontrar o melhor equilíbrio entre as vantagens e desvantagens da manutenção de um estoque para encontrar a quantidade ótima de pedido, com o objetivo de minimizar o custo total de estocagem por item. Os custos mais relevantes neste cálculo consistem no custo de pedido, que inclui os custos de emissão do pedido e de desconto no preço, e no custo de manutenção, que considera os custos de capital de giro, de estocagem e do risco de obsolescência (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

$$Custo\ de\ pedido = C_o \times \frac{D}{Q} \quad (3)$$

$$Custo\ de\ manutenção = C_h \times \frac{Q}{2} \quad (4)$$

$$Custo\ total\ do\ estoque = C_o \times \frac{D}{Q} + C_h \times \frac{Q}{2} \quad (5)$$

Segundo Arnold, Chapman e Clive (2008), o LEC ocorre em uma quantidade de pedido em que o custo de manutenção se iguala ao custo de pedido. Partindo desta igualdade, derivamos o seguinte cálculo:

$$LEC = \sqrt{\frac{2 C_o D}{C_h}} \quad (6)$$

A Equação 6 consiste na fórmula do LEC, apresentando 3 variáveis. Caso a demanda (D) ou os custos de emissão de um pedido (C_o) aumentem, o LEC aumentará em tamanho. Por outro lado, o LEC será reduzido ao passo que o custo total de manter uma unidade de estoque por um período de tempo (C_h) aumenta.

Vale ressaltar que o conceito de LEC se baseia nas suposições de que a demanda é relativamente conhecida e constante, de que o item é produzido ou comprado em lotes e não continuamente, de que os custos de preparação do pedido e de manutenção de estoque são constantes e conhecidos e de que a reposição ocorre de uma só vez. Esses pressupostos são geralmente válidos para bens acabados e com demanda independente e bastante uniforme (ARNOLD; CHAPMAN; CLIVE, 2008).

2.1.2 Decisão de *timing*

Para decisões de *timing*, ou seja, de quando um pedido deve ser emitido, é necessário levar em consideração prazo de entrega (*lead time*), caracterizado como um lapso entre a realização de um pedido ao fornecedor e sua chegada no estoque. Dessa forma, o ponto de reposição pode ser calculado subtraindo o *lead time* do instante em que o estoque seria zerado. No entanto, em cenários reais em que a demanda e o *lead time* não são perfeitamente previsíveis, o pedido de reposição deverá ser executado com maior antecedência, resultando, usualmente, em um estoque residual, chamado de estoque de segurança (*ES*), no momento da chegada do pedido no estoque. Outro fator que impacta o dimensionamento de um estoque de segurança é a variabilidade no lead time de pedido (*LD*) e na taxa de demanda (*d*), que alteram a probabilidade de falta no estoque antes da entrega do pedido de reposição (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

$$ES = z \times s_d \times \sqrt{LD} \quad (7)$$

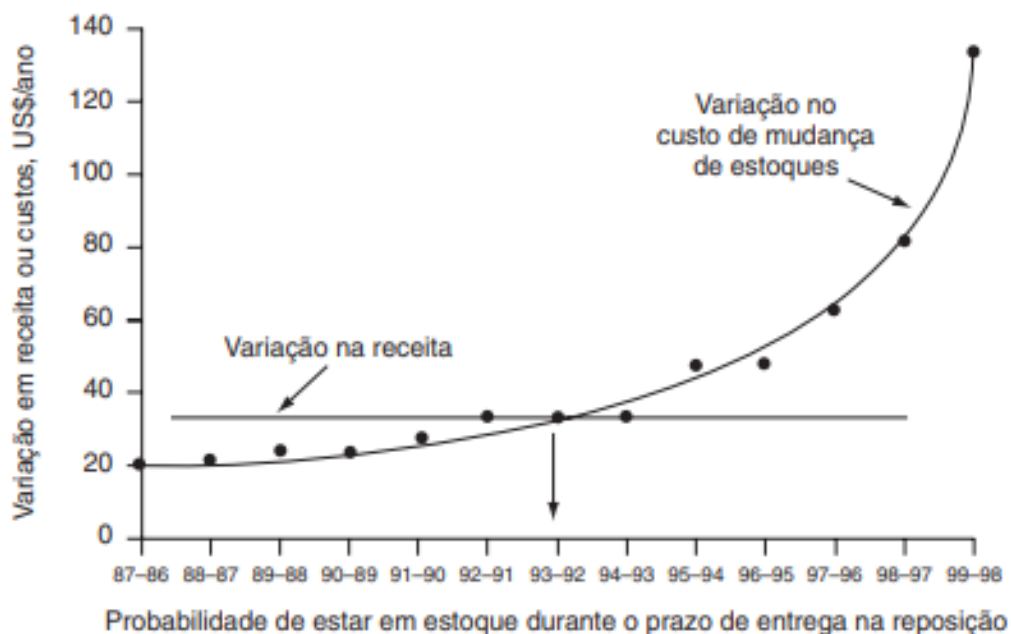
A Equação 7 apresenta uma das formas de se calcular um estoque de segurança (*s*), considerando o desvio padrão da demanda (*s_d*), o prazo de entrega (*LD*) e o número de desvios-padrão da média da distribuição de demanda durante o prazo de entrega (*z*) (BALLOU, 2006).

De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), a estatística-chave para esse cálculo é a distribuição de probabilidade que representa o consumo durante o *lead time*. Caso o estoque de segurança seja definido abaixo do limite inferior dessa distribuição, haverá escassez a cada ciclo de reposição. Por outro lado, se for estabelecido acima do limite superior, o risco de falta torna-se nulo, mas o capital

imobilizado aumenta de forma desnecessária. Assim, o dimensionamento do estoque de segurança deve buscar um ponto de equilíbrio que garanta uma probabilidade predeterminada de não ocorrência de faltas, assegurando um nível de serviço adequado ao cliente e, simultaneamente, otimizando os custos totais de estocagem.

Nesse sentido, Ballou (2006) destaca que o nível de serviço ótimo é aquele que maximiza a contribuição ao lucro, equilibrando o aumento de receitas decorrentes da melhoria do serviço com o acréscimo dos custos de manutenção de estoques. A Figura 2.2 demonstra graficamente o encontro das curvas de variação na receita e no custo de mudança de estoques, indicando o ponto ótimo. Em termos econômicos, o ponto ótimo ocorre quando a variação marginal da receita se iguala à variação marginal do custo, ou seja, quando melhorias adicionais no serviço deixam de gerar retorno superior ao custo de manter mais estoque. Graficamente, esse ponto corresponde à interseção entre a curva de receita marginal e a curva de custo marginal, indicando o nível de serviço que proporciona o maior lucro líquido para a operação.

Figura 2.2 – Determinação do nível de serviço para um item



Fonte: Ballou (2006).

A Equação 8 apresenta a variação no lucro bruto em função da margem de vendas por unidade do produto, da resposta das vendas, dada pela variação nas

vendas estimada para cada 1% de variação no nível de serviço, e do total das vendas anuais desse produto.

$$\Delta L = \text{Margem de vendas} \times \text{Resposta das vendas} \times \text{Vendas anuais} \quad (8)$$

A Equação 9 apresenta a variação no custo em função do custo anual de manutenção, dado por um percentual ao ano, do custo padrão do produto (c), do desvio padrão da demanda durante o período de reposição, dado pela quantidade do item, e da variação (Δz) do fator da curva da distribuição normal associado a probabilidade de o item estar em estoque durante o período do prazo de entrega.

$$\Delta C = \text{custo anual de manutenção} \times c \times s_d \times \Delta z \quad (9)$$

De forma alternativa, Viana (2006) apresenta o cálculo da quantidade de um estoque de segurança dado por um nível de atendimento fixado pela empresa que se baseia na importância operacional e no valor do material. A Equação 10 demonstra o estoque de segurança (ES) em função de um fator de segurança (K) multiplicado pelo tempo de reposição (t) e pelo consumo médio mensal (CMM). Esse fator de segurança (K) é definido pelo nível de serviço pretendido, conforme a importância operacional e o valor de consumo do material, possibilitando a adoção de valores padrões para cada classe de item.

$$ES = K \times LT \times CMM \quad (10)$$

Pozo (2007) apresenta um modelo similar, chamado Método do Grau de Risco (MGR), em que se utiliza um coeficiente de grau de risco (k) a ser definido pelo administrador com base nas informações da operação e em sua sensibilidade de mercado. De acordo com o autor, trata-se de um método mais simples e fácil de se calcular o estoque de segurança.

Ainda em relação às decisões de *timing*, destacam-se duas abordagens clássicas para o controle da reposição de estoques: a revisão contínua e a revisão periódica. Na abordagem de revisão contínua, os níveis de estoque são monitorados

constantemente e um novo pedido é emitido assim que o estoque atinge o ponto de reposição.

A Equação 11 apresenta a obtenção do ponto de pedido (PP) pela multiplicação da demanda (d) pelo lead time (LT), somada ao estoque de segurança (ES). Essa metodologia permite maior precisão e agilidade no ressuprimento, uma vez que o tamanho do pedido (Q) permanece constante, frequentemente definido pelo LEC. Entretanto, seu controle exige maior disponibilidade de informações atualizadas e sistemas integrados de monitoramento, o que pode demandar tempo e recursos adicionais (BALLOU, 2006; SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

$$PP = d \times LT + ES \quad (11)$$

Em contrapartida, a revisão periódica propõe que os pedidos sejam emitidos em intervalos (t_f) regulares e fixos elevando o estoque até um nível máximo (Q_m) previamente determinado. Essa abordagem simplifica o processo de controle, embora possa gerar estoques médios mais elevados ou maior risco de falta, especialmente quando há grande variabilidade na demanda ou no *lead time*. Em ambos os casos, a definição de estoques de segurança é essencial para compensar as incertezas associadas ao consumo e ao tempo de reposição, assegurando a continuidade das operações e o equilíbrio entre custos e nível de serviço (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

2.1.3 Controle de estoque

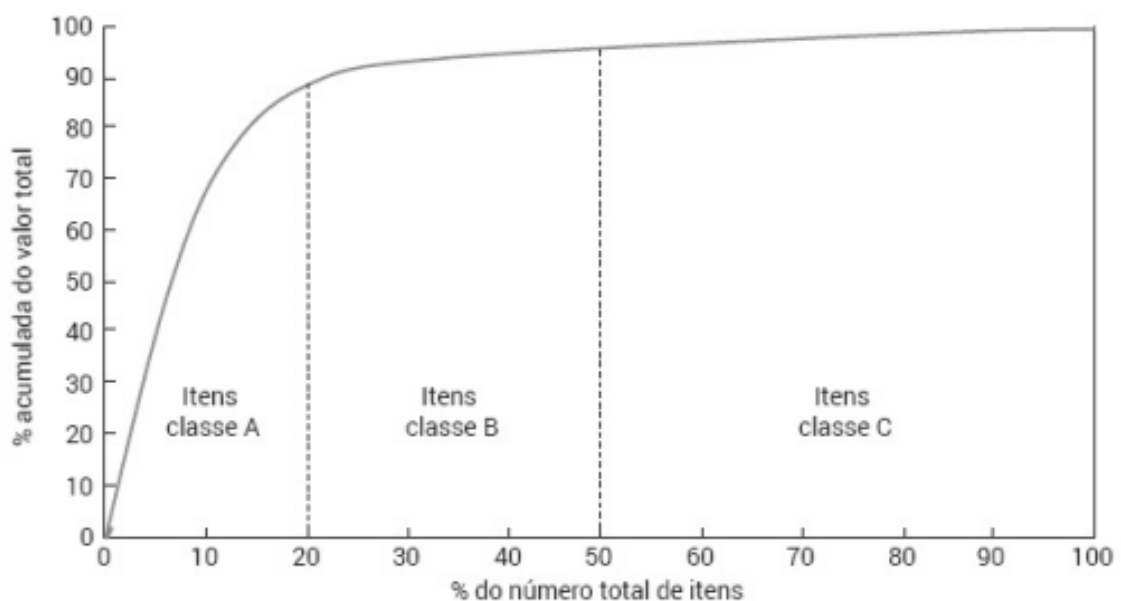
No contexto de alta complexidade da gestão de estoques, surge a necessidade de diferenciar os itens armazenados de acordo com sua relevância para o processo produtivo ou comercial, aplicando níveis de controle compatíveis com sua importância e impacto sobre os resultados da organização. Em seguida, é indispensável utilizar sistemas informatizados de processamento de informações, que permitam integrar dados de entrada e saída de materiais, gerar relatórios de desempenho e apoiar decisões de reposição (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Em um estoque com múltiplos itens, haverá itens de maior relevância estratégica ou financeira do que outros, sejam produtos que apresentam alta

rotatividade, sendo essenciais para o atendimento contínuo dos clientes, ou itens de elevado valor unitário, que exigem maior controle, uma vez que excessos em seus níveis de estoque implicam custos financeiros significativos. Para lidar com essa heterogeneidade, utiliza-se com frequência o princípio de Pareto, também conhecido como regra 80/20, que estabelece que uma pequena parcela dos itens tende a concentrar a maior parte do valor movimentado no estoque (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018). Conforme o estudo de Assis *et al.* (2024), realizado em uma empresa de material de construção, cerca de 50% do lucro da empresa advinha de apenas 6,4% dos itens, indicando a importância da gestão criteriosa do estoque, priorizando itens de maior impacto financeiro.

A partir desse conceito, desenvolveu-se o controle ABC, que classifica os itens em três grupos segundo sua representatividade: os itens classe A, que correspondem a uma pequena fração do total, mas concentram a maior parte do valor estocado, exigindo maior atenção no gerenciamento; os itens classe B, de importância e situação intermediária em relação às outras classes; e os itens classe C, mais numerosos, porém de baixo impacto financeiro, requerendo menos atenção. Na Figura 2.3, mostra-se graficamente como ocorre a classificação de itens por este método de gestão (VIANA, 2006).

Figura 2.3 – Exemplo de curva ABC aplicada a gestão de estoques



Fonte: Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018).

A forma como os itens de um estoque é agrupada entre as classes A, B e C costuma ser arbitrária, tanto nos valores utilizados quanto nos critérios de separação entre os grupos. Ballou (2006) propõe que, de acordo com as atividades de venda, os 20% de itens melhores classificados constituiriam o grupo A, os 30% seguintes seriam os itens B e os 50% finais formariam a classe C. Adicionalmente, Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) vão um passo além ao estimar não apenas a proporção de itens em cada categoria, mas também o valor de estoque que cada grupo representa. Segundo os autores, os itens da classe A correspondem a aproximadamente 20% do total de itens estocados, mas concentram cerca de 80% do valor do estoque; os itens da classe B abrangem em torno de 30% dos itens e representam cerca de 10% do valor; enquanto os itens da classe C, embora componham cerca de 50% do total, respondem por apenas 10% do valor total armazenado.

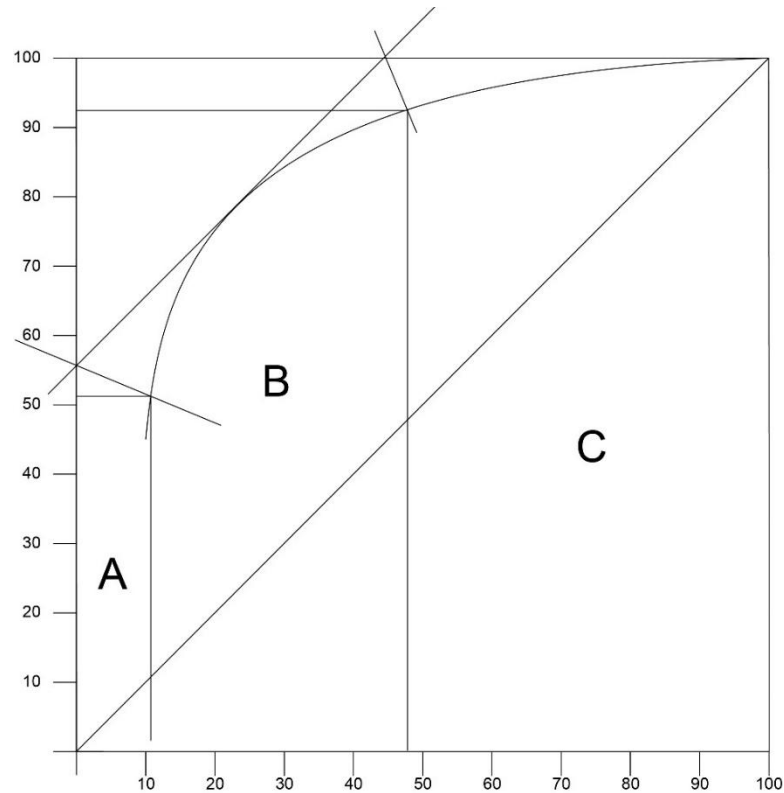
Já para Viana (2006), a elaboração da Curva ABC deve seguir um processo estruturado, incluindo a elaboração de uma tabela mestra e a construção de um gráfico. Na primeira etapa, elabora-se a tabela mestra a partir da ordenação dos itens em ordem decrescente de valor de consumo anual, seguida do cálculo do valor acumulado, obtido pela soma do valor de consumo do item somado ao valor respectivo aos itens das linhas anteriores da lista, e sua percentagem sobre o valor total acumulado. A Equação 12 apresenta o valor a ser calculado, X , como VCA dividido por TA , que tratam, respectivamente, do valor do consumo acumulado e do valor total do consumo acumulado (VIANA, 2006).

$$X = \frac{VCA}{TA} \times 100 \quad (12)$$

Para a construção do gráfico, forma-se o quadrado que servirá de base ao gráfico, utilizando-se papel milimetrado para garantir maior precisão. No eixo das ordenadas são representados os percentuais acumulados de valor, enquanto no eixo das abscissas registram-se os percentuais acumulados de quantidade de itens. Em seguida, os pontos percentuais obtidos na tabela mestra são transpostos para o gráfico e marcados conforme suas correspondências, permitindo o traçado de uma curva suave. Após o traçado da curva, desenha-se a diagonal do quadrado e, a partir do ponto extremo da curva, uma tangente paralela a essa diagonal. A interseção dessas linhas com o quadrado forma ângulos cujas bissetrizes são traçadas até

encontrarem a curva, delimitando, assim, as três áreas distintas correspondentes às classes A, B e C, como demonstrado na Figura 2.4 (VIANA, 2006).

Figura 2.4 – Determinação das áreas A, B e C



Fonte: Adaptado de Viana (2006).

O método de classificação ABC aplicada a materiais possui diversas aplicações, somente no contexto de estoques, documentadas em pesquisas, além da definição do nível de detalhe em que cada classe de produto será gerenciada. Yamaki e Turati (2024) utilizaram a priorização pela curva ABC para decidir quais itens deveriam ser posicionados com maior proximidade. Adicionalmente, Cardoso e Uliana (2025) classificam os itens do estoque de um comércio de conexões galvanizadas nas categorias A, B e C para auxiliar a tomada de decisão pela diretoria e o setor de compras, propondo também um rebalanceamento de estoques, considerando o retorno financeiro e o impacto no ciclo operacional.

Gasnier (2010 *apud* ASSIS *et al.*, 2024) complementa que o método de classificação ABC ao propor a inclusão de três novas categorias, ampliando sua capacidade de análise. A classe D corresponde a itens enquadrados nos mesmos critérios da categoria C, porém sem registros de consumo no período analisado. A

classe E abrange materiais que foram descontinuados após o exercício contábil, enquanto a classe N contempla itens recém-adquiridos, com menos de três meses em estoque, ainda sem histórico suficiente para classificação. Essa extensão do modelo tradicional permite uma visão mais abrangente do portfólio de materiais, contemplando tanto os itens inativos quanto os novos, e aprimorando a tomada de decisão sobre manutenção, descarte ou acompanhamento de novos produtos.

De acordo com Batista *et al.* (2024), a curva ABC é um bom parâmetro para analisar e controlar estoques, no entanto, caso a administração utilize unicamente essa ferramenta para sua gestão de estoques, o foco pode se voltar a itens financeiramente não prioritários, demonstrando a insuficiência do método de classificação ABC para conter e controlar os custos advindos da manutenção de estoques. Desse modo, o autor recomenda que as empresas que apresentam desafios de estoque realizem o cálculo do custo financeiro de estocagem de forma complementar à curva ABC.

Nesse sentido, outra etapa essencial do controle é a medição de estoques, pois permite avaliar o volume de recursos financeiros imobilizados e a eficiência do fluxo de materiais na organização. Uma das formas mais comuns de mensuração é pelo valor monetário. Conforme Arnold, Chapman e Clive (2008), existem quatro métodos principais de custeio: FIFO (*first in first out*), LIFO (*last in first out*), custo médio e custo padrão. O método FIFO assume que os primeiros itens a entrar no estoque são também os primeiros a sair; dessa forma, em períodos de aumento de preços, o custo dos produtos vendidos é menor e o valor do estoque remanescente é mais alto, podendo subestimar o custo de reposição.

Já o LIFO adota a lógica inversa, considerando que os últimos itens adquiridos são os primeiros vendidos, o que tende a refletir custos mais próximos dos preços atuais em contextos inflacionários, mas pode resultar na subavaliação dos estoques. O método de custo médio utiliza a média dos preços de aquisição dos itens para calcular o valor unitário, suavizando as variações de preços, embora nem sempre represente com precisão os custos reais. Por fim, o custo padrão baseia-se em valores previamente determinados de materiais, mão de obra e custos indiretos, sendo posteriormente ajustado pelas variações observadas entre o custo real e o previsto.

Na Equação 13, demonstra-se o valor total do estoque, obtido ao multiplicar a quantidade de cada item pelo seu custo de aquisição e somar o total armazenado. Essa medida fornece uma visão clara do investimento realizado em estoques, embora,

isoladamente, não indique a eficiência desse capital em relação à demanda. Para uma análise mais completa, pode-se recorrer a dois indicadores amplamente utilizados: a cobertura de estoque, que expressa o tempo que o estoque atual seria capaz de atender à demanda normal sem reposição; e o giro de estoque (*turnover*), que indica quantas vezes, em um período, o estoque é totalmente renovado (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

$$\text{Valor total do estoque} = \sum \text{Nível médio de estoque} \times \text{custo por item} \quad (13)$$

Já a Equação 14 expressa a cobertura de estoque como a divisão do estoque médio pela demanda em um determinado período, resultando uma duração de tempo. Já a Equação 15 apresenta a obtenção do giro de estoque sendo o inverso da cobertura de estoque, consistindo na divisão da demanda no período pelo estoque médio. Enquanto a cobertura reflete o horizonte temporal de segurança do estoque, o giro evidencia o dinamismo operacional e a velocidade com que o capital investido retorna em forma de vendas ou utilização (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

$$\text{Cobertura de estoque} = \frac{\text{Estoque}}{\text{Demanda}} \quad (14)$$

$$\text{Giro de estoque} = \frac{\text{Demanda}}{\text{Estoque}} \quad (15)$$

O controle físico de estoques é um componente essencial do gerenciamento de materiais, consistindo no registro manual de todas as movimentações para garantir informações precisas sobre a disponibilidade e o consumo dos itens estocados. Tradicionalmente, esse controle era realizado por meio de fichas de prateleira ou fichas de controle. Apesar de sua simplicidade, o método manual exigia alto grau de disciplina operacional, estando sujeito a falhas humanas e inconsistências, especialmente quando o responsável pelo registro também tinha a função de acionar o processo de ressuprimento (VIANA, 2006).

Em estoques modernos de tamanho significativo, os sistemas informatizados passam a desempenhar o papel no controle e na eficiência das operações logísticas,

permitindo automatizar cálculos, reduzir erros e apoiar a tomada de decisão de forma ágil e precisa. Com o uso de tecnologias como leitores de código de barras e registros eletrônicos em pontos de venda, tornou-se possível atualizar automaticamente as movimentações de entrada e saída, garantindo informações em tempo real sobre a posição, os *status* e o valor dos estoques.

Além disso, esses sistemas são capazes de gerar pedidos de reposição conforme parâmetros definidos, seja por meio de modelos como o LEC ou com base em políticas de revisão contínua e periódica, bem como emitir relatórios de desempenho sobre níveis de estoque, atendimento ao cliente e rupturas. Outra funcionalidade relevante é a integração com módulos de previsão de demanda, que comparam o consumo real ao projetado e ajustam automaticamente as estimativas futuras. Dessa forma, os sistemas informatizados de gestão de estoques tornam-se ferramentas fundamentais para otimizar o capital de giro, minimizar perdas e elevar a confiabilidade das operações (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

2.2 ARMAZENAMENTO

O armazenamento de estoques ocupa um papel essencial na gestão de estoques, sendo responsável por garantir o uso eficiente do espaço físico, a preservação dos itens estocados e o suporte à fluidez operacional entre recebimento, estocagem e expedição. Para Viana (2006), o objetivo principal do armazenamento é utilizar o espaço em suas três dimensões da maneira mais eficiente possível, assegurando a movimentação rápida e segura de suprimentos. Para isso, é necessário considerar aspectos como a escolha do local, a definição do *layout*, a adoção de políticas de preservação e segurança, além da manutenção contínua da ordem e limpeza no ambiente. Quando bem planejada, a armazenagem possibilita a máxima ocupação do espaço, o uso racional de mão de obra e equipamentos, o pronto acesso aos itens e a satisfação das necessidades dos clientes.

Baseado nesses princípios, esta seção apresenta dois elementos fundamentais para a eficiência do armazenamento: o arranjo físico (*layout*), que trata da disposição estratégica dos recursos e materiais no espaço, visando à otimização dos fluxos e à segurança das operações; e o esquema de localização, que estabelece a padronização de endereços e códigos para identificação precisa dos materiais,

facilitando o controle, a movimentação e os inventários. Esses elementos serão discutidos nas duas próximas subseções.

2.2.1 Arranjo físico (*layout*) do armazenamento

De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), o arranjo físico (*layout*) consiste na forma como os recursos de uma operação ou um processo são posicionados entre si, como é feita a alocação de suas tarefas, e a aparência geral destes recursos. Ainda, segundo Viana (2006), arranjo físico seria apenas a disposição física dos elementos da forma mais apropriada ao processo de produção, enquanto o *layout* seria apenas sua representação, caracterizando-se como um requisito para um projeto perfeito, que engloba as atividades de seleção e adequação do local, projeto de construção, modificação ou ampliação, distribuição e localização de componentes, e a movimentação dos recursos. Já para com Arnold, Chapman e Clive (2008), o *layout* simplesmente lida com a alocação de itens individualmente em um armazém, existindo diversos sistemas de layout que se adequam a diferentes situações.

Um bom arranjo físico deve equilibrar múltiplos objetivos estratégicos e operacionais, garantindo que o espaço produtivo seja seguro, eficiente e adaptável às necessidades da organização. Conforme Viana (2006), o *layout* de um estoque deve maximizar a utilização dos espaços disponíveis, facilitar a movimentação eficiente de materiais, otimizar os custos de estocagem e manter a boa organização do armazém. De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), um arranjo físico eficaz deve, antes de tudo, assegurar a segurança contra riscos acidentais e intencionais, protegendo colaboradores, clientes e instalações. Além disso, deve promover um fluxo adequado de materiais, informações e pessoas e reduzir os deslocamentos desnecessários e minimizando atrasos decorrentes de gargalos ou posicionamentos inadequados de recursos. A clareza do fluxo também é essencial, permitindo que os trajetos sejam facilmente compreendidos e sinalizados.

Outro aspecto fundamental é a condição de trabalho dos funcionários, que deve priorizar conforto, iluminação, ventilação e acessibilidade às áreas operacionais. O arranjo físico também influencia diretamente na comunicação e coordenação administrativa, pois a disposição dos espaços pode favorecer a interação e o alinhamento entre as equipes. Igualmente importante é o uso racional do espaço e do

capital, buscando maximizar a utilização da área disponível e minimizar investimentos desnecessários em infraestrutura. Por fim, a flexibilidade a longo prazo e a imagem organizacional são fatores decisivos: o layout deve permitir futuras expansões ou reconfigurações, ao mesmo tempo em que reflete a identidade e os valores da empresa perante clientes e colaboradores.

Os principais aspectos que impactam a decisão do sistema a ser utilizado são o tipo de bens armazenados, o tipo das instalações de estoque necessárias, a taxa pela qual itens entram e saem do estoque e o tamanho dos pedidos. Alguns dos sistemas mais básicos para localização de estoques são: agrupamento de itens por funcionalidade; agrupamento de itens com alto giro de estoque, ou seja, manter itens de maior rotatividade perto das áreas de recebimento e expedição a fim de reduzir o esforço com a movimentação de materiais; agrupamento de itens fisicamente semelhantes, que parte da premissa de que itens parecidos geralmente requerem um tipo particular de manuseio e armazenamento; e alocação separada de estoque de trabalho e estoque de reserva, de modo que um volume pequeno de estoque de trabalho seja alocado próximo à expedição enquanto um estoque de reserva fique mais distante dessa operação (ARNOLD; CHAPMAN; CLIVE, 2008).

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) descrevem quatro tipos básicos de arranjo físico de armazenamento. O primeiro é o arranjo físico de posição fixa (posicional), em que os recursos transformados não se movem entre os recursos de transformação, ou seja, quem sofre o processamento fica fixo em um local. Tem-se também o arranjo físico funcional, em que os recursos ou processos similares são agrupados no espaço, usualmente com o objetivo de reduzir as distâncias percorridas na operação. Outro tipo é o arranjo físico celular, em que se agrupam os recursos necessários para determinada classe de produtos de modo de que células sejam projetadas com base nas necessidades dos produtos e do fluxo de produção. Por fim, tem-se o arranjo físico em linha (por produto), que consiste em alocar os recursos de transformação com base na conveniência dos recursos transformados, de modo que siga um roteiro em que a sequência na qual os processos foram arranjados fisicamente seja a mesma que das atividades exigidas.

Os autores também levantam a possibilidade de arranjos físicos híbridos, combinando elementos dos tipos básicos de arranjo físico ou aplicando-os integralmente em partes separadas da operação. A escolha do arranjo físico é determinada por características de volume e variedade. O fluxo torna-se um problema

mais relevante à medida que o volume aumenta e a variedade diminui, de forma que *layouts* que otimizam o fluxo de peças sejam priorizados. Outras características dos arranjos físicos relevantes à essa escolha relacionam-se ao custo unitário, que pode ser desdobrado em elementos de custo fixo e variável, que respondem de diferentes formas ao tipo de *layout* escolhido e o volume de produtos. Os custos fixos tendem a aumentar à medida que se avança de arranjos fixos para os arranjos funcionais, celulares e em linha, enquanto os custos variáveis diminuem, uma vez que o processo se torna mais padronizado e eficiente (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

A estética da operação, ou seja, sua aparência e comportamento também é relevante para o arranjo físico, pode gerar efeitos sobre a percepção dos clientes e o desempenho dos colaboradores. Primeiramente, a aparência da operação molda a visão do cliente por meio de condições ambientais, fatores espaciais, sinais e símbolos, que produzem respostas cognitivas, emocionais e fisiológicas. Em segundo lugar, o projeto do ambiente de trabalho exerce influência direta sobre o bem-estar, a atitude, a motivação e o desempenho dos funcionários. Aspectos fisiológicos como temperatura, iluminação, ruído e ergonomia impactam diretamente o conforto e a produtividade, pois ambientes desconfortáveis tendem a gerar cansaço e queda no rendimento. Ainda, fatores relacionados ao *design*, como a disposição do espaço, o mobiliário e até as cores também desempenham papel relevante ao refletirem a cultura organizacional e influenciarem o comportamento dos colaboradores, mesmo que de forma sutil (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Para projetar um *layout* de um armazém, a metodologia consiste em localizar os obstáculos, as áreas de recebimento e expedição, primárias e secundárias, de separação de pedidos e de estocagem, além de definir o sistema de localização de estoque e avaliar as alternativas de arranjo físico viáveis. Os principais aspectos do layout de um depósito a serem avaliados são: itens de estoque, de modo que aqueles com maior giro de estoque, volume ou peso sejam posicionados próximos à expedição; corredores, que promovem o acesso aos materiais, mas ocupam espaço útil; portas de acesso, que devem ser dimensionadas para atender e facilitar a movimentação de materiais; e prateleiras e estruturas, que deve considerar o peso dos materiais e os requisitos de segurança (VIANA, 2006).

A aplicação prática dos conceitos de arranjo físico em estoques pode ser observada em diversas publicações científicas. Romagnoli e Rosa (2023), ao

investigarem a readequação do layout de um *warehouse* de peças de equipamentos hospitalares em uma empresa de *healthcare*, demonstraram que a reorganização das estruturas porta-paletes, aliada à definição de uma estratégia de endereçamento baseada na classificação ABC, permitiu aumentar em 562,50% a capacidade de armazenagem, bem como melhorar o fluxo dos materiais. O estudo reforça que a combinação entre redesenho do espaço e endereçamento estratégico pode resolver problemas de ocupação, movimentação e disponibilidade de itens em ambientes de alta complexidade operacional.

Já Yamaki e Turati (2024), ao analisar o *layout* de estoque em uma indústria de papel e papelão ondulado, evidenciaram que a ausência de uma organização sistematizada na alocação dos produtos ocasionava aumento no tempo de localização, movimentação desnecessária e risco operacional. A proposta de melhoria consistiu na reestruturação do espaço físico com base na metodologia FIFO e na classificação ABC dos produtos, priorizando a disposição dos itens de maior valor agregado nas proximidades das áreas de expedição. Essa reorganização possibilitou maior eficiência no fluxo de materiais, redução de desperdícios e melhor aproveitamento do espaço disponível.

Outro método de priorização utilizado para determinar as posições dos itens dentro de um armazenamento de estoques e otimizar os fluxos de materiais é a classificação por popularidade, também conhecida como curva PQR. De acordo com Ferrari e Reis (2009), a classificação PQR é uma técnica derivada da Curva ABC que organiza os itens de estoque em três grupos distintos conforme a frequência de sua demanda ou consumo em um determinado período. Essa frequência é identificada por meio do registro das saídas de cada material no almoxarifado, permitindo observar padrões de movimentação e definir classes de prioridade. Gasnier (2016, *apud* MOREIRA, 2019) explica que a classificação PQR considera o número de entradas, saídas ou ambas as transações de cada item, refletindo seu nível de movimentação no estoque.

A classe P compreende itens muito populares, de movimentação frequente, a classe Q abrange aqueles de frequência intermediária de transações, e a classe R inclui os itens de baixa movimentação (GASNIER, 2016 *apud* MOREIRA, 2019). Para a separação entre as classes, Ferrari e Reis (2009) sugerem como referência a proporção de 5% dos itens respondendo por 80% das movimentações, 15% dos itens

representando 15% das saídas e 80% dos itens correspondendo aos 5% restantes das transações.

Ferrari e Reis (2009) aplicaram a classificação PQR em um caso prático de reorganização de almoxarifado, utilizando a frequência de movimentação dos materiais como critério para a disposição física dos itens. Os autores relatam que, após a separação dos produtos por taxa de movimentação, os materiais mais populares foram posicionados em prateleiras novas e de fácil acesso, enquanto os de menor giro foram alocados em locais mais afastados, gerando um espaço extra para comportar variações no tamanho de remessas e reduzindo o tempo de busca e manuseio.

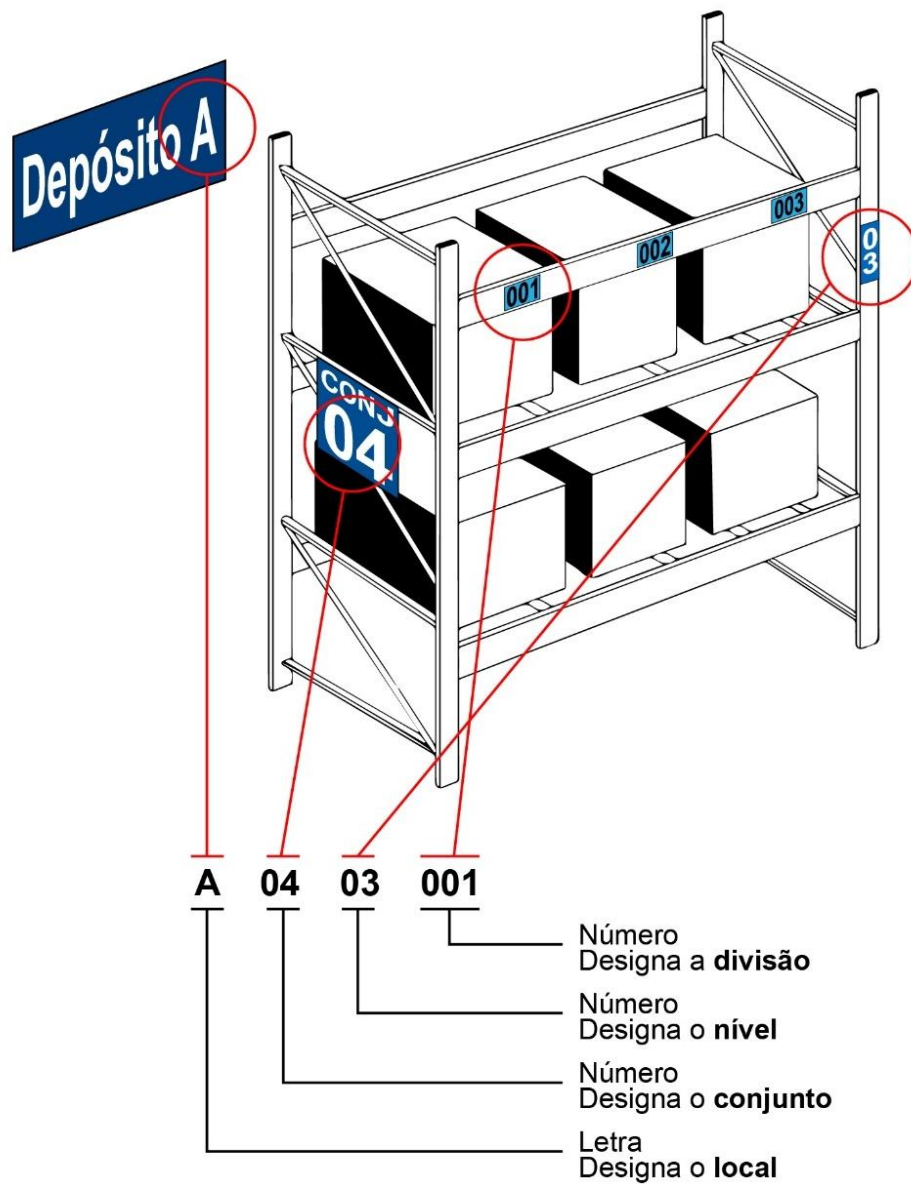
Os casos analisados apresentados demonstram que o planejamento adequado do *layout* é essencial para a eficiência operacional, a otimização dos processos de armazenagem e a segurança nas atividades internas.

2.2.2 Esquema de localização do armazenamento

O esquema de localização no armazenamento de estoques tem como objetivo estabelecer meios que permitam identificar de forma imediata e precisa o local de guarda dos materiais no almoxarifado, garantindo eficiência nas rotinas de armazenagem, separação e inventário. Segundo Viana (2006), o sistema de endereçamento funciona de modo semelhante à organização de vias públicas, utilizando códigos alfanuméricos que representam posições específicas no estoque. Essa codificação assegura que cada item possa ser rapidamente localizado, reduzindo erros operacionais e otimizando o tempo das atividades de movimentação e controle.

A definição do esquema de localização está diretamente associada ao arranjo físico do almoxarifado, sendo fundamental que o layout esteja previamente estabelecido. Em organizações que possuem mais de um armazém, é recomendável adotar uma identificação por letras para cada depósito, facilitando o controle global dos estoques. Cada área, conjunto de prateleiras, estanteria ou estrutura porta-paleta pode ser identificado por letras ou números, de modo a formar um sistema lógico e padronizado. A Figura 2.5 apresenta um exemplo de codificação no sistema de localização aplicado a uma estrutura porta-paletes (VIANA, 2006).

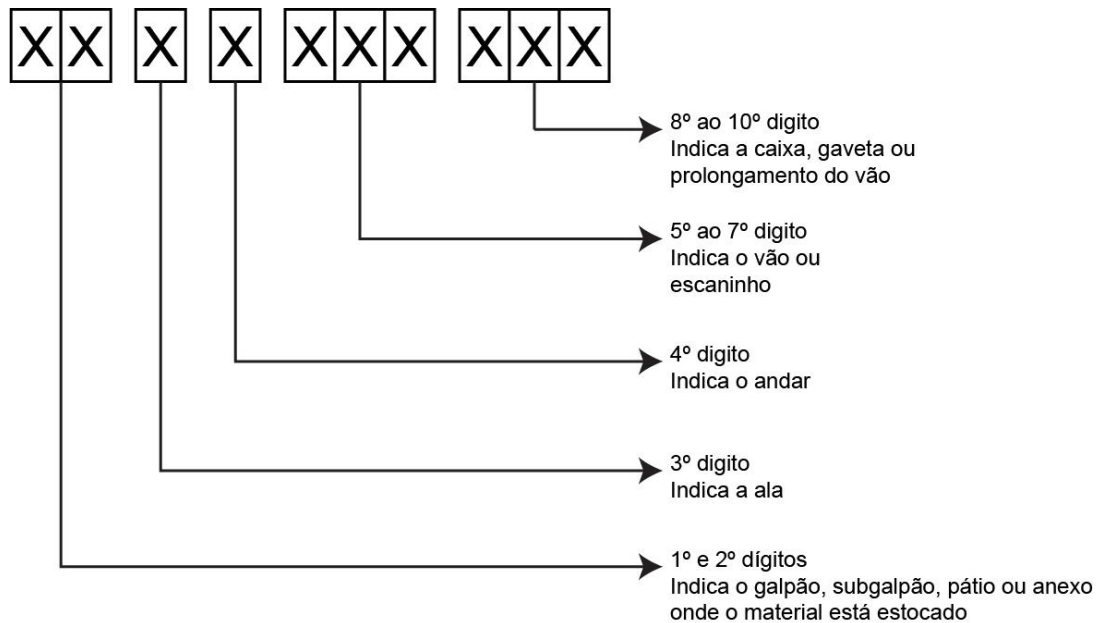
Figura 2.5 – Exemplo de codificação para localização



Fonte: Adaptado de Viana (2006).

Um exemplo de aplicação desse conceito é o sistema implantado pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1979. Conforme Viana (2006), a empresa desenvolveu um sistema alfanumérico de até dez dígitos, padronizando a linguagem de localização dos materiais nos diversos galpões e pátios. O modelo apresentado na Figura 2.6 permite a emissão de relatórios por galpão, andar ou ala, além de facilitar o inventário e a busca por itens, mesmo por pessoas não familiarizadas com o almoxarifado.

Figura 2.6 – Esquema de localização da CNS



Fonte: Adaptado de Viana (2006).

A experiência da CSN demonstra que a adoção de um sistema estruturado de endereçamento contribui significativamente para a eficiência operacional e o controle dos estoques. Um esquema bem planejado reduz o tempo de busca, minimiza erros e garante maior confiabilidade nas informações, servindo como referência para outras empresas que buscam aprimorar seus processos de armazenagem e gestão de materiais.

2.3 SISTEMAS INFORMATIZADOS NA GESTÃO DE ESTOQUE

De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), os sistemas de planejamento e controle desempenham papel central na coordenação das operações, pois organizam o fluxo de informações necessário para que os recursos sejam utilizados de maneira eficiente e alinhada à demanda real. Nesses sistemas, o planejamento define antecipadamente o que deve ocorrer ao longo do tempo, enquanto o controle atua corrigindo desvios entre o previsto e o executado, garantindo que as atividades permaneçam dentro dos parâmetros desejados. Para isso, esses sistemas integram dados provenientes de clientes, fornecedores e recursos internos, apoiando decisões relacionadas ao carregamento, sequenciamento, programação e

monitoramento das tarefas. Os autores destacam que o desempenho efetivo depende tanto do funcionamento de cada um desses elementos quanto da capacidade de integração entre eles, uma característica fortalecida em soluções informatizadas mais completas, como os sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (ERP), que conectam diferentes áreas da organização e ampliam a visibilidade, a coordenação e a eficiência em toda a cadeia de valor.

Sob a perspectiva específica da administração de materiais, Viana (2006) destaca que a informatização moderniza procedimentos, padroniza rotinas e eleva de forma significativa a qualidade das operações. Entre os principais benefícios estão: domínio tecnológico, aumento de produtividade por decisões menos intuitivas e mais padronizadas, agilidade no processo de tomada de decisão, criação de bancos de dados consistentes, maior velocidade na obtenção de informações, redução de documentos físicos e controle mais efetivo dos fluxos de materiais. Sistemas informatizados permitem ainda implementar políticas de reposição, inventário permanente, padronização de cadastros e controle sistemático de recebimentos e armazenagem, contribuindo para reduzir desperdícios, assegurar confiabilidade dos registros, conhecer o capital imobilizado e evitar rupturas decorrentes de falhas manuais.

Conforme Viana e Neto (2013), o desenvolvimento tecnológico apoiou o processo de armazenagem, seja em termos de *hardwares* ou sistemas, no aperfeiçoamento da aplicação da tecnologia da informação em armazéns. Nesse sentido, os sistemas de *Warehouse Management Systems (WMS)* tornaram-se cada vez mais comuns em grandes corporações, oferecendo controle sofisticado de estoques, rastreamento de lotes, gestão de localizações e automação de movimentações (BANZATO, 1998 *apud* VIANA; NETO, 2013). De acordo com Reis *et al.* (2022), entre os fornecedores de *WMS* mais dominantes no mercado encontram-se SAP, Oracle e TOTVS. Conforme a SAP (2025), os sistemas e ferramentas de administração de depósitos são usados em diversos setores, porém, principalmente os grandes distribuidores e operadores logísticos.

Embora grandes organizações contem com sistemas empresariais amplos e integrados, Viana (2006) destaca que a informatização é indispensável também para empresas pequenas e médias, ainda que em escala reduzida. Segundo o autor, a adoção de controles informatizados moderniza rotinas, padroniza decisões, aumenta a confiabilidade dos dados e amplia significativamente a produtividade, mesmo

quando não se implementa um ERP completo. Em resposta a essa necessidade, consultorias e fornecedores especializados têm desenvolvido soluções mais simples, acessíveis e adaptáveis, capazes de entregar boa parte dos benefícios dos sistemas tradicionais sem exigir investimentos elevados ou estruturas complexas.

Nesse cenário, cresce o interesse por ferramentas alternativas e de baixo custo, incluindo planilhas estruturadas e aplicativos personalizados, especialmente quando desenvolvidos internamente. Experiências bem-sucedidas de criação de ferramentas próprias para controle de estoques são amplamente documentadas em estudos acadêmicos.

No âmbito de planilhas, Tanaka (2023), para atender uma unidade produtora e armazenadora de grãos, demonstra a criação de um sistema de controle integrado de estoque utilizando Google Sheets, a fim de oferecer ao produtor uma visão estratégica das operações. Já Silva, Farias e Silva (2023) desenvolvem, em seu trabalho, uma ferramenta de controle de estoque e apoio a tomada de decisão para uma empresa de ração. A solução, baseada em Excel, automatiza e dinamiza o tratamento de dados e a geração de relatórios estratégicos para a empresa, produzindo ganhos substanciais em acuracidade e agilidade.

Em relação a aplicativos, Santos (2023) criou, por meio da plataforma MIT App Inventor 2, um aplicativo para controle de estoques agrícolas com interface intuitiva e funções de cadastro, consulta e edição de produtos, demonstrando a viabilidade de soluções móveis acessíveis para pequenas operações.

Nesse sentido, as plataformas de desenvolvimento *low-code* e *no code* têm ganhado espaço como alternativa dentro das organizações. Conforme Fontanillas *et al.* (2023), essa metodologia permite que aplicativos sejam criados de forma otimizada, facilitando o desenvolvimento de aplicativos por não programadores. Os autores ainda descrevem a implementação de um aplicativo criado em Microsoft Power Apps para a gestão de reservas de materiais em uma indústria de bebidas, reduzindo o uso de papel e acelerando os fluxos internos do almoxarifado.

De modo semelhante, Melo (2023) relata o desenvolvimento de um aplicativo mobile em *AppSheet* para inventário de engenharia clínica, demonstrando como ferramentas *low-code* ampliam o acesso a soluções digitais robustas, mesmo para equipes sem conhecimento avançado em programação. Essa perspectiva é reforçada por Kania Júnior e Souza (2023), ao descrever o uso organizacional do *Google AppSheet* como uma estratégia descentralizada que permite a colaboradores criarem

seus próprios aplicativos, mesmo sem conhecimento prévio em linguagens de programação, oferecendo uma jornada completa desde a modelagem do banco de dados até a configuração das ações e da interface do usuário. Em seu estudo, Melo (2023) destaca que a adoção do *AppSheet* se justifica pela capacidade de acelerar o desenvolvimento, reduzir custos, eliminar o uso de papel e elevar a eficiência operacional, evidenciando como soluções *low-code* podem transformar processos e apoiar decisões mais ágeis e assertivas.

2.4 FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA SUPORTE

Nas próximas subseções, serão abordadas as ferramentas da qualidade que podem ser utilizadas como suporte à gestão de estoque e no escopo deste estudo de caso. Trata-se de ferramentas gerenciais e de qualidade conhecidas no contexto da engenharia de produção, que serviram de apoio para tomada de decisão, incluindo priorização e decomposição de problemas, e elaboração de planos de ação.

2.4.1 Matriz GUT

Em grandes empresas, em que a atenção e atuação do gestor é requisitada por múltiplos problemas ao mesmo tempo, a definição das questões prioritárias se torna um desafio. Nesse sentido, é necessário que os problemas sejam separados e ordenados, a fim de que os de maior relevância sejam solucionados antes (PESTANA *et al.*, 2016).

Dessa forma, a Matriz GUT surge como uma ferramenta da qualidade capaz de priorizar, de forma racional, as ações e o tratamento dos problemas mais relevantes, sendo muitas vezes associada a fase de Planejar do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) (CEVADA, DAMY-BENEDETTI, 2021; SOTILLE, 2014). Seu nome vem do acrônimo dos três critérios utilizados para avaliar e priorizar problemas e atividades: gravidade, que avalia a intensidade dos danos gerados, caso não haja ação sobre o problema; urgência, que trata do tempo até o surgimento dos danos decorrentes do problema; e tendência, que prevê a evolução do problema em um cenário sem ação corretiva (HÉKIS *et al.*, 2013; MENEZES, 2013 *apud* GOMES *et al.*, 2024; SOTILLE, 2014 *apud* NEVES; GONÇALVES, 2024).

Usualmente, os problemas são listados em cada linha da matriz e cada critério é então avaliado com notas de 1 a 5, conforme a escala proposta na Tabela 2.1. A nota de um problema ou atividade é, então, calculada por meio da multiplicação da nota atribuída a cada um dos critérios. Dessa forma, os itens são ordenados da maior para a menor nota, sendo os problemas de maior nota, aqueles que devem ser priorizados (PERIARD, 2011 *apud* PESTANA *et al.*, 2016).

Tabela 2.1 – Escala de avaliação da Matriz GUT

| Pontuação | GRAVIDADE | URGÊNCIA | TENDÊNCIA |
|-----------|---|---------------------------------------|--|
| 1 | Sem gravidade (dano mínimo) | Não há pressa (longuíssimo prazo) | Desaparece ou não vai piorar, podendo até melhorar |
| 2 | Pouco grave (dano leve) | Pode aguardar (longo prazo) | Reduz-se ligeiramente ou vai piorar em longo prazo |
| 3 | Grave (dano regular) | O mais cedo possível (prazo médio) | Permanece ou vai piorar em médio prazo |
| 4 | Muito grave (grande dano) | Com alguma urgência (curto prazo) | Aumenta ou vai piorar em pouco tempo |
| 5 | Extremamente grave (dano gravíssimo) | Ação imediata (imediatamente) | Piora muito ou vai piorar rapidamente |

Fonte: Adaptado de Sotille (2014).

A utilização da matriz GUT é amplamente reportado e utilizado na literatura em diferentes contextos. Cavalcante e Silva (2022) utilizam a Matriz GUT para priorizar problemas de desperdícios de estoques de processo em uma empresa de embalagens plásticas, identificando problemas de PCP e programação em metro linear como fatores mais críticos, fundamentando um plano de ação. Já Grando et al. (2018) aplicam a ferramenta, juntamente da curva ABC, para priorizar itens com maior criticidade, que demandam maior atenção e priorização no processo de aquisição. Dessa forma, a Matriz GUT auxilia sua tomada de decisão em uma análise de um sistema de gestão de estoque de reposição em uma empresa de médio porte.

2.4.2 Diagrama de Ishikawa

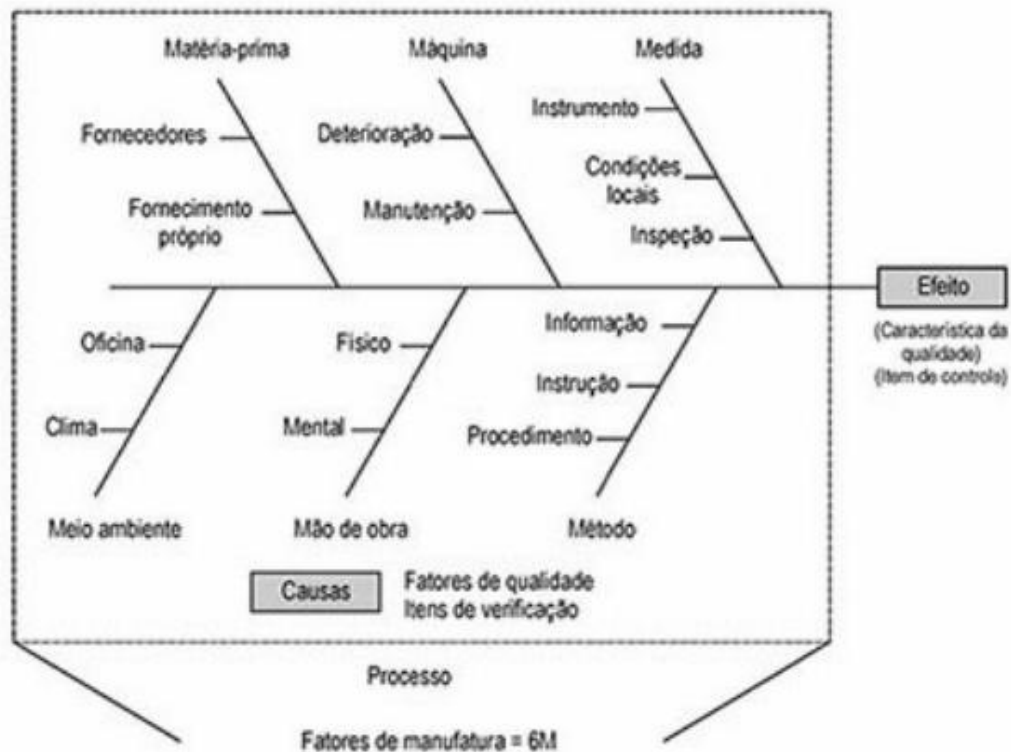
Também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, o Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta adequada para classificar e exibir possíveis causas de um problema específico (STEFANOVIC, 2014 *apud* FAEDO, 2019). Para Campos (2014), o diagrama foi concebido para que diferentes pessoas de uma organização pudessem exercitar a distinção entre causas e efeitos, promovendo uma compreensão estruturada dos problemas. O autor recomenda a formação de grupos de trabalho participativos, com a colaboração de todos que possam contribuir para a identificação das causas.

Além disso, Campos (2014) orienta que sejam levantadas o maior número possível de causas, organizando-as hierarquicamente conforme sua relevância, com as causas principais nas espinhas centrais e as secundárias e terciárias em ramificações menores, de modo a facilitar a visualização e a análise das relações de causa e efeito. Após a elaboração do diagrama, as causas mais prováveis podem ser escolhidas e priorizadas, com base nas informações coletadas por observação ou na experiência do grupo.

A Figura 2.7 apresenta um modelo de aplicação da ferramenta, com uma linha central apontando para o efeito, destacado a direita, e os principais fatores, que podem estar causando o efeito observado, sendo representados em ramos inclinados, ligados a linha central. Em cada ramo, os fatores detalhados, ou causas, são apresentados em ramificações menores, chamados de galhos. As causas de um efeito podem ser agrupadas em seis diferentes famílias: matérias-primas; máquinas, medidas, meio ambiente, mão de obra e método (CAMPOS, 2014; ISHIKAWA, 1976).

Conforme Ishikawa (1976), os fatores envolvidos em problemas da qualidade são quase incontáveis, tornando a ferramenta muito útil para a classificação das causas de dispersões da qualidade e na organização das relações entre elas. Há várias maneiras de se aplicar o digrama para diferentes problemas, como em atividades educacionais, em discussões em grupo, na procura ativa de causas reais e na coleta de dados. Para o autor, não há uma forma definitiva com que a ferramenta deve ser aplicada, assim, um bom Diagrama de Causa e Efeito deve se adequar ao seu propósito.

Figura 2.7 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Campos (2014).

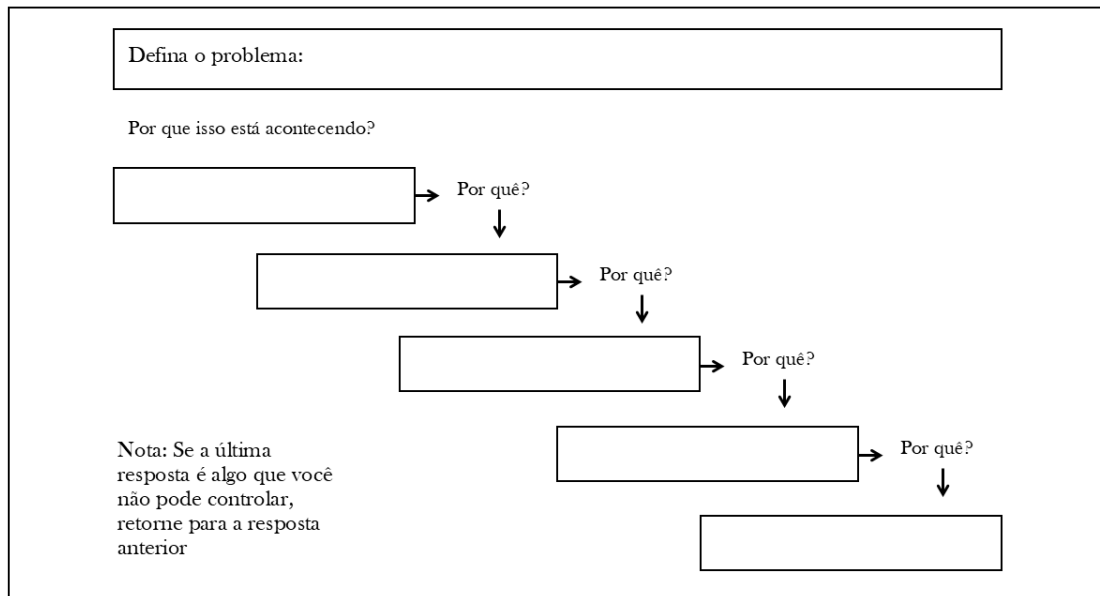
2.4.3 Método dos 5 Porquês

O método dos "5 Porquês" é uma ferramenta simples de resolução de problemas que consiste em formular a pergunta "Por quê" cinco vezes para compreender a causa-raiz, conforme ilustrado na Figura 2.8 (COSTA; MENDES, 2018). Essa abordagem é bem adaptável e pode ser aplicada à maioria dos problemas, sendo simples e efetiva na solução de problemas, promovendo um pensamento aprofundado por meio de questionamentos subsequentes (SERRAT, 2017).

Segundo Serrat (2017), a aplicação do método dos "5 Porquês" é mais eficaz quando conduzida em equipe, seguindo etapas estruturadas que garantem a identificação precisa da causa-raiz. O processo inicia-se com a definição clara do problema e a formulação sucessiva da pergunta "por quê", registrando todas as respostas obtidas a cada nível de aprofundamento. O questionamento continua até que não surjam novas informações relevantes, indicando a origem fundamental do problema. Ao final, o grupo deve discutir as causas identificadas, validar a lógica da

análise e propor ações corretivas que eliminem de forma definitiva a causa principal, assegurando um aprendizado coletivo e a melhoria contínua.

Figura 2.8 – Método dos 5 Porquês



Fonte: Traduzido de Serrat (2017).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Dedica-se este capítulo para a discussão da metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho de formatura para o alcance dos objetivos propostos e resposta dos questionamentos de pesquisa. Na primeira seção, aborda-se a metodologia de pesquisa por meio de sua caracterização. Em seguida, na segunda seção, apresentam-se e discutem-se as etapas de pesquisa para obtenção dos objetivos propostos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Nesta seção, o trabalho será analisado e discutido, para sua melhor compreensão, diante da caracterização da pesquisa em quatro aspectos: abordagem, natureza, objetivos e procedimentos técnicos.

Sob o aspecto da abordagem, a pesquisa adota uma perspectiva combinada, integrando elementos quantitativos e qualitativos para proporcionar um entendimento melhor dos problemas de pesquisa que cada uma das abordagens permitiria isoladamente (MIGUEL *et al.*, 2010). O tipo de estudo da abordagem combinada é o incorporado, em que uma das abordagens é dominante e a outra atua de forma complementar para responder à questão da pesquisa (CRESWELL; CLARK, 2006).

Neste estudo, a dimensão dominante é a qualitativa, atribuindo maior flexibilidade para o desenvolvimento do estudo, sendo caracterizada pela ênfase na interpretação subjetiva dos indivíduos e pelo delineamento do contexto do ambiente de pesquisa (BRYMAN, 1989). Complementarmente, a abordagem quantitativa, marcada pelo caráter objetivo e pela possibilidade de mensuração dos resultados (FONSECA, 2002), enfatiza o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos passíveis de quantificação da experiência humana (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quanto à natureza, a pesquisa é aplicada, ou seja, tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, voltados a solução de problemas locais (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Para esta pesquisa, os esforços são dirigidos a um problema de gestão de estoques em uma empresa de irrigação, a fim de aplicar conhecimentos e práticas da engenharia de produção em um caso real.

Com base em seus objetivos gerais, a pesquisa classifica-se como exploratória, uma vez que busca proporcionar maior familiaridade com o tema escolhido, possibilitando o aprimoramento de ideia e desenvolvimento de novas intuições (GIL, 2007).

Por fim, quanto aos procedimentos, esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de caso, pois foi desenvolvida em uma única organização, buscando compreender em profundidade suas práticas de gestão de estoques e identificar oportunidades de melhoria, havendo interação entre pesquisador e objeto de pesquisa. Esta modalidade fundamenta-se no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, permitindo amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2007).

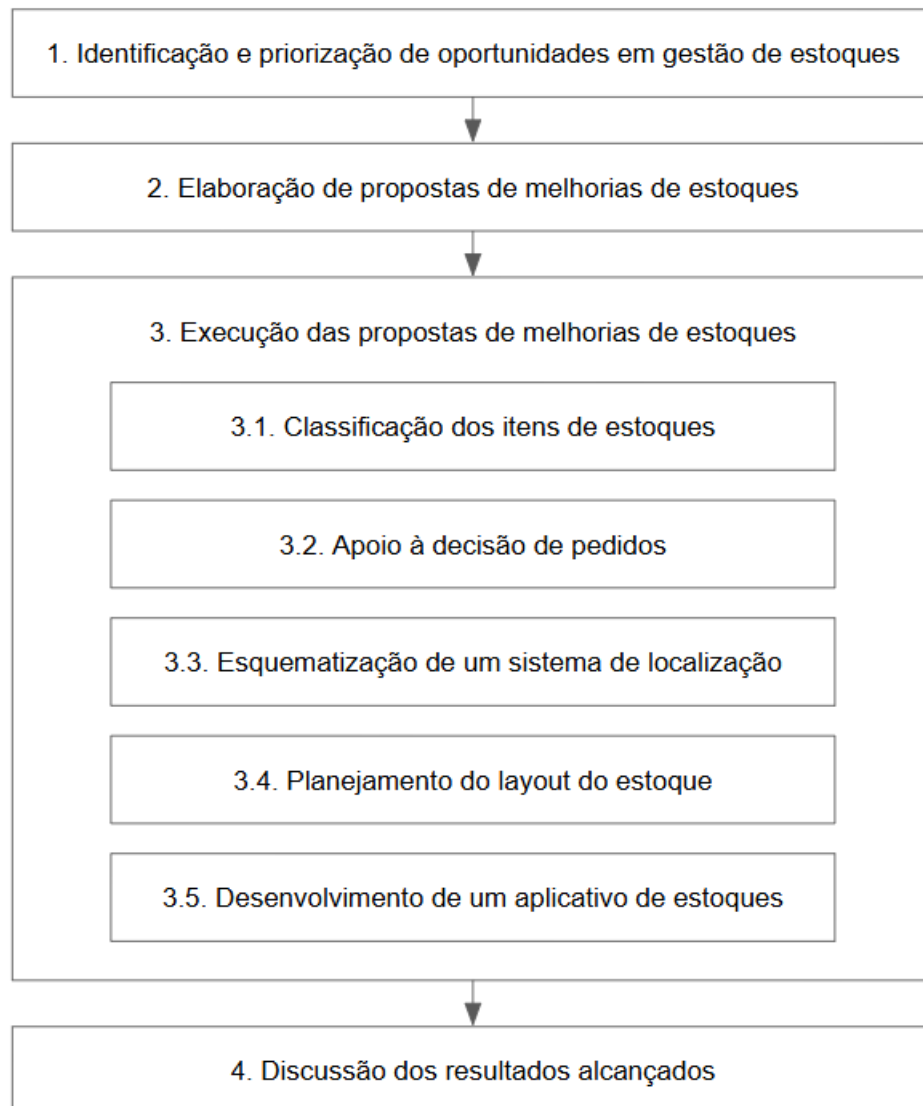
3.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS E MÉTODOS DA PESQUISA

Para o desenvolvimento do trabalho com rigor metodológico, foi proposto uma sequência de etapas para a condução deste estudo de caso, conforme apresentado na Figura 3.1.

A primeira etapa trata-se da identificação e priorização de oportunidades em gestão de estoques, iniciando-se com o mapeamento dos processos e práticas vigentes na organização. Essa fase envolve a análise documental, visitas técnicas e entrevistas semiestruturadas com a diretoria, permitindo caracterizar o funcionamento atual e levantar as principais fragilidades relacionadas à acuracidade, padronização e integração dos registros. Em seguida, os problemas identificados devem ser analisados com apoio das ferramentas Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês, possibilitando compreender suas causas raízes. Por fim, as causas prováveis serão priorizadas por meio da Matriz GUT, permitindo priorizar os pontos críticos a serem abordados e alinhar as necessidades da empresa às alternativas existentes na literatura.

Na segunda etapa, elaboram-se as propostas de melhoria, fundamentada em uma revisão vertical da literatura. Nessa fase, devem ser levantadas alternativas de solução para cada uma das dimensões do problema priorizado, avaliando-se o esforço de implementação (recursos, tempo, complexidade) e o impacto esperado (ganhos operacionais, confiabilidade dos dados, redução de desperdícios). Essa análise permite selecionar as frentes de atuação que serão desenvolvidas na etapa seguinte.

Figura 3.1 – Etapas do desenvolvimento da pesquisa



Fonte: Autoria própria.

Na sequência, a terceira etapa concentra-se na execução das propostas de melhoria, estruturada em cinco subetapas complementares. A subetapa 3.1 envolve a classificação dos itens de estoque, a partir do tratamento dos dados de vendas e faturamento, utilizando ferramentas como a curva ABC e análises complementares. A subetapa 3.2 corresponde ao apoio à decisão de pedidos, em que devem ser calculados parâmetros como ponto de pedido, estoque de segurança e lote econômico, com base no comportamento da demanda, nos custos e no lead time. A subetapa 3.3 trata da definição de um esquema padronizado de localização, estruturando códigos, níveis e hierarquias que organizem fisicamente os materiais.

Já a subetapa 3.4 contempla o planejamento do layout de armazenagem, que deve considerar fluxos de operação, acessibilidade e agrupamento lógico dos itens. Por último, a subetapa 3.5 refere-se ao desenvolvimento de um aplicativo de estoque, no qual devem ser modelados o banco de dados, as regras de negócio, as automações e a interface de uso para registro e consulta de informações.

Por fim, a quarta etapa da metodologia abrange a discussão dos resultados, na qual devem ser avaliadas as contribuições das soluções propostas e executadas. Essa avaliação pode incluir a análise de indicadores de desempenho, comparação com as condições iniciais, identificação de melhorias observadas e discussão de limitações residuais. Recomenda-se também refletir sobre potenciais ajustes e oportunidades para trabalhos futuros, consolidando o aprendizado obtido ao longo do estudo.

4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta o estudo de caso desenvolvido nesta pesquisa, estruturado de forma a refletir as etapas metodológicas definidas anteriormente. Inicialmente, descreve-se o contexto organizacional no qual o estudo foi conduzido, caracterizando a empresa, suas operações e os desafios específicos relacionados à gestão de estoques. Na sequência, apresenta-se as análises e achados referentes à identificação e priorização das oportunidades de melhoria de estoques. Em seguida, discute-se a elaboração das propostas de ação. Por fim, as últimas cinco seções do capítulo sobre a execução das soluções tratam, respectivamente, das frentes de classificação de itens, apoio à decisão de pedidos, esquema de localização, *layout* e desenvolvimento do sistema informatizado. Por fim, a discussão dos resultados obtidos é inserida ao final da seção de cada uma das iniciativas de melhoria.

4.1 CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA ORGANIZAÇÃO

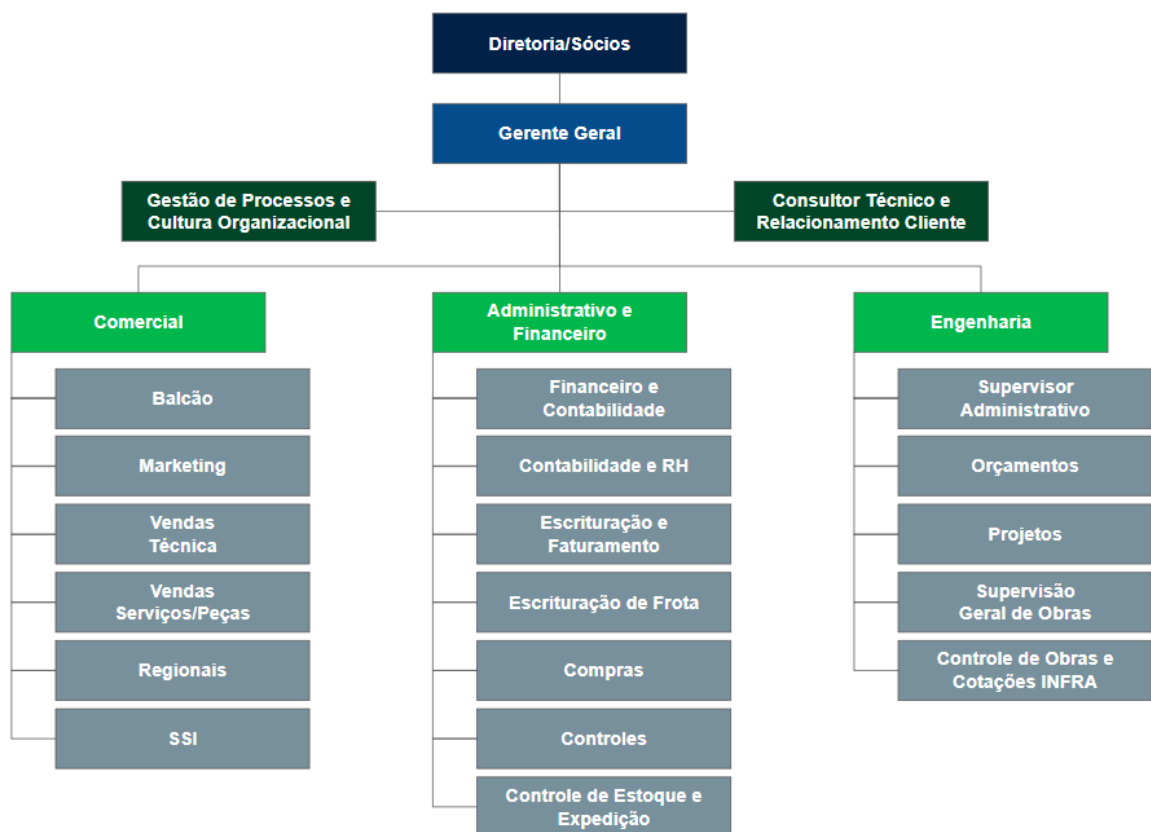
A organização objeto deste estudo é uma empresa de engenharia de pequeno porte do setor de irrigação, atuando majoritariamente no interior do estado de São Paulo e no Mato Grosso do Sul. Sua atividade principal consiste na comercialização, projeto, obras e manutenção de sistemas de irrigação, atendendo propriedades rurais de pequeno, médio e grande porte, além de parques, jardins e campos esportivos.

O portfólio da empresa abrange desde a venda de componentes e peças de reposição até a prestação de serviços técnicos especializados, como instalação de equipamentos, acompanhamento de campo e suporte pós-venda. Além disso, a organização atua como representante de fabricantes nacionais e internacionais de tecnologias para irrigação, o que lhe confere relevância na cadeia produtiva do agronegócio regional.

No aspecto organizacional, a empresa apresenta uma estrutura administrativa enxuta, com três principais áreas funcionais: Comercial, Administrativa e Financeira e Engenharia. A Figura 4.1 mostra um organograma simplificado da empresa, demonstrando as responsabilidades de cada setor. Por se tratar de um negócio em expansão, alguns de seus processos ainda não se encontram totalmente formalizados. Dessa forma, há uma clara possibilidade de aplicar conceitos da

Engenharia de Produção em diferentes dimensões estratégicas e operacionais. Sendo assim, a pesquisa não apenas contribui para a melhoria das práticas internas da empresa, mas também oferece subsídios para a literatura voltada à aplicação de ferramentas de gestão no setor de irrigação, área estratégica para o agronegócio brasileiro (RODRIGUES, 2023).

Figura 4.1 – Organograma da empresa



Fonte: Autoria própria.

Inicialmente, a fim de compreender o contexto da organização e encontrar as necessidades latentes da empresa, os processos organizacionais vigentes foram mapeados por meio de análise de documentos disponibilizados e de entrevistas realizadas com a diretoria. Previamente, foram solicitados ao contato na empresa os documentos organizacionais para compreender a operação da empresa, por meio do levantamento dos processos, organização das áreas e estratégias. Na Tabela 4.1, apresenta-se a relação dos principais documentos consultados, a origem setorial e uma breve descrição de sua relevância para este estudo de caso.

Após a análise documental, foram agendadas uma visita técnica e uma conversa com o gerente geral da organização. A visita técnica à sede da empresa foi realizada no dia 30 de agosto de 2025 com o objetivo de observar *in loco* o funcionamento das atividades operacionais, a organização dos estoques e a dinâmica de interação entre os diferentes setores. Essa imersão permitiu confrontar as informações obtidas nos documentos com a realidade prática, registrando evidências visuais e anotações acerca de pontos fortes e fragilidades nos processos, como nos registros fotográficos da Figura 4.2.

Tabela 4.1 – Lista de documentos analisados

| Documento | Descrição | Origem |
|--|--|--------------|
| Organograma | Estrutura organizacional com a divisão de áreas e atribuições | Gestão |
| Fluxograma Operacional Técnico-Comercial | Processo de atendimento de um cliente, desde a análise de viabilidade técnica até a execução de obras | Gestão |
| Fluxograma Operacional Fase I | Processo de coleta de dados e Informações para um projeto de irrigação | Engenharia |
| Fluxograma Operacional Fase II | Processo de elaboração de um projeto de irrigação | Engenharia |
| Fluxograma Operacional Fase III | Apresentação de proposta, negociação e contrato | Comercial |
| Mapa Unidades Territoriais | Mapa contendo as regiões de atendimento da empresa, divididas por unidades e vendedores responsáveis. | Gestão |
| Processo do Serviço de Satisfação ao Irrigante | Fluxogramas de assistência técnica, revisão de pivôs e venda de peças ativa e no balcão | SSI |
| Metas de Vendas 2025 | Resumo de metas de vendas e faturamento em 2025 segregado por segmento e vendedor responsável, incluindo um plano de ação | Vendas e SSI |
| Ferramenta de Planejamento Estratégico | Planilha contendo detalhamento da cultura, posicionamento e foco da empresa, análise estratégica da empresa considerando fatores internos e externos, e dashboard para acompanhamento de projetos estratégicos | Gestão |

Fonte: Autoria própria.

Complementarmente, conduziu-se, no mesmo dia, a entrevista semiestruturada com o gerente geral, utilizando um roteiro previamente elaborado que contemplava aspectos relacionados à gestão estratégica, operacional e de mercado. A entrevista possibilitou aprofundar a compreensão sobre os desafios enfrentados pela

organização, bem como captar a percepção dos gestores sobre prioridades, expectativas e restrições para a implementação de melhorias. O conteúdo coletado foi transcrito e sistematizado em uma ficha de registro, conforme Tabela 4.2, servindo de base para a análise crítica e para a identificação das oportunidades apresentadas nas etapas subsequentes do estudo.

Figura 4.2 – Registros fotográficos na visita técnica



Fonte: Autoria própria.

Após a entrevista, foram identificadas quatro grandes oportunidades de ação por uma perspectiva da engenharia de produção, sendo elas:

- a) Estruturação de uma nova área de negócios voltado a microgeração distribuída;
- b) Planejamento e revisão dos processos da gestão de estoques;
- c) Aplicação de gestão de projetos as obras;
- d) Aprimoramento do comércio eletrônico;

O crescimento do mercado de energias renováveis abre espaço para a diversificação dos serviços oferecidos pela empresa. Nesse sentido, a microgeração distribuída por meio da energia solar fotovoltaica representa uma oportunidade de expandir o portfólio de soluções disponibilizadas aos clientes, em paralelo aos projetos de irrigação, aproveitando a base já existente de produtores rurais como mercado-alvo. O consumo energético representa uma parcela significativa das despesas operacionais do produtor rural (LIMA *et al.*, 2020). Assim, a adoção de fontes

alternativas de energia pode reduzir substancialmente os custos recorrentes, aumentando a competitividade no agronegócio.

Tabela 4.2 – Registro da entrevista semiestruturada

| Tema | Pergunta | Anotações |
|--------------------|---|--|
| Estratégia | Quais são os principais objetivos da empresa para os próximos anos? | Aumento de faturamento; Expansão das equipes de vendas e execução de obras; Consolidação nas novas regiões de atendimento. |
| Estratégia | Quais são os fatores-chave de sucesso da empresa? | Elaboração de projetos; Credibilidade e reputação com clientes; Trabalhar com os melhores produtos do mercado; Comprometimentos dos trabalhadores com o propósito da empresa. |
| Estratégia | Quais são os pontos a desenvolver na empresa? | Comunicação; Estruturação e acompanhamentos dos processos operacionais; Capacitação dos colaboradores. |
| Operação | Quais processos internos apresentam maiores dificuldades atualmente? | Estoques; Gestão de projetos: dificuldade no cumprimento de prazos e previsão de gastos com mão de obra. |
| Gestão de Projetos | Existem ferramentas ou práticas já utilizadas para controle dessas operações? | Acompanhamento da evolução das obras por planilhas; Uso de Gantt; MS Project. |
| Estoques | Existem ferramentas ou práticas já utilizadas para controle dessas operações? | Falta de material e alto custo de estoque; Apenas a sede tem um sistema de controle de estoques em tempo real atrelado a notas fiscais sob gestão do contador; O controle dos níveis de estoque e pedidos são feitas de forma intuitiva, sem cálculo pré-definido; Software apresenta problemas técnicos; Nem todas as movimentações são registradas; Nas filiais, há apenas um inventário Físico Anual. |
| Novos Negócios | Quais oportunidades de diversificação de negócios a diretoria considera mais promissoras? | Venda de projetos de Micro GD em conjunto com projetos de irrigação; Venda de peças pela internet. |

Fonte: Autoria própria.

Além disso, o clima característico do noroeste paulista e do leste do Mato Grosso do Sul, marcado por longos períodos de estiagem, alta insolação e baixa nebulosidade (INMET, 2020), favorece a geração de energia fotovoltaica (DANTAS; POMPERMAYER, 2018). Nesse contexto, a combinação entre alta demanda por irrigação e elevado potencial de geração solar cria um cenário propício para a implementação da microgeração distribuída, alinhando-se às necessidades do produtor e às tendências de sustentabilidade e eficiência energética do setor.

Paralelamente, verificou-se que a gestão de estoques da empresa apresenta fragilidades relacionadas à falta de sistematização e padronização de processos, o que resulta em situações de ruptura, dificuldades no atendimento ao cliente, perdas de itens e elevado capital imobilizado. Atualmente, a organização mantém três estoques físicos: um localizado na sede e dois em filiais. O controle da sede é realizado por meio de um software de terceiros, vinculado à emissão de notas fiscais, que deveria registrar automaticamente as quantidades movimentadas. Entretanto, esse sistema apresenta falhas de funcionamento, além de procedimentos lentos, pouco intuitivos e excessivamente complexos, comprometendo a usabilidade e a confiabilidade dos dados.

Em decorrência disso, muitas saídas de peças não são registradas no momento da retirada, ocasionando discrepâncias entre o saldo físico e o registrado. Nas filiais, a situação é ainda mais crítica, pois não há integração sistêmica: o controle é feito apenas por meio de inventário físico anual, aumentando o risco de perdas, inconsistências e falta de visibilidade em tempo real. Além disso, a empresa não dispõe de mecanismos de priorização de itens, tampouco de métodos para definição dos níveis ideais de estoque ou para o cálculo de quanto e quando devem ser feitos os pedidos aos fornecedores, o que leva a decisões empíricas e pouco precisas.

Outro ponto identificado diz respeito à execução de projetos de irrigação, que envolve a coordenação simultânea de diversos recursos, como materiais, mão de obra, equipamentos e prazos, um ambiente claramente propício à aplicação de metodologias de gestão de projetos. De acordo com a diretoria, os principais desafios estão relacionados ao descompasso entre os custos reais e os planejados, aos atrasos na conclusão das obras e às dificuldades no planejamento da alocação das equipes. Assim, a adoção de práticas formais de gestão de projetos surge como uma oportunidade estratégica, capaz de proporcionar maior previsibilidade, reduzir atrasos, otimizar a utilização dos recursos e, consequentemente, elevar tanto a satisfação dos clientes quanto a rentabilidade do negócio.

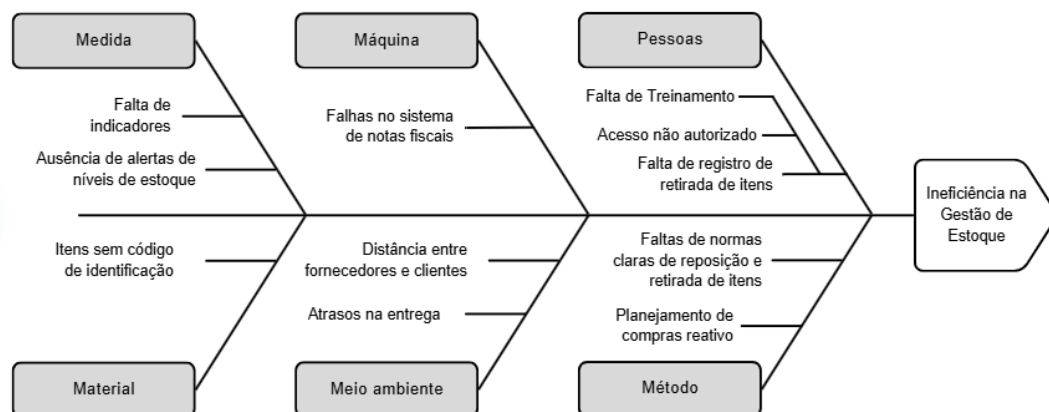
Por fim, constatou-se que a comercialização de peças de irrigação ainda ocorre predominantemente de forma tradicional, baseada em atendimento presencial e contatos telefônicos. A criação de um canal de comércio eletrônico representa, portanto, uma oportunidade de ampliação significativa do alcance de mercado, possibilitando maior exposição da marca, capilaridade nas vendas, acesso a clientes de diferentes localidades e potencial incremento de faturamento.

A partir dessa análise preliminar, observa-se que a revisão dos atuais processos de gestão de estoque apresenta uma maior prioridade, por se tratar de uma necessidade crítica e com impacto direto e imediato no núcleo da operação e no atendimento aos clientes. Em seguida, destacam-se a aplicação de gestão de projetos às obras e a implantação do comércio eletrônico, que, embora relevantes, possuem efeitos mais graduais sobre a operação. Já a diversificação por meio da microgeração distribuída, apesar de estratégica, é entendida como uma iniciativa de médio a longo prazo e, portanto, não constitui o foco deste estudo. Dessa forma, o presente trabalho concentrar-se-á na análise e na implantação de melhorias na gestão de estoques, explorando em profundidade as ferramentas e metodologias da Engenharia de Produção aplicáveis a esse contexto.

4.2 IDENTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE GESTÃO DE ESTOQUES

Conforme diagnóstico da organização, o escopo central deste estudo refere-se às fragilidades no processo de gestão de estoques, caracterizadas pela ausência de padronização, inconsistências nos registros, falta de integração entre unidades e limitações no controle de materiais. A fim de compreender em profundidade suas origens e efeitos sobre a eficiência operacional da empresa, foi realizado um desdobramento sistemático por meio das ferramentas Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês, respectivamente, apresentados nas Figuras 4.3 e Tabela 4.3.

Figura 4.3 – Análise pelo Diagrama de Ishikawa da gestão de estoques



Fonte: Autoria própria.

Essas análises evidenciaram que as fragilidades na gestão de estoques decorrem de causas estruturais e operacionais interligadas, envolvendo desde a ausência de critérios de priorização e controle sistemático até problemas de organização física, integração de informações e padronização de procedimentos. O desdobramento por meio do Ishikawa e dos 5 Porquês permitiu consolidar esses fatores em subproblemas específicos, que orientarão a formulação das propostas de melhoria na etapa seguinte do estudo.

Tabela 4.3 – Análise dos 5 Porquês

| 1º Porquê | 2º Porquê | 3º Porquê | 4º Porquê | 5º Porquê |
|-----------------------------------|-----------------------|---|---|---|
| Ineficiência na gestão de estoque | Alto custo de estoque | Grande quantidade de itens com baixa demanda | Falta de critérios claros para reposição | Cálculo pedido de inadequado |
| | | | Não há monitoramento contínuo dos níveis de estoque | Limitação do software de estoques atual |
| | Falhas de atendimento | Pedidos não são feitos a fábrica a tempo | Pedidos são feitos mensalmente de forma intuitiva | Falta de priorização de itens |
| | | Muito tempo gasto na procura e separação de pedidos | Estoque desorganizado | Itens não mapeados |
| | | Falta de padronização no registro de saídas | Ausência de integração entre matriz e filiais | Informações inconsistentes entre unidades |
| | | | Acesso não controlado aos estoques | Ausência de procedimentos claros e falta de treinamento dos colaboradores |
| | | | | |
| | | | | |

Fonte: Autoria própria.

Na sequência, para priorizar quais problemas seriam mais adequados de serem abordados neste trabalho e propostas de melhorias elaboradas, foi utilizado o método

de Matriz GUT para priorização. Cada um dos três fatores da Matriz GUT foi avaliado em escala de 1 (baixo impacto) a 5 (alto impacto), considerando o contexto da organização.

A partir dos resultados da priorização apresentada na Tabela 4.4, observa-se que os maiores índices de criticidade estão associados à falta de priorização de itens de estoque, ao cálculo inadequado dos pedidos, ao não mapeamento de itens, à má alocação dos materiais nos depósitos e à limitação do software de estoques vigente. Esses resultados indicam que as causas mais relevantes envolvem tanto aspectos técnicos quanto organizacionais, impactando diretamente a acurácia dos controles e a eficiência operacional.

Desta forma, neste estudo de caso, esses cinco problemas de maior pontuação foram selecionados para tratamento aprofundado, por representarem as principais barreiras à consolidação de um sistema de gestão de estoques eficaz. Os demais fatores identificados, como a inconsistência de informações sobre os estoques das filiais, a ausência de procedimentos claros e falta de treinamento dos colaboradores serão contemplados em um plano de ação de médio e longo prazo, voltado à padronização dos processos e ao aprimoramento gradual das práticas de controle.

Tabela 4.4 – Priorização dos problemas a serem tratados por meio da Matriz GUT

| Problema | Gravidade (G) | Urgência (U) | Tendência (T) | Pontuação (G*U*T) |
|---|--------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|
| Falta de priorização de itens | 5 | 5 | 4 | 100 |
| Limitação do software de estoques atual | 4 | 4 | 4 | 64 |
| Cálculo de pedido inadequado | 5 | 5 | 5 | 125 |
| Itens não mapeados | 4 | 5 | 4 | 80 |
| Itens mal alocados nos depósitos | 5 | 4 | 3 | 60 |
| Informações inconsistentes entre unidades | 4 | 3 | 2 | 24 |
| Ausência de procedimentos claros e falta de treinamento dos colaboradores | 4 | 4 | 3 | 48 |

Fonte: Autoria própria.

4.3 ELABORAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA DE ESTOQUES

Com a priorização dos problemas, o estudo de caso foi desdobrado em diferentes frentes de atuação voltadas à estruturação de um sistema de gestão de estoques, com o propósito de corrigir as fragilidades diagnosticadas e ampliar a eficiência operacional da empresa. Nesse sentido, a proposta foi organizada em quatro dimensões complementares e interdependentes:

- a) Classificação de itens de estoques;
- b) Apoio à decisão de pedidos;
- c) Esquematização de sistema de localização;
- d) Planejamento do layout do estoque;
- e) Desenvolvimento de um aplicativo de estoques.

A primeira frente, voltada à classificação dos itens dos estoques, utilizará a Curva ABC para definir o grau de controle de cada grupo de itens e priorizar quais classes terão as melhorias executadas ao longo deste estudo de caso e quais classes receberão as melhorias num horizonte de tempo maior, demonstradas no plano de ação. Essa classificação também apoiará as decisões de tamanho de estoque, procedimento e frequência de reposição.

A segunda frente, voltada ao apoio à decisão de pedidos, busca introduzir métodos sistematizados para definição de parâmetros de ressuprimento, cálculo de níveis de estoque de segurança e determinação de lotes de compra, substituindo práticas empíricas por critérios técnicos fundamentados na administração de materiais e na gestão de estoques. Para solucionar o problema dos itens não mapeados, será desenvolvido um esquema de localização de itens.

Na sequência, a terceira iniciativa consiste na esquematização de um sistema de localização do estoque, visando solucionar os problemas de perda de materiais e demora na separação de itens. A proposta de endereçamento busca facilitar a organização, procura, identificação e o controle dos produtos no almoxarifado. Essa melhoria deve ocorrer por meio de um mapeamento dos espaços de armazenamento e da criação de um código distinto para cada posição, compondo um sistema endereçamento dos itens de estoque.

Em paralelo, na quarta dimensão referente ao arranjo físico, pretende-se planejar a disposição dos materiais no estoque da sede e das filiais, com foco na acessibilidade, na redução de deslocamentos, no melhor aproveitamento do espaço e no cumprimento de requisitos de armazenamento de cada material, contribuindo para maior agilidade e acuracidade nas operações de movimentação.

Por fim, na última dimensão, a implantação de um sistema informatizado de controle busca superar as limitações do *software* atualmente utilizado, que se encontra restrito à sede e apresenta falhas significativas de registro. A nova solução deverá contemplar integração entre as três unidades da empresa, registro em tempo real das movimentações, indicando os níveis de estoque e a localização de cada item e geração de relatórios gerenciais para suporte à tomada de decisão, integrando e adotando os métodos apresentados na segunda frente de ação.

Considerando o tempo disponível para o desenvolvimento deste estudo de caso e as limitações de recursos da organização, a execução integral de todas as soluções propostas mostra-se inviável dentro do período de realização do trabalho de formatura. Dessa forma, optou-se por priorizar as ações de maior impacto e viabilidade imediata, concentrando esforços naquelas que podem ser implementadas e avaliadas no curto prazo. As demais iniciativas, embora igualmente relevantes para o aprimoramento da gestão de estoques, demandam prazos mais extensos, investimentos adicionais e adaptações estruturais, razões pela quais serão incluídas no plano de ação de médio e longo prazo.

A Tabela 4.5 indica, por unidade da empresa e por classe de itens de estoques, quais soluções serão executadas ou planejadas no prazo deste trabalho, quais serão atribuídas ao plano de ação de médio e longo prazo e quais frentes não requerem ação.

Assim, a solução proposta articula, de forma integrada, diferentes dimensões da gestão de estoques, combinando métodos quantitativos, padronização operacional, reorganização física e implantação tecnológica. A abordagem estruturada permite que cada frente de ação contribua para corrigir fragilidades diagnosticadas, ao mesmo tempo em que cria as bases para um sistema de gestão mais confiável, escalável e alinhado às necessidades operacionais da empresa de irrigação. Dessa forma, o conjunto de iniciativas estabelece um caminho consistente tanto para melhorias imediatas quanto para a evolução futura do modelo de gestão de estoques da organização.

Tabela 4.5 – Planejamento de execução e priorização das soluções propostas

| Solução | Unidade | Classe dos itens de estoques | | | |
|--|----------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | A | B | C | D |
| Classificação de itens de estoques | Todos | Executa | Executa | Executa | Executa |
| Apoio à decisão de pedidos | Todos | Executa | Parcial | Plano de ação | Não |
| Esquematização de um sistema de localização | Todos | Executa | Plano de ação | Plano de ação | Plano de ação |
| Planejamento do layout do estoque | Sede | Planeja | Planeja | Planeja | Planeja |
| | Filial 1 | Executa | Executa | Executa | Executa |
| | Filial 2 | Plano de Ação | Plano de Ação | Plano de Ação | Plano de Ação |
| Desenvolvimento de um aplicativo de estoques | Sede | Executa | Plano de ação | Plano de ação | Plano de ação |
| | Filial 1 | Executa | Executa | Executa | Executa |
| | Filial 2 | Plano de ação | Plano de ação | Plano de ação | Plano de ação |

Fonte: Autoria própria.

4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS ITENS DE ESTOQUES

A etapa de classificação dos itens de estoques teve como objetivo identificar quais itens possuem maior representatividade no valor total de consumo e, consequentemente, demandam maior nível de controle. Para isso, foi aplicada a técnica da Curva ABC, conforme discutida na Seção 2.1.3, que permite classificar os itens em grupos de acordo com sua importância relativa para o estoque, conforme o valor movimentado em um determinado período.

Para a construção da curva, foi utilizada uma extração do sistema ERP atual da empresa, contendo informações consolidadas dos últimos doze meses, abrangendo os estoques iniciais e atuais, bem como os registros de compras e vendas. Inicialmente, foi observada uma quantidade significativa de itens com movimentação nula, correspondentes à classe D. De um total de 4213 SKUs

presentes no estoque, 2688 foram excluídos da Curva ABC por não apresentarem saídas no período considerado, seja por vendas ou garantia.

Em seguida, elaborou-se a tabela mestra, conforme a Tabela 4.6, pelo método proposto por Viana (2006), com o ordenamento dos itens em ordem decrescente de valor de consumo, cálculo do consumo acumulado e determinação dos percentuais acumulados em relação ao total.

Tabela 4.6 – Tabela mestra de itens de estoques da organização

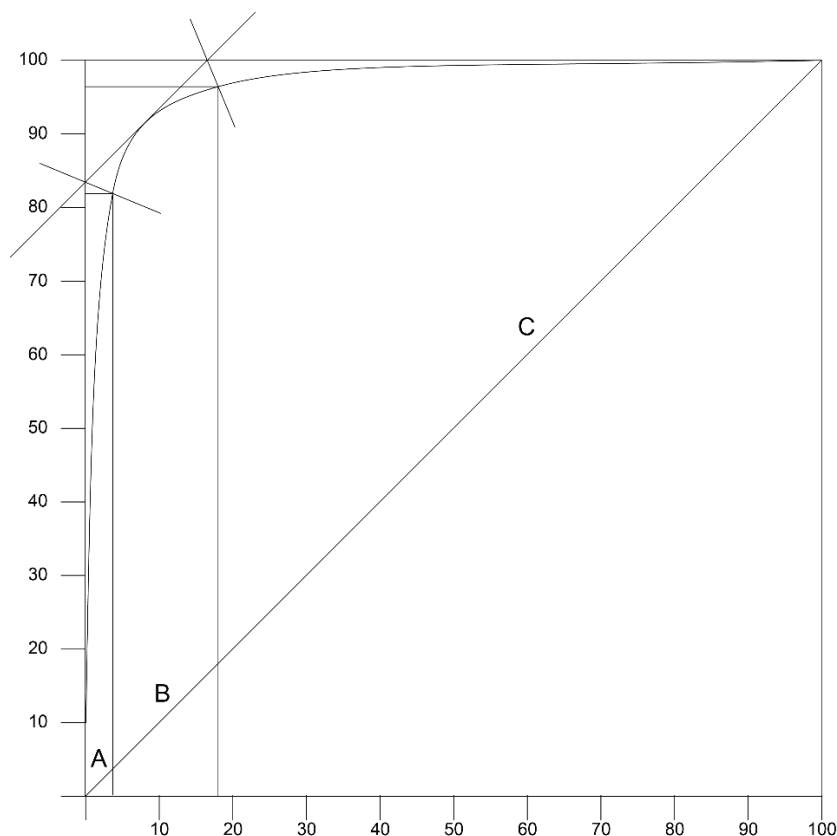
| Rank | Material | Valor de saída | Valor de saída acumulado | % sobre o valor total acumulado |
|------|--|----------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1 | TUBO GOTEJADOR NAANPC 16/35 2,2L/H 0,55M 500M | * | * | 10,414816% |
| 2 | TUBO GOTEJADOR TOPDRIP AS 17/25 2,2L/H 0,70M 600M | * | * | 17,423509% |
| 3 | TUBO DEFOFO PN60 IRR DN 350MM | * | * | 21,498075% |
| 4 | TUBO DEFOFO PN60 DN250 JEI | * | * | 24,748640% |
| 5 | TUBO DEFOFO PN60 IRR DN 300MM | * | * | 27,917655% |
| 6 | CONJUNTO DE FILTRAGEM DE AREIA 5 X 48 F2300 - AUTOMATICO P/ IRRIGA | * | * | 30,998198% |
| 7 | TUBO AGROBIAX AP PN145 DN250 | * | * | 33,924165% |
| 8 | TUBO DEFOFO PN60 IRR DN 200MM | * | * | 36,710360% |
| 9 | CONJUNTO DE FILTRAGEM DE AREIA 4 X 48 F2300 - AUTOMATICO P/ IRRIGA | * | * | 39,194454% |
| 10 | TUBO GOTEJADOR NAANPC 16/25 2,2L/H 0,70M 500M | * | * | 41,310912% |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 1523 | TUBO PELBD 16MM 1635 PN30 | * | * | 99,999995% |
| 1524 | LUVA ROSCA 1/2" | * | * | 99,999999% |
| 1525 | PRC SEXT 5/16" UNF GLV (1251230) | * | * | 100,000000% |

Nota: *Informações confidenciais.

Fonte: Autoria própria.

A partir desses dados, foi traçado o gráfico da curva ABC, por meio do método gráfico descrito pelo mesmo autor, permitindo a visualização da distribuição dos itens e a delimitação das classes (A, B e C) e apresentada na Figura 4.4. Já a Figura 4.5, apresenta o gráfico esboçado no *software* Illustrator, com base nos dados da tabela mestra.

Figura 4.4 – Construção da curva ABC



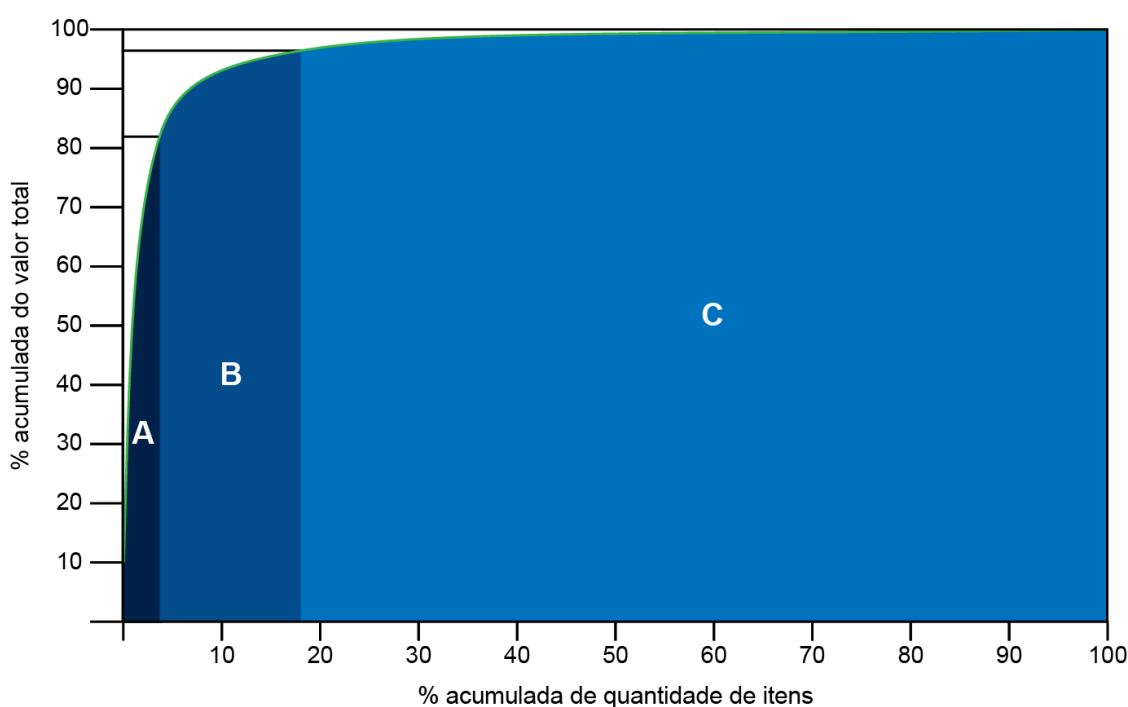
Fonte: Autoria própria.

Com o gráfico concluído, conforme a Figura 4.5, foram identificadas as três faixas representativas das classes de itens, delimitadas a partir da interseção das bissetrizes com a curva. A curva resultante apresentou crescimento acentuado nas primeiras parcelas, indicando forte concentração de valor em poucos itens. Observa-se um comportamento altamente assimétrico e assintótico, caracterizando um estoque com elevado grau de concentração, no qual cerca de poucos produtos da classe A representam a maior parte do faturamento no período.

A análise dos resultados obtidos pela Curva ABC, representada na Tabela 4.7, evidencia uma forte concentração de valor nos itens da classe A, que representam apenas 3,74% do total de SKUs, mas respondem por 81,77% do valor faturado,

confirmando o comportamento altamente assimétrico e assintótico da Curva ABC. Já os itens da classe B, embora representem 14,29% do portfólio, contribuem com 14,67% do valor, configurando-se como produtos de importância intermediária e que merecem atenção pontual em termos de controle e reposição. Por outro lado, observa-se que a classe C, composta por 81,97% dos itens, participa com apenas 3,56% do faturamento, revelando um grande volume de materiais de baixa relevância econômica.

Figura 4.5 – Gráfico da curva ABC



Fonte: Autoria própria.

Tabela 4.7 – Resumo de percentuais da Curva ABC

| Classe | % quantidade de itens | % de valor do faturamento |
|--------|-----------------------|---------------------------|
| A | 3,74 | 81,77 |
| B | 14,29 | 14,67 |
| C | 81,97 | 3,56 |

Fonte: Autoria própria.

Após a análise sobre o faturamento, foram calculados o número de SKUs e valor atual estocado por classe, incluindo os itens sem saídas registrada nos últimos 12 meses. A Tabela 4.8 apresenta a distribuição dos itens do estoque conforme a

classificação ABCD, indicando o número de SKUs e o percentual de valor estocado correspondente a cada classe. Observa-se que a classe A é composta por 57 itens, representando 14,49% do valor total estocado. A classe B reúne 218 itens, correspondentes a 20,28% do valor, enquanto a classe C abrange 1.250 itens, responsáveis por 13,62% do valor total.

Tabela 4.8 – Resumo do valor estocado atual

| Classe | Número de SKUs | % de valor estocado atual |
|---------------|-----------------------|----------------------------------|
| A | 57 | 14,49 |
| B | 218 | 20,28 |
| C | 1250 | 13,62 |
| D | 2688 | 51,62 |

Fonte: Autoria própria.

Além disso, a presença de 2.688 itens na classe D, sem movimentação no período analisado, indica oportunidades significativas para revisão de catálogo e descontinuação. Essa distribuição reforça a necessidade de estratégias diferenciadas de gestão para cada classe, priorizando os itens mais representativos e racionalizando os estoques de menor impacto financeiro.

4.5 APOIO À DECISÃO DE PEDIDOS

A definição das decisões de pedidos de itens de estoque na empresa deve considerar as particularidades de sua operação, que envolve dois grandes grupos de itens com comportamentos de demanda distintos. O primeiro grupo é formado por itens utilizados majoritariamente em grandes projetos, como tubulações especiais, motores, conexões específicas e componentes de aplicação única. Esses materiais apresentam demanda extremamente irregular, pois dependem diretamente da aprovação de orçamentos e da assinatura de contratos por parte dos clientes. Assim, não há previsibilidade nem vantagem operacional em manter estoques desses itens, uma vez que são adquiridos somente após a confirmação do pedido, eliminando o risco de ruptura e evitando capital imobilizado desnecessário. Consequentemente,

não se aplicam a esses materiais métodos tradicionais de previsão, cálculo de estoque de segurança ou lote econômico.

Diante desse cenário, concentrou-se o estudo nos itens que realmente se beneficiam de um modelo estruturado de reposição: os produtos da classe A e B superior, que apresentam demanda mais distribuída ao longo do ano, participação significativa nas vendas de balcão e aplicação transversal em diferentes tipos de projetos. Esses materiais são consumidos tanto pelas equipes de campo quanto pelos clientes atendidos na loja, o que os torna essenciais para o atendimento cotidiano. Além disso, por não dependerem de características específicas de projetos de grande porte, exibem padrões de consumo mais estáveis, possibilitando a aplicação de métodos quantitativos de reposição. Dessa forma, o objetivo é apresentar, em uma amostra reduzida, o potencial de otimização dos recursos imobilizados em estoques por meio de métodos exatos.

Para viabilizar os cálculos de lote econômico e estoque de segurança, foram utilizadas, respectivamente, as Equações 7 e 6. Inicialmente, foram estimados os custos de pedido e de manutenção com base nas informações fornecidas pela organização. O custo de pedido foi obtido a partir da soma do tempo da equipe de compras dedicado ao processo, da assinatura do software de emissão de notas fiscais, dos gastos com materiais administrativos e da parcela proporcional de custos indiretos alocados ao setor, divididos pelo número de pedidos emitidos nos últimos 12 meses. O valor resultante foi de aproximadamente R\$ 147,45 por pedido.

Já o custo de manutenção anual do estoque foi calculado com base no somatório dos gastos com aluguel, impostos sobre propriedade, mão de obra do almoxarifado, energia, seguro, obsolescência e depreciação física, dividido pelo valor total armazenado, metodologia necessária diante da indisponibilidade de dados de peso e volume dos itens. A esse percentual adicionou-se uma taxa livre de risco, resultando em um custo de manutenção de aproximadamente 17,21% ao ano.

Considerando as condições de fornecimento, observou-se que parte dos principais fabricantes opera no modelo CIF (*cost, insurance and freight*), de modo que o frete não representa custo adicional por pedido, enquanto os fornecedores FOB (*free on board*) o fazem cobrando valores proporcionais ao preço, peso ou volume dos materiais. Como a empresa não possui dados completos de peso e volume, esses custos são integrados proporcionalmente ao próprio custo do produto, refletindo melhor a realidade do processo de compras.

Preliminarmente, a partir dos registros disponíveis estoque inicial, estoque final e entradas e saídas ao longo do ano, estimou-se o estoque médio de cada item por meio de uma a média aritmética dos saldos nos últimos 12 registros mensais. Embora menos robusto que modelos probabilísticos completos, essa simplificação é coerente com a realidade informacional da empresa e adequado para avaliar regularidade de consumo, periodicidade de compra e comportamento da demanda dos itens analisados. Assim, com os dados de vendas mensais, também se obteve a demanda média mensal dos itens selecionados, além do desvio padrão. Adicionalmente, uma lista de preços dos produtos, incluindo os valores de custo, projeto e balcão, foram fornecidas pela empresa. Com esses dados, foi possível determinar a variação marginal do lucro bruto de cada item em relação a alteração no nível de serviço oferecido. A Tabela 4.9 apresenta as informações preliminares obtidas.

Com esses parâmetros definidos, foi possível avançar para a determinação do nível de serviço econômico. Para isso, aplicou-se o método proposto por Ballou (2006), que utiliza a relação entre custo marginal de falta e custo marginal de estoque, considerando os valores de variação do lucro bruto (ΔL), variação no custo em função do custo anual de manutenção (ΔC), variação do fator da curva da distribuição normal associado a probabilidade de o item estar em estoque durante o período do prazo de entrega (Δz) e o próprio fator z associado a essa distribuição normal, conforme as Equações 8 e 9. O ponto ótimo ocorre quando a variação marginal da receita se iguala à variação marginal do custo, indicando que as melhorias adicionais no serviço deixam de gerar retorno superior ao custo de manter peças a mais no estoque. Com essa igualdade, encontra-se o valor de Δz referente a esse ponto e a o nível de serviço associado à essa faixa de variação.

Para o cálculo da variação marginal do lucro, presumiu-se uma resposta das vendas de 0,001 para cada 1% de variação das no serviço. A Tabela 4.10 apresentada a seguir reúne esses cálculos e apresenta o nível de serviço economicamente ótimo indicado para cada um dos itens priorizados e selecionados com os critérios definidos, permitindo identificar o nível de serviço. Os itens cujo valor de Δz obtido for inferior a 0,0241 adotarão o nível de serviço de 50%, e, portanto, receberão um valor nulo em para o fator z .

Tabela 4.9 – Levantamento de dados de estoque

| Material | Unidade de Medida | Demanda Mensal | Desvio padrão | Estoque médio atual | Preço | Custo | Lead Time |
|---|--------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------|--------------|--------------|------------------|
| TUBO DEFOFO PN60 IRR DN 200MM | BR | 160,92 | 187,12 | 75,91 | * | * | 30 |
| TUBO PN40 PB IRR DN 50MM | BR | 653,64 | 857,42 | 547,18 | * | * | 30 |
| TUBO PN40 PB IRR DN 35MM | PC | 840,6 | 1338,14 | 339,14 | * | * | 30 |
| TUBO AGROP. PN60 IRR DN 32MM | BR | 126,42 | 122,01 | 367,27 | * | * | 30 |
| PASTA LUBRIFICANTE 1000G | PC | 73,68 | 146,58 | 81,64 | * | * | 30 |
| PILOTO RED. E SUSTEN. DE PRESSÃO PC-X- A-P PLASTICO 3 VIAS C/ MOLA NATURAL | UN | 13,8 | 19,28 | 32,91 | * | * | 20 |
| VENTOSA COMB. /TRIPLICE FUNÇÃO MOD.C30, 1" DN25, ROSCA MACHO PN16 | PC | 4,68 | 5,70 | 105,27 | * | * | 20 |
| CORPO ASP I- WOB2 PRETO UP3 IWOB200B3UP3 | PC | 24,6 | 35,10 | 168,18 | * | * | 25 |
| REDUTOR RODA FIXO AT 50:1 UMC 10142-105A | PC | 2,52 | 3,18 | 22,45 | * | * | 40 |
| MOTOREDUTOR 1,5 CV 59RPM CD- 1059 | PC | 0,48 | 0,97 | 6,82 | * | * | 18 |

Nota: *Informações confidenciais.

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4.10 – Cálculo do nível de serviço ótimo

| Material | Unidade de medida | ΔL | $\Delta C \times \Delta z$ | Δz | Nível de serviço |
|---|-------------------|------------|----------------------------|------------|------------------|
| TUBO DEFOFO PN60 IRR DN 200MM | BR | 361,47 | 11874,59 | 0,0304 | 73% |
| TUBO PN40 PB IRR DN 50MM | BR | 79,03 | 3244,16 | 0,0244 | 52% |
| TUBO PN40 PB IRR DN 35MM | PC | 77,92 | 3883,65 | 0,0201 | 50% |
| TUBO AGROP. PN60 IRR DN 32MM | BR | 11,82 | 357,05 | 0,0331 | 78% |
| PASTA LUBRIFICANTE 1000G | PC | 7,74 | 481,67 | 0,0161 | 50% |
| PILOTO RED. E SUSTEN. DE PRESSÃO PC-X-A-P PLASTICO 3 VIAS C/ MOLA NATURAL | UN | 15,29 | 466,95 | 0,0327 | 77% |
| VENTOSA COMB./TRIPLICE FUNÇÃO MOD.C30, 1" DN25, ROSCA MACHO PN16 | PC | 5,27 | 140,40 | 0,0375 | 82% |
| CORPO ASP I-WOB2 PRETO UP3 IWOB200B3UP3 | PC | 8,57 | 380,44 | 0,0225 | 50% |
| REDUTOR RODA FIXO AT 50:1 UMC 10142-105A | PC | 33,58 | 1666,00 | 0,0202 | 50% |
| MOTOREDUTOR 1,5 CV 59RPM CD-1059 | PC | 10,34 | 549,50 | 0,0188 | 50% |

Fonte: Autoria própria.

Para aplicar o cálculo do estoque de segurança aos itens selecionados, foram organizadas todas as variáveis necessárias para a fórmula, incluindo o desvio padrão da demanda mensal de cada item, o tempo de reposição expresso no mesmo período da demanda e o nível de serviço, definido anteriormente, já convertido em seu respectivo valor z. Em seguida, para cada produto, multiplicou-se o valor de z pelo desvio padrão e pela raiz quadrada do lead time, resultando no estoque de segurança individual. A tabela 4.11 apresenta as variáveis utilizadas no cálculo e o estoque de segurança resultante. Dessa forma, vemos a grande influência do nível de serviço no cálculo do estoque de segurança.

Tabela 4.11 – Cálculo do estoque de segurança

| Material | Unidade de Medida | Desvio normalizado (z) | Desvio padrão da demanda (S_d) | Lead Time (LT) | Estoque de segurança (ES) |
|---|-------------------|------------------------|------------------------------------|----------------|---------------------------|
| TUBO DEFOFO PN60 IRR DN 200MM | BR | 0,6128 | 160,92 | 1,00 | 114,67 |
| TUBO PN40 PB IRR DN 50MM | BR | 0,0502 | 653,64 | 1,00 | 43,04 |
| TUBO PN40 PB IRR DN 35MM | PC | 0 | 840,60 | 1,00 | 0,00 |
| TUBO AGROP. PN60 IRR DN 32MM | BR | 0,7722 | 126,42 | 1,00 | 94,22 |
| PASTA LUBRIFICANTE 1000G | PC | 0 | 73,68 | 1,00 | 0,00 |
| PILOTO RED. E SUSTEN. DE PRESSÃO PC-X-A-P PLASTICO 3 VIAS C/ MOLA NATURAL | UN | 0,7388 | 13,80 | 0,67 | 11,63 |
| VENTOSA COMB./TRIPLICE FUNÇÃO MOD.C30, 1" DN25, ROSCA MACHO PN16 | PC | 0,9154 | 4,68 | 0,67 | 4,26 |
| CORPO ASP I-WOB2 PRETO UP3 IWOB200B3UP3 | PC | 0,2019 | 24,60 | 0,83 | 6,47 |
| REDUTOR RODA FIXO AT 50:1 UMC 10142-105A | PC | 0 | 2,52 | 1,33 | 0,00 |
| MOTOREDUTOR 1,5 CV 59RPM CD-1059 | PC | 0 | 0,48 | 0,60 | 0,00 |

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, a definição do lote de reposição seguiu uma abordagem baseada em custos. Dessa forma, o lote foi definido considerando: a demanda média observada, o custo de pedido e o custo de manutenção dos estoques, proporcional ao valor do item. A Tabela 4.12 apresenta as variáveis e a quantidade ótima a se pedir calculada. Esse procedimento mantém compras mais racionais, evita reabastecimentos excessivamente fracionados ou o risco sobrecarga de estoque.

Tabela 4.12 – Cálculo do lote econômico

| Material | Unidade de Medida | Demanda (D) | Custo de pedido (C_o) | Custo de manutenção (C_h) | Lote econômico de compra (LEC) |
|---|-------------------|-------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| TUBO DEFOFO PN60 IRR DN 200MM | BR | 160,92 | R\$ 147,46 | * | 98,29 |
| TUBO PN40 PB IRR DN 50MM | BR | 653,64 | R\$ 147,46 | * | 811,31 |
| TUBO PN40 PB IRR DN 35MM | PC | 840,6 | R\$ 147,46 | * | 1050,51 |
| TUBO AGROP. PN60 IRR DN 32MM | BR | 126,42 | R\$ 147,46 | * | 405,71 |
| PASTA LUBRIFICANTE 1000G | PC | 73,68 | R\$ 147,46 | * | 292,28 |
| PILOTO RED. E SUSTEN. DE PRESSÃO PC-X-A-P PLASTICO 3 VIAS C/ MOLA NATURAL | UN | 13,8 | R\$ 147,46 | * | 42,11 |
| VENTOSA COMB./TRIPLICE FUNÇÃO MOD.C30, 1" DN25, ROSCA MACHO PN16 | PC | 4,68 | R\$ 147,46 | * | 24,32 |
| CORPO ASP I-WOB2 PRETO UP3 IWOB200B3UP3 | PC | 24,6 | R\$ 147,46 | * | 88,85 |
| REDUTOR RODA FIXO AT 50:1 UMC 10142-105A | PC | 2,52 | R\$ 147,46 | * | 4,60 |
| MOTOREDUTOR 1,5 CV 59RPM CD-1059 | PC | 0,48 | R\$ 147,46 | * | 1,58 |

Nota: *Informações confidenciais.

Fonte: Autoria própria.

Com as informações obtidas previamente, foi possível calcular o ponto de pedido de cada item, ou seja, a decisão de quando pedir o LEC, conforme o nível de estoque. A obtenção do ponto de pedido (PP) foi, conforme a Equação 11, dado pela multiplicação da demanda (d) pelo *lead time* (LT), somada ao estoque de segurança (ES). A Tabela 4.13 apresenta o valor de cada variável e o resultado obtido para o ponto de pedido. Dessa forma, é possível evidenciar a influência do prazo de entrega longo resultante da distância da empresa de seus fornecedores. Exigindo um ponto de pedido elevado.

Tabela 4.13 – Cálculo do ponto de pedido

| Material | Unidade de Medida | Demanda (d) | Lead Time (LT) | Estoque de segurança (ES) | Ponto de pedido (PP) |
|---|-------------------|-------------|----------------|---------------------------|----------------------|
| TUBO DEFOFO PN60 IRR DN 200MM | BR | 160,92 | 1,00 | 114,67 | 275,59 |
| TUBO PN40 PB IRR DN 50MM | BR | 653,64 | 1,00 | 43,04 | 696,68 |
| TUBO PN40 PB IRR DN 35MM | PC | 840,6 | 1,00 | 0,00 | 840,60 |
| TUBO AGROP. PN60 IRR DN 32MM | BR | 126,42 | 1,00 | 94,22 | 220,64 |
| PASTA LUBRIFICANTE 1000G | PC | 73,68 | 1,00 | 0,00 | 73,68 |
| PILOTO RED. E SUSTEN. DE PRESSÃO PC-X-A-P PLASTICO 3 VIAS C/ MOLA NATURAL | UN | 13,8 | 0,67 | 11,63 | 20,83 |
| VENTOSA COMB./TRIPLICE FUNÇÃO MOD.C30, 1" DN25, ROSCA MACHO PN16 | PC | 4,68 | 0,67 | 4,26 | 7,38 |
| CORPO ASP I-WOB2 PRETO UP3 IWOB200B3UP3 | PC | 24,6 | 0,83 | 6,47 | 26,97 |
| REDUTOR RODA FIXO AT 50:1 UMC 10142-105A | PC | 2,52 | 1,33 | 0,00 | 3,36 |
| MOTOREDUTOR 1,5 CV 59RPM CD-1059 | PC | 0,48 | 0,60 | 0,00 | 0,29 |

Fonte: Autoria própria.

Por fim, os novos estoques médios foram calculados, com base nos valores de LEC e estoque de segurança propostos por este estudo de caso. Dessa forma, é possível comparar a solução com valores praticados atualmente na empresa. Sendo assim, é possível dimensionar a variação no custo de manutenção de estoques para cada item, e avaliar os ganhos da proposta elaborada para a empresa.

A Tabela 4.14 apresenta uma comparação entre o estoque médio atual e o estoque médio proposto para os itens analisados, evidenciando como a aplicação dos métodos de decisão de pedidos altera o nível de estoque necessário para cada material.

Tabela 4.14 – Variação no estoque médio

| Material | Unidade de Medida | Estoque médio atual | Estoque médio proposto | Variação % |
|---|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| TUBO DEFOFO PN60 IRR DN 200MM | BR | 75,91 | 163,82 | 116% |
| TUBO PN40 PB IRR DN 50MM | BR | 547,18 | 448,70 | -18% |
| TUBO PN40 PB IRR DN 35MM | PC | 339,14 | 525,25 | 55% |
| TUBO AGROP. PN60 IRR DN 32MM | BR | 367,27 | 297,07 | -19% |
| PASTA LUBRIFICANTE 1000G | PC | 81,64 | 146,14 | 79% |
| PILOTO RED. E SUSTEN. DE PRESSÃO PC-X-A-P PLASTICO 3 VIAS C/ MOLA NATURAL | UN | 32,91 | 32,68 | -1% |
| VENTOSA COMB./TRIPLICE FUNÇÃO MOD.C30, 1" DN25, ROSCA MACHO PN16 | PC | 105,27 | 16,43 | -84% |
| CORPO ASP I-WOB2 PRETO UP3 IWOB200B3UP3 | PC | 168,18 | 50,89 | -70% |
| REDUTOR RODA FIXO AT 50:1 UMC 10142-105A | PC | 22,45 | 2,30 | -90% |
| MOTOREDUTOR 1,5 CV 59RPM CD-1059 | PC | 6,82 | 0,79 | -88% |

Fonte: Autoria própria.

Observa-se que alguns itens apresentam aumento significativo, como o Tubo Defofo PN60 DN200mm (+116%) e a Pasta Lubrificante 1000g (+79%), indicando que, nas condições atuais, o estoque mantido está abaixo do necessário para atender à variabilidade da demanda e ao nível de serviço desejado. Por outro lado, diversos itens apresentam reduções expressivas no estoque médio, como a Ventosa Tríplice (-84%), o Corpo Aspersor IWOB2 (-70%) e o Motoredutor 1,5 CV (-88%). Esses materiais, apesar de sua grande relevância, demonstram consumo mais baixo ou irregular do que o adotado empiricamente pela empresa, o que tem gerado excesso de capital imobilizado. A diminuição proposta reflete maior adequação entre estoque e demanda real. Também há casos em que o valor proposto é muito próximo do atual, como o Piloto Redutor (-1%), indicando que o nível de estoque já operava em equilíbrio. Em conjunto, os resultados demonstram que a aplicação estruturada dos

métodos de reposição, aliada ao cálculo do estoque de segurança, permite ajustar o estoque à realidade operacional, reduzindo desperdícios, evitando rupturas e promovendo maior eficiência financeira.

Para orientar a implementação para os itens de demanda regular, recomenda-se que os itens classe A e B superior, por sua maior relevância financeira e importância operacional, sejam controlados por revisão contínua. Já os itens classe B inferior e C, de menor prioridade, podem ser gerenciados por revisão periódica. A diferenciação entre as políticas assegura um uso mais eficiente dos recursos e concentra o esforço de controle onde ele gera maior impacto.

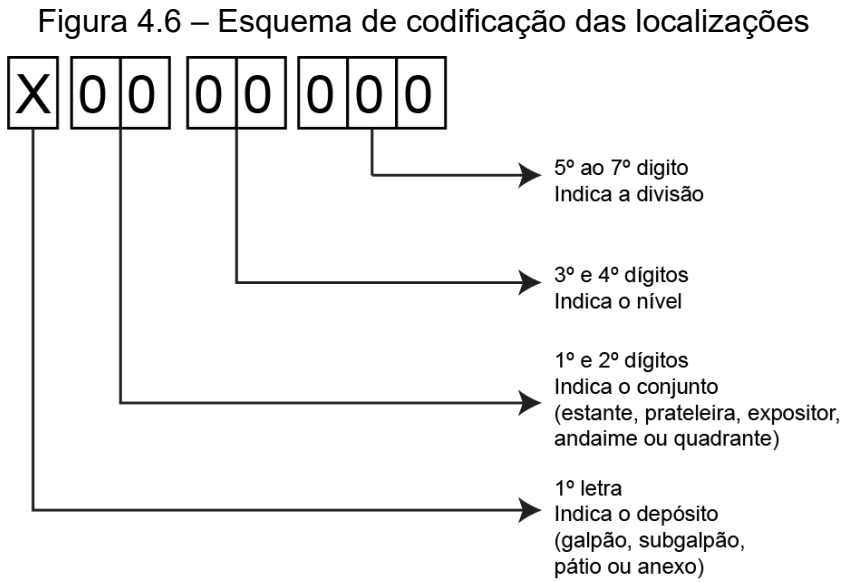
4.6 ESQUEMATIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE LOCALIZAÇÃO

O desenvolvimento do esquema de localização teve como objetivo estabelecer uma padronização para identificação e endereçamento dos materiais estocados, facilitando a organização, a busca e o controle dos itens no almoxarifado. A etapa inicial consistiu no planejamento do mapeamento das áreas de armazenamento, considerando o layout físico existente e a disposição dos depósitos e estruturas de estocagem.

Com base nesse levantamento, uma estrutura hierárquica foi definida, composta pelos níveis de depósito, conjunto, nível e divisão, permitindo identificar de forma precisa o endereço de cada material. Desse modo, foi possível codificar cada unidade de armazenamento com letras e números distintos, criando um endereço único para cada posição no estoque. A Figura 4.6 esquematiza a regra de codificação adotada para todo estoque para empresa.

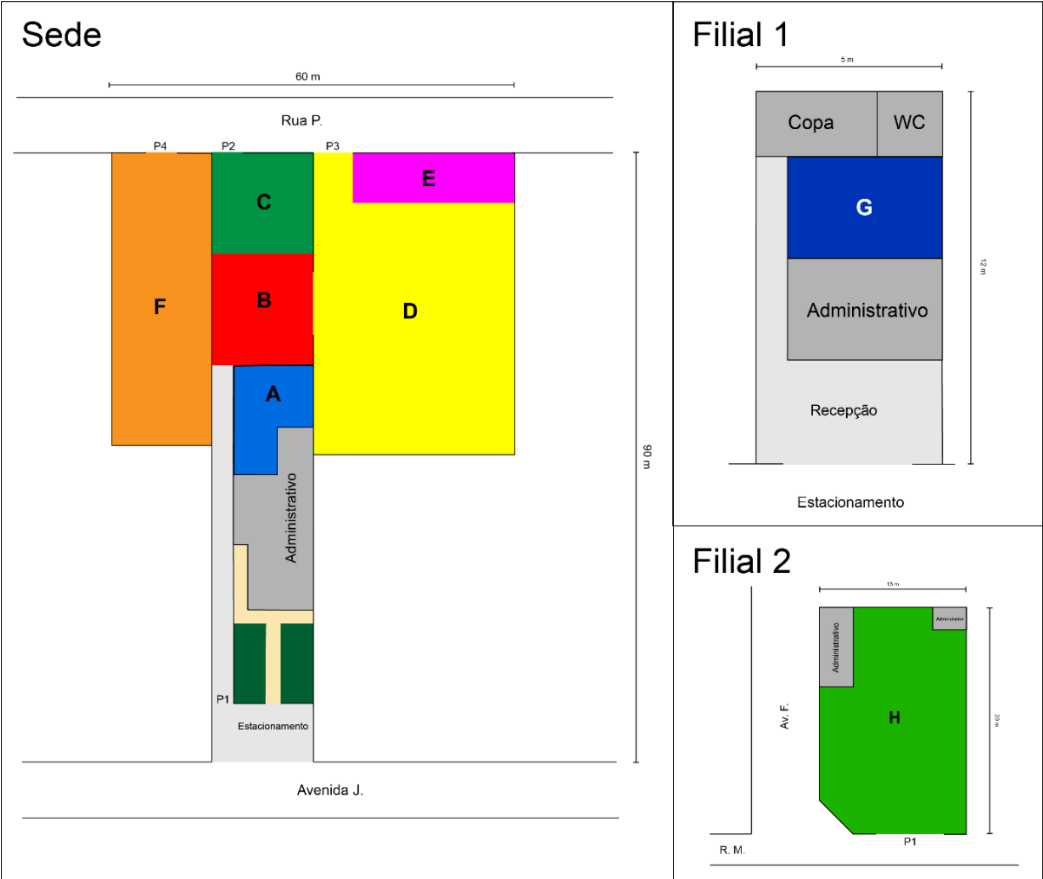
A definição do esquema de localização partiu do levantamento detalhado das áreas de armazenagem existentes na empresa, abrangendo a sede e as duas filiais. A Figura 4.7 apresenta a planta geral das três unidades, destacando as áreas destinadas aos estoques e os respectivos depósitos identificados por letras, conforme o padrão adotado. Na sequência, a Figura 4.8 ilustra a planta do Depósito A, onde é possível observar a disposição dos conjuntos de estocagem numerados que compõem a estrutura física do local, correspondendo a estantes e prateleiras. Paralelamente, a Figura 4.9 ilustra a planta do Depósito B, um pátio que foi subdividido em áreas menores arbitrárias para facilitar a localização dos itens. Por fim, a Figura

4.10 mostra um exemplo detalhado do Conjunto 1 do Depósito A, com a identificação visual dos níveis e divisões da estante, que servirão como base para a codificação e o registro das localizações dos itens na planilha de controle.



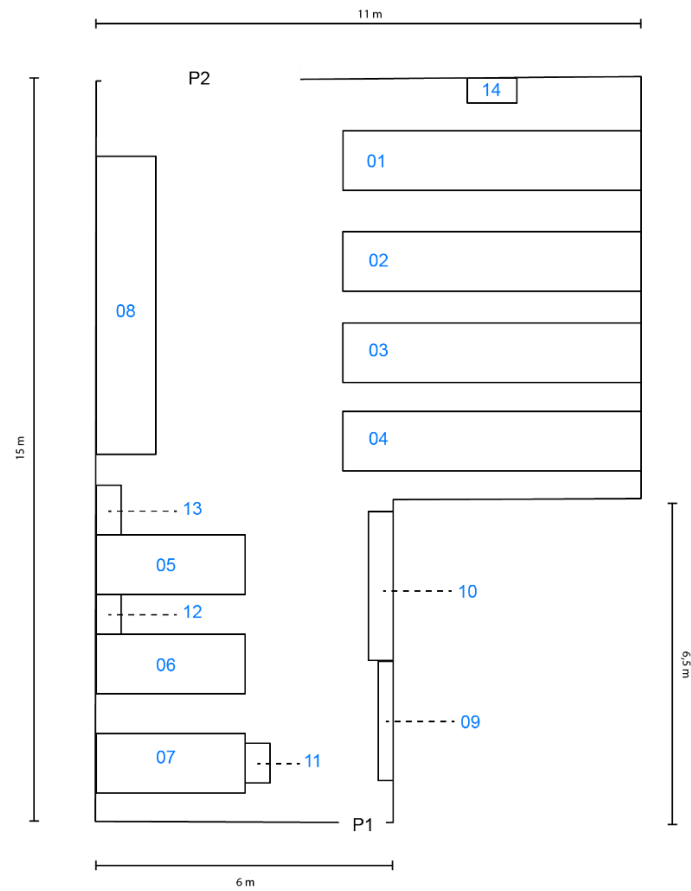
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.7 – Plantas da sede e das filiais com identificação dos depósitos



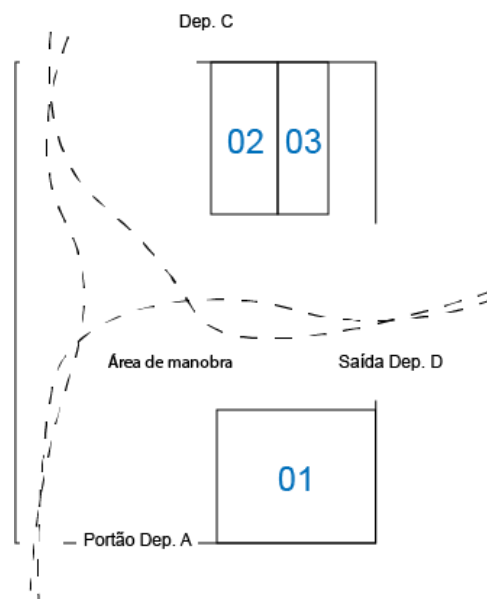
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.8 – *Layout* do Depósito A com identificação dos conjuntos



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.9 – Layout do Depósito B com identificação dos conjuntos



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.10 – Conjunto 1 do Depósito A com níveis e divisões numerados

| | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|
| 05 | 001 | 002 | 003 | 004 |
| 04 | 001 | 002 | 003 | 004 |
| 03 | 001 | 002 | 003 | 004 |
| 02 | 001 | 002 | 003 | 004 |
| 01 | 001 | 002 | 003 | 004 |
| 00 | 001 | 002 | 003 | 004 |

Fonte: Autoria própria.

Na sequência, procedeu-se à identificação física das áreas, com a fixação de adesivos e placas nas estruturas de armazenagem, conforme a Figura 4.11. Cada ponto recebeu um código alfanumérico padronizado, conforme o esquema definido, garantindo a correspondência entre o ambiente físico e o controle digital. Esses códigos também foram integrados a um sistema de consulta rápida por meio de *QR Codes*, que direcionam o usuário a um aplicativo, que será abordado na Seção 4.8. Nessa ferramenta, os dados são filtrados automaticamente para exibir apenas os itens localizados na área ou conjunto correspondente ao *QR Code*, permitindo acesso ágil às informações e maior confiabilidade nos registros.

Figura 4.11 – Placas e adesivos fixados no estoque



Fonte: Autoria própria.

O cadastro das localizações iniciou-se pelos itens de Classe A, considerados prioritários por sua relevância operacional e valor agregado. As classes B e C serão incorporadas de forma gradativa em etapas futuras, conforme previsto no plano de

ação. Essa abordagem permite garantir a consistência dos dados e o uso eficiente dos recursos disponíveis, ao mesmo tempo em que estabelece uma base sólida para expansão do sistema de localização a todo o estoque.

Por fim, o novo esquema de endereçamento representa um avanço significativo na gestão dos estoques da empresa, proporcionando rastreabilidade, redução do tempo de busca e suporte à acurácia das informações. A integração entre o ambiente físico e o controle digital consolida uma prática moderna de armazenagem, alinhada às recomendações de Viana (2006) sobre padronização, seletividade e eficiência operacional.

4.7 PLANEJAMENTO DO *LAYOUT* DO ESTOQUE

O primeiro passo para a organização do *layout* consistiu no tratamento das informações de movimentação registradas pelo sistema da empresa. Durante essa etapa, foi necessário corrigir inconsistências nas unidades de medida cadastradas, uma vez que diversos materiais estavam registrados em unidades que não correspondiam à forma real como eram movimentados ou comercializados. Esse foi o caso, por exemplo, de cabos e tubos lançados em metros, embora usualmente fossem manipulados e vendidos em carretéis ou bobinas completas; ou ainda da areia de filtragem, cadastrada em quilogramas, mas adquirida e movimentada em sacos de maior capacidade. A padronização das unidades de medida permitiu consolidar uma base de dados adequada para as análises subsequentes, evitando distorções e garantindo maior confiabilidade na avaliação da popularidade dos itens.

Com a base devidamente tratada, elaborou-se a classificação por popularidade aplicada ao estoque da sede, conforme metodologia apresentada na revisão bibliográfica. Além das tradicionais classes P, Q e R, uma classe adicional de itens S foram definidos como aqueles sem qualquer movimentação registrada nos últimos 12 meses, enquanto os demais foram ordenados por frequência de saída. A Tabela 4.15 apresenta uma amostra da classificação PQR realizada, com os volumes de movimentação de cada material, o percentual de movimentação do item em relação a movimentação total e o percentual acumulado. A Tabela 4.16 sintetiza o número de SKUs atribuído a cada classe, suas representações percentuais no número total de SKUs e no volume total de movimentações do estoque.

Tabela 4.15 – Tabela da classificação por popularidade

| Rank | Material | Volume movimentado | % do volume movimentado | % do volume movimentado acumulado |
|------|---|--------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| 1 | CONEXÃO UNIÃO RETA 16MM | * | 6,83098% | 0,38668% |
| 2 | CHULA P/ CONECTOR INICIAL (RIVULIS) | * | 5,34935% | 0,68949% |
| 3 | FINAL DE LINHA PARA TUBO PEBD 16 MM TIPO OITO, 500 UNID. IRRIGA | * | 2,74755% | 0,84501% |
| 4 | CONECTOR INI PEBD 16 DI 13,8 RANH VERD P/IRRIGA | * | 2,70613% | 0,99820% |
| 5 | TUBO PN40 PB IRR DN 35MM | * | 2,52461% | 1,14111% |
| 6 | FAST RING 16MM | * | 2,11662% | 1,26092% |
| 7 | AZUD FIT PLUS CONEXÃO UNIÃO RETA 17MM | * | 2,06198% | 1,37764% |
| 8 | FINAL DE LINHA TIPO OITO 16 MM | * | 1,96593% | 1,48893% |
| 9 | TUBO PN40 PB IRR DN 50MM | * | 1,93932% | 1,59871% |
| 10 | FIT ENLACE RECTO PARA CINTA 16.17 | * | 1,87834% | 1,70503% |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 2195 | TUBO PELBD 16MM 1635 PN30 | * | 0,00018% | 99,99998% |
| 2196 | LUVA ROSCA 1/2" | * | 0,00018% | 99,99999% |
| 2197 | PRC SEXT 5/16" UNF GLV (1251230) | * | 0,00018% | 100,00000% |

Fonte: Autoria própria.

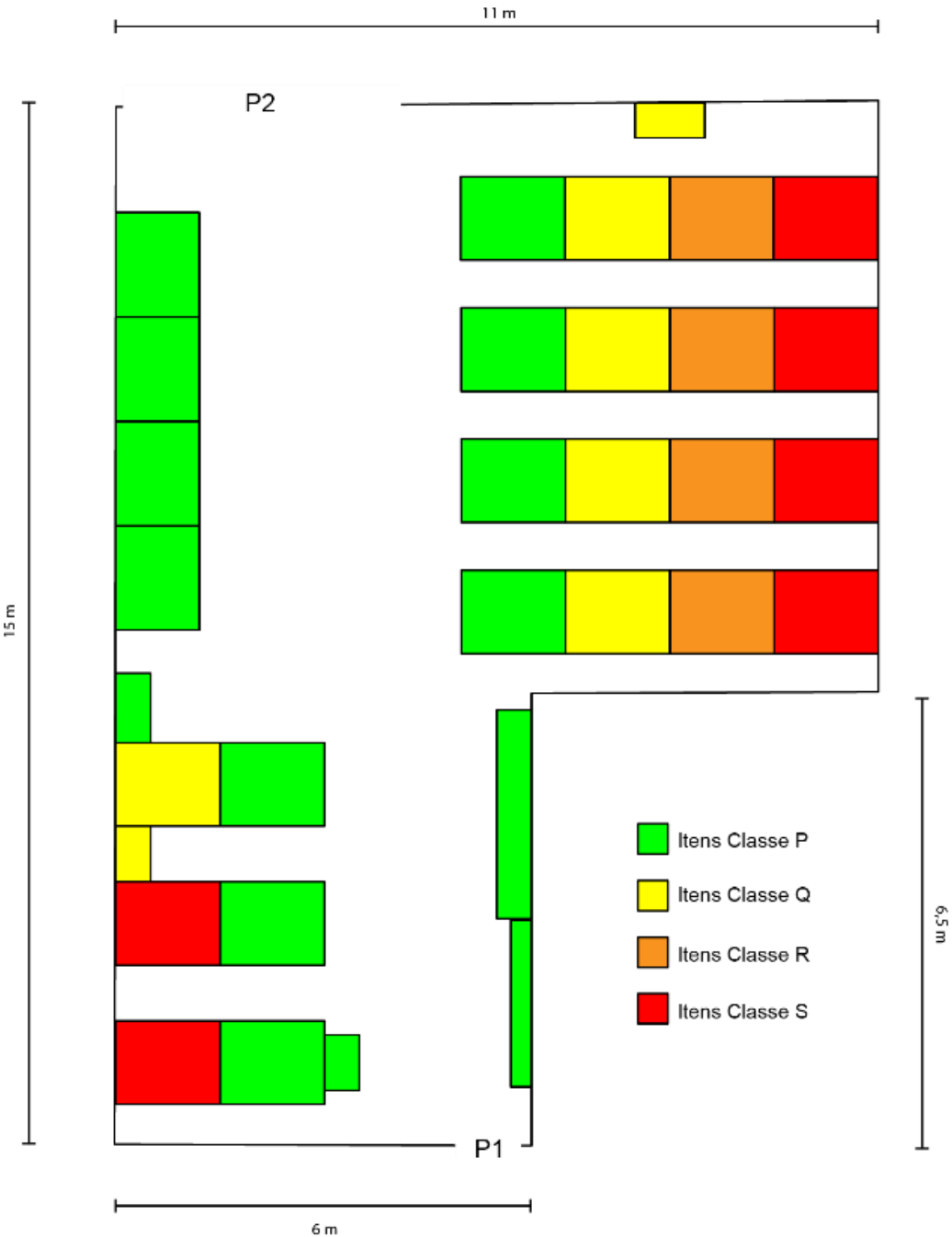
Tabela 4.16 – Resumo das classes de popularidade

| Classe | Número de SKUs | % sobre a quantidade de SKUs da Curva PQR | % de volume de movimentação | % da quantidade de itens em estoque atual |
|--------|----------------|---|-----------------------------|---|
| P | 110 | 5,01% | 80,84% | 48,58% |
| Q | 220 | 10,01% | 13,48% | 21,71% |
| R | 1867 | 84,98% | 5,68% | 12,04% |
| S | 2016 | - | - | 17,66% |

Fonte: Autoria própria.

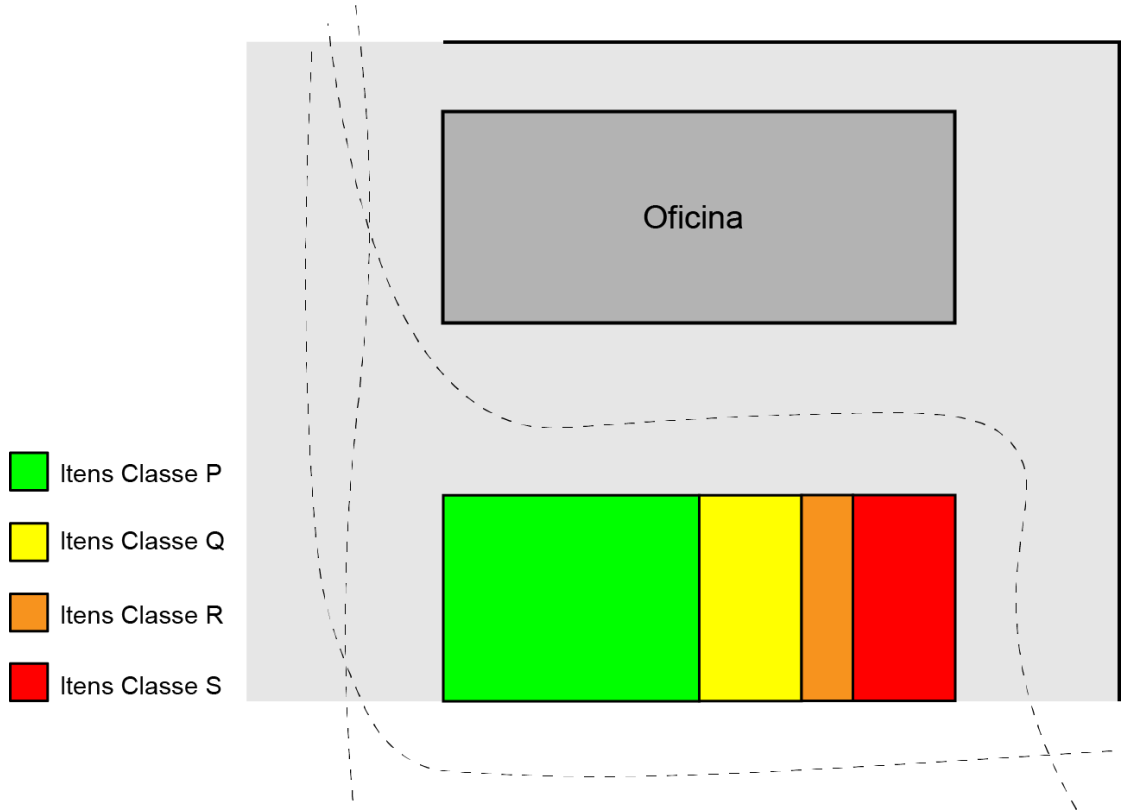
Com os resultados da classificação PQRS, foi possível propor uma otimização de arranjo físico para os depósitos da sede, priorizando a redução de deslocamentos, o aumento da agilidade no atendimento e a melhoria da eficiência operacional. Para apoiar essa ação, as Figuras 4.12, 4.13, 4.14, e 4.15 apresentam mapas contendo as propostas de redistribuição dos itens segundo a classificação PQRS.

Figura 4.12 – Proposta de arranjo para o depósito A



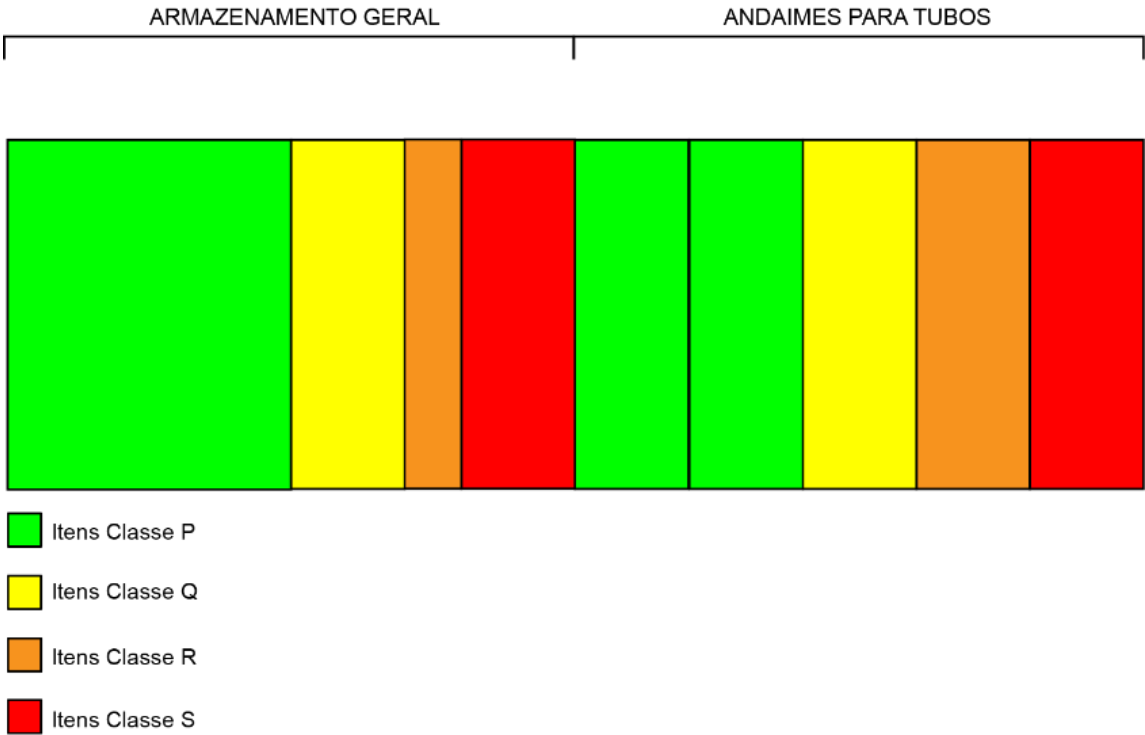
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.13 – Proposta de arranjo para depósito C



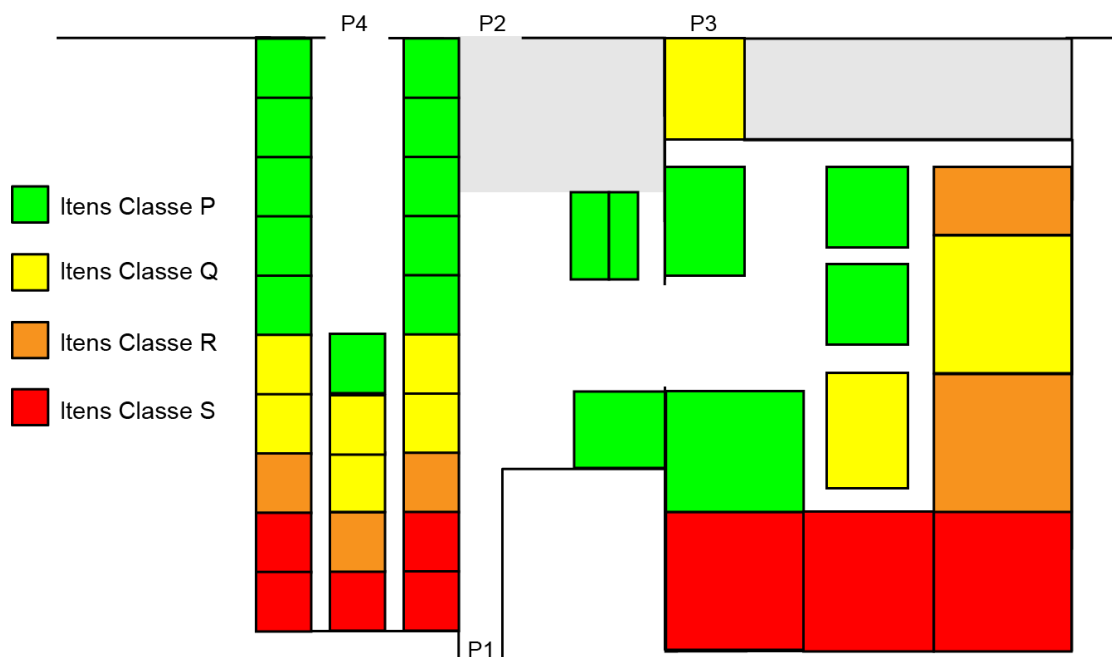
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.14 – Proposta de arranjo para o depósito E



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.15 – Proposta de arranjo para depósitos externos



Fonte: Autoria própria.

Assim, os itens de classe P, de maior popularidade, foram posicionados próximos aos portões e às áreas de maior fluxo, facilitando a retirada rápida desses materiais. Os itens de classe Q foram alocados em regiões intermediárias, enquanto os itens de classe R, de baixa movimentação, foram posicionados em áreas mais afastadas. Já os itens de classe S foram direcionados às áreas e conjuntos mais afastados, podendo ser objeto de análise futura quanto à necessidade de permanência no estoque. Como alternativa, propõe-se o uso destes materiais em novos projetos, a venda ativa como peças de reposição para clientes, e remoção desses itens dos depósitos da sede para depósitos mais baratos, como barracões em propriedades rurais, que apresentem custos de manutenção menores. Além do benefício econômico, a remoção destes itens dos estoques físicos, aumenta o espaço disponível para a movimentação dos materiais e absorver variações maiores nos pedidos de peças advindos de grandes projetos.

Por conta da ausência de dados relativos ao peso e ao volume dos materiais, foi adotada a premissa de que os diferentes SKUs apresentam características físicas similares. Dessa forma, proporção das áreas destinadas a cada classe foi definida com base na participação relativa das classes no estoque atual e planejada considerando os três tipos de depósitos existentes na empresa: depósitos fechados,

depósitos cobertos e depósitos abertos. Os depósitos fechados, correspondentes às áreas identificadas pelas letras A, G e H, abrigam itens de menor dimensão e maior sensibilidade, como conexões, aspersores, bocais, colas, preparadores químicos e componentes eletrônicos. Já os depósitos cobertos, como C e E, são destinados a materiais moderadamente resistentes às intempéries, mas que ainda requerem proteção contra radiação solar direta, incluindo tubos de PVC, bombas e equipamentos eletromecânicos. Por fim, os depósitos abertos, que englobam os pátios B, D e F, concentram materiais mais robustos ou com menor tempo de permanência no estoque, como tubulações de aço inox, mangueiras de gotejamento e filtros.

Como etapa complementar e configurando um *MVP* do projeto de melhoria de arranjo físico, realizou-se um inventário completo da Filial 1, que até então havia sido realizado apenas no inventário anual e não recebia atualizações há mais de 10 meses. Por se tratar do menor dos estoques (Figura 4.16) e por funcionar como um entreposto logístico voltado a demandas pontuais e emergenciais em sua região atendimento, a Filial 1 foi escolhida como local ideal para a primeira aplicação prática das melhorias propostas.

Figura 4.16 – Foto do depósito da Filial 1



Fonte: Autoria própria.

A Tabela 4.17 apresenta parte da listagem e contagem de 223 SKUs, sendo 19 desses itens não cadastrados nos sistemas da sede, exigindo maior investigação e cadastro, se necessário. Além disso, durante a realização do inventário, parte dos itens foi separada e encaminhada aos estoques da sede (Figura 4.17) e outros itens, como peças com defeito recolhidas, materiais publicitários e manuais obsoletos foram enviados para descarte (Figura 4.18). Essa ação abriu espaço útil para armazenamento de peças demandadas e contribuiu para a limpeza do local.

Tabela 4.17 – Inventário do estoque da Filial 1

| Material | Unidade de medida | Quantidade |
|--|-------------------|------------|
| ESPIGÃO 3/4" NPTM X 3/4" RANH FTA3M3B SENNINGER | PC | 280 |
| UNIÃO 16 X 13/14MM ANEL GARRA | PC | 200 |
| UNIÃO 16MM PORCA P/ FITA | PC | 190 |
| COTOVELO SIMPLES 1/2" X ESPIGÃO HSBE 050 | PC | 85 |
| ANEL DE BORRACHA 7MM P/ INICIO 13 E 16MM | PC | 75 |
| UNIÃO 20MM RANHURADA P/ IRRIG. | PC | 67 |
| CONECTOR FINAL C/ ANEL AZUL | PC | 52 |
| COTOVELO PLÁSTICO 8MM X 1/8" | PC | 42 |
| COTOVELO SIMPLES 3/4" X ESPIGÃO HSBE 075 | PC | 38 |
| ABRAC TIPO MOLA 25 X 12MM PRETO ATMS 1225 | PC | 32 |
| ... | ... | ... |
| UNIÃO SOLD. 75MM CB | PC | 1 |
| DRIPNET PC AS 16250 1,6L/H 0,70M - 800M | PC | 1 |
| MANGUEIRA BORRACHA PRETA TRAMA NYLON 3/4" (300 PSI) | PC | 0,2 |

Fonte: Autoria própria.

Figura 4.17 – Materiais para envio à sede



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.18 – Materiais para descarte



Fonte: Autoria própria.

Após o inventário, os itens foram classificados seguindo a Curva PQRS e suas posições foram reorganizadas de acordo com sua popularidade. As Figura 4.19 e 4.20 exemplificam como os itens com maiores frequências de movimentação foram posicionados com maior proximidade à saída do depósito, visando a redução do tempo de separação e carregamento de pedidos.

Figura 4.19 – Posicionamento de peças



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.20 – Posicionamento de tubos e luvas



Fonte: Autoria própria.

Além disso, foram instaladas cestas e gavetas plásticas para armazenar materiais pequenos, substituindo o uso de sacolas abertas e caixas, aumentando a visibilidade, a organização e a agilidade do processo de *picking*. Cada compartimento,

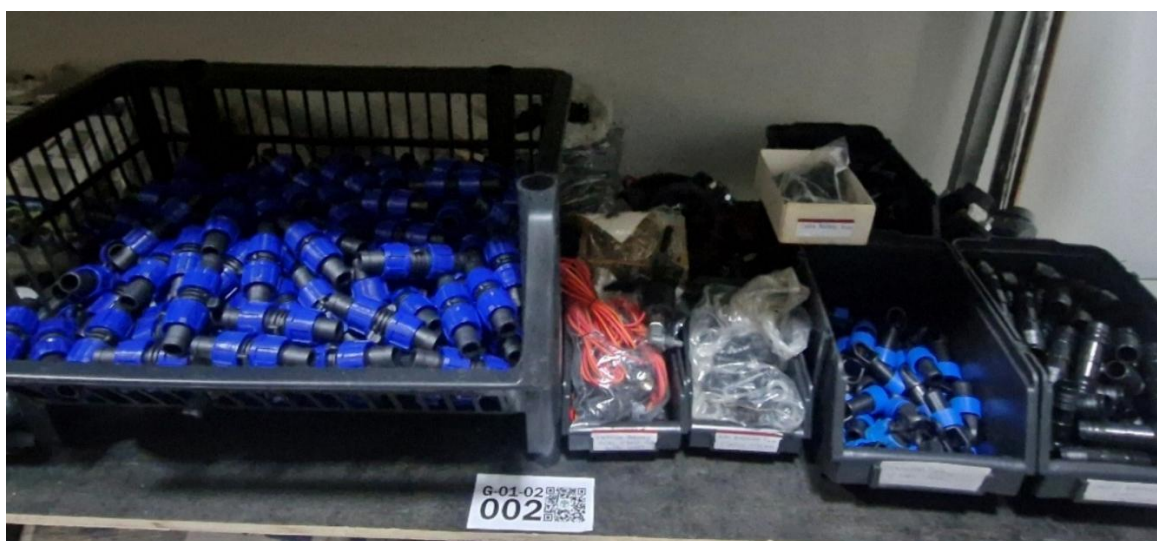
cujos itens não apresentavam etiqueta ou embalagem própria, também foi identificado com o nome do item por meio de fichas. A Figura 4.21 apresenta a situação inicial dos estoques, com os itens dispostos em sacolas plásticas e sem identificação. Já a Figura 4.22 apresenta as mudanças implementadas, com os compartimentos adicionados ao depósito, e devidamente identificados. Os itens foram agrupados em cada nível e divisão por família ou características físicas, como peso e volume, como demonstrado na Figura 4.23.

Figura 4.21 – Armazenamento em sacolas e caixas de papelão



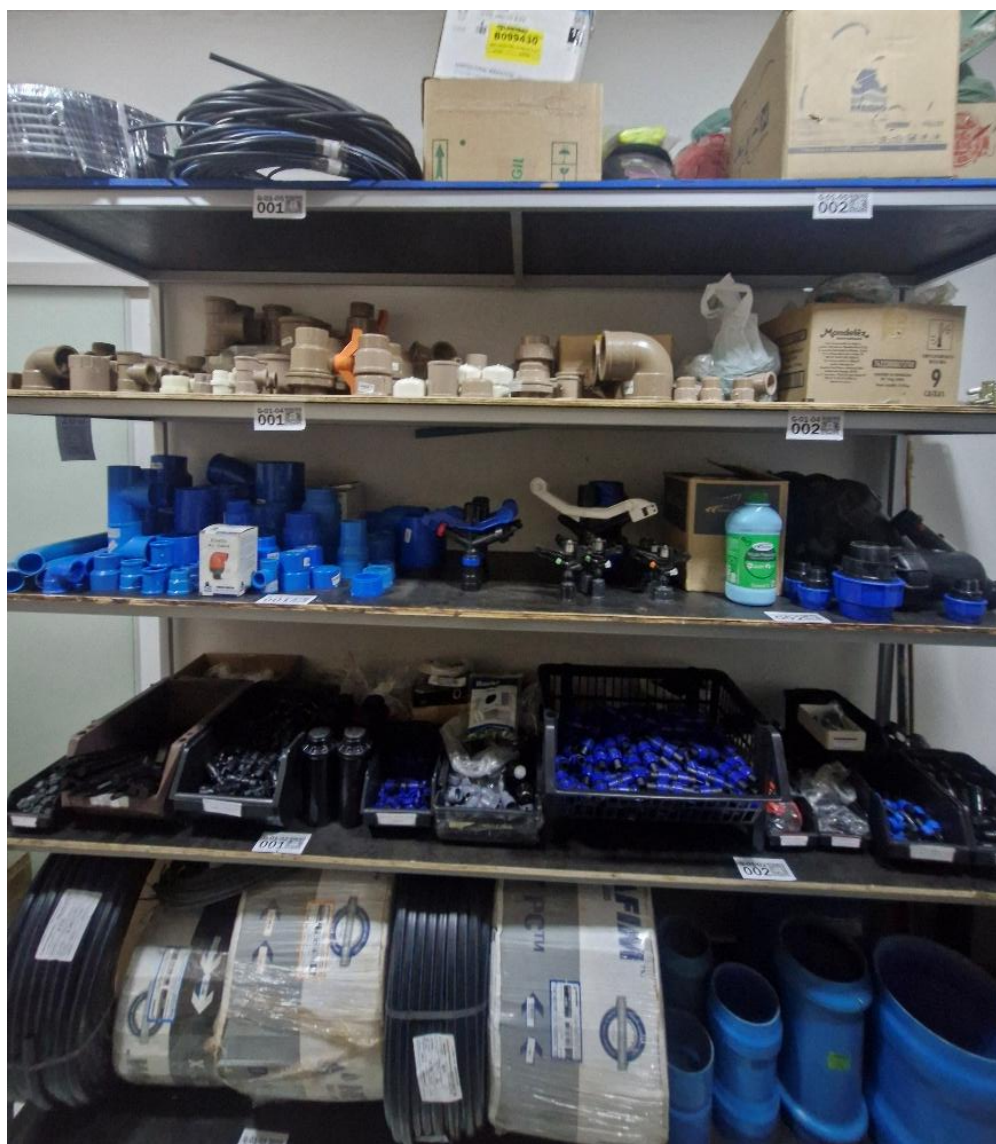
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.22 – Armazenamento em cestos e gavetas identificadas



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.23 – Separação em níveis por famílias e características físicas



Fonte: Autoria própria.

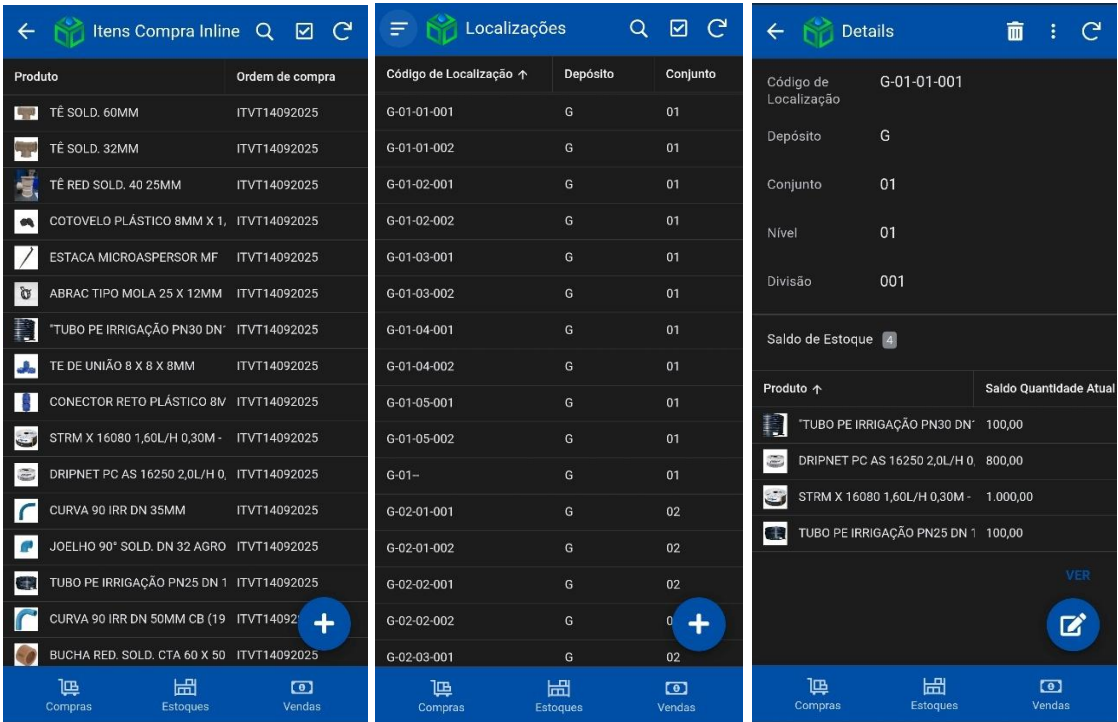
Todos os itens foram cadastrados com suas respectivas quantidades e localizações no aplicativo de estoques discutido na Seção 4.8. Complementarmente, as prateleiras receberam etiquetas com o esquema de localização padronizado definido na Seção 4.5, contendo a identificação do depósito, conjunto, nível e divisão. Cada etiqueta, conforme mostra a Figura 2.24, também possui um *QR code* que direciona o usuário para o aplicativo desenvolvido, apresentando uma vista filtrada para exibir apenas os itens presentes naquele endereço específico, como apresentado na Figura 4.25, facilitando a navegação e a consulta pelas equipes.

Figura 4.24 – Fixação de adesivos de endereçamento na filial 1



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.25 – Cadastro dos itens e posições no aplicativo



Fonte: Autoria própria.

A Figura 4.26 apresenta o depósito da filial após a implementação das alterações no posicionamento de itens, a instalação de placas adesivos do sistema de endereçamento de posições e a identificação de itens. A combinação entre *layout* orientado pela popularidade dos itens e endereçamento padronizado aumenta a rastreabilidade, melhora a qualidade das informações, reduz o tempo de busca, facilita

o treinamento de novos colaboradores e assegura maior confiabilidade nas operações de movimentação.

Figura 4.26 – Depósito da Filial 1 alterado



Fonte: Autoria própria.

A iniciativa de posicionamento de itens aplicada ao depósito da Filial 1 apresenta benefícios limitados, em relação à diminuição do tempo de coleta e ao encurtamento de distância, por conta de seu tamanho reduzido. Porém, servirá como *benchmark* para a sede e para a Filial 2, que terão ganhos de eficiência significativos por suas maiores dimensões, caso as iniciativas de arranjo físico sejam replicadas para seus depósitos, conforme previsto no plano de ação deste trabalho.

4.8 DESENVOLVIMENTO DE UM APLICATIVO DE ESTOQUES

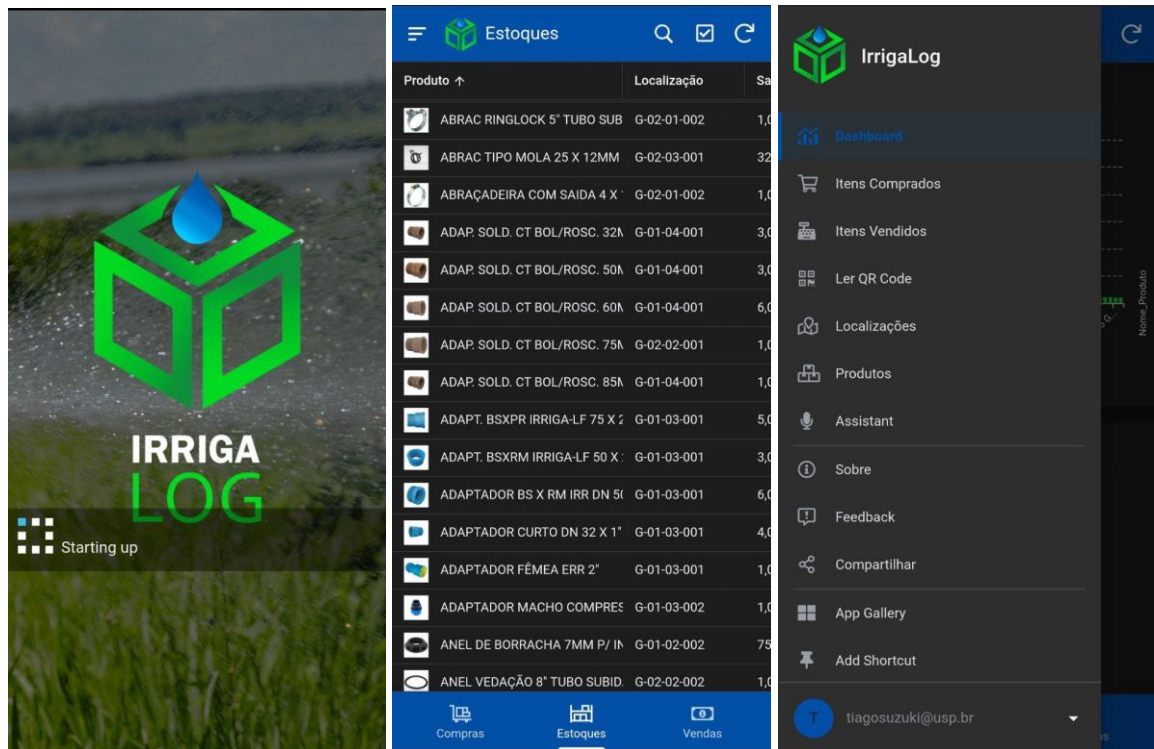
O aplicativo foi desenvolvido na plataforma *Google AppSheet*, integrada a um banco de dados estruturado no *Google Sheets*, permitindo operação tanto pelo computador quanto pelo celular. A solução foi construída com o objetivo de oferecer

um sistema simples de utilizar, mas capaz de registrar, controlar e analisar o estoque de forma confiável e organizada. Além disso, o sistema apresenta sinergia com as outras frentes do trabalho, fornecendo apoio à tomada de decisão de pedidos, priorização de itens baseadas no faturamento e um sistema de localização dos produtos nos depósitos. A seguir, são apresentadas uma visão geral do aplicativo e as principais etapas que compõem sua estrutura.

A interface do aplicativo, nomeado IrrigaLog, foi organizada para refletir o fluxo operacional da empresa, facilitando a navegação do usuário através de menus intuitivos. As operações diárias concentram-se em três telas principais: 'Compras', utilizada para o registro de entradas de notas fiscais e recebimento de pedidos; 'Vendas', destinada à baixa de materiais e separação de pedidos; e 'Estoque', que permite a consulta rápida dos saldos por item. Além destas, o menu principal disponibiliza funcionalidades de apoio e controle: as telas de 'Itens Comprados' e 'Itens Vendidos' servem como histórico para conferência e rastreabilidade das entradas e saídas de materiais; os cadastros de 'Produtos' e 'Localizações' permitem a gestão dos dados mestres e a consulta de valores filtrados; a ferramenta 'Leitor de QR Code' agiliza a identificação física dos materiais por meio escaneamento das etiquetas de endereço de estoque; a tela 'Clientes' permite o registro e edição de dados cadastrais, como CNPJ, endereço, coordenadas das propriedades rurais e informações de contato, além do histórico de compras do cliente e uma *tag* de classificação; e, por fim, o 'Dashboard' centraliza os indicadores de desempenho para a gestão estratégica. A Figura 4.27 mostra as telas de interesse, incluindo a tela de carregamento, a tela primária e o menu.

Inicialmente, foi elaborada a base de dados em *Google Sheets* que sustenta o aplicativo, apresentada na Figura 4.28. Apesar de utilizar planilhas em uma pasta, o sistema funciona de forma organizada e estruturada, com tabelas específicas para cadastros de produtos e localizações, além das movimentações de entrada e saída. As localizações foram padronizadas em uma planilha em quatro níveis: Depósito, Conjunto, Nível e Divisão. Com o preenchimento do campo de cada nível, uma coluna virtual concatena e gera um endereço único para cada posição física do armazém. Também foi criada uma tabela de estoques, responsável por relacionar cada produto às posições onde está armazenado, possibilitando controlar o mesmo item em diferentes locais.

Figura 4.27 – Telas principais do aplicativo



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.28 – Banco de dados do aplicativo

| Database | | | | | | |
|---|------------|--|----------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| Arquivo Editar Ver Inserir Formatar Dados Ferramentas Extensões Ajuda | | | | | | |
| Menu | | | | | | |
| ID_Produto | | | | | | |
| A1 | A | B | C | D | E | F |
| 1 | ID_Produto | Nome_Produto | Unidade_Medida | Foto | Estoque_Minimo | Lote_Economico |
| 2 | 2a95d8de | TUBO GOTEJADOR NAANPC 19/35 2,2L/H 0,55M 500M | PC | Produtos/2a95d8de Foto. 154209.jpg | 50 | 1000 |
| 3 | b4ac444e | CONJUNTO DE FILTRAGEM DE AREA 5 X 48 F2300 - AUTOMATIC | PC | Produtos/b4ac444e Foto. 221401.png | 10 | 1000 |
| 4 | 4f0175fb | TUBO GOTEJADOR TOPDRIP AS 17/25 2,2L/H 0,70M 600M | M | Produtos/4f0175fb Foto. 180201.jpg | 100 | 1000 |
| 5 | c8f4159f | TUBO DEFOFO PN80 IRR DN 350MM | PC | Produtos/c8f4159f Foto. 180541.jpg | 70 | 1000 |
| 6 | 1c1c37ae | TUBO DEFOFO PN80 DN250 JEI | BR | Produtos/1c1c37ae Foto. 180642.jpg | 95 | 1000 |
| 7 | a2bc4d03 | TUBO DEFOFO PN80 IRR DN 300MM | PC | Produtos/a2bc4d03 Foto. 181353.jpg | 110 | 1000 |
| 8 | 5082af47 | TUBO AGROBIAIX AP PN145 DN250 | BR | Produtos/5082af47 Foto. 181855.jpg | 140 | 1000 |
| 9 | 986a5d12 | TUBO DEFOFO PN80 IRR DN 200MM | BR | Produtos/986a5d12 Foto. 182118.jpg | 155 | 1000 |
| 10 | 9f79c45f | CONJUNTO DE FILTRAGEM DE AREA 4 X 48 F2300 - AUTOMATIC | PC | Produtos/9f79c45f Foto. 184125.png | 170 | 1000 |
| 11 | 9758b3a | TUBO GOTEJADOR NAANPC 16/25 2,2L/H 0,70M 500M | M | Produtos/9758b3a Foto. 184545.jpg | 185 | 1000 |
| 12 | 14582da0 | TUBO DEFOFO PN80 IRR DN 250MM | BR | Produtos/14582da0 Foto. 184933.jpg | 200 | 1000 |
| 13 | 2a5d2e00 | TUBO DEFOFO PN80 IRR DN 200MM | BR | Produtos/2a5d2e00 Foto. 185228.jpg | 215 | 1000 |
| 14 | e7b5a95 | TUBO PN40 LF JS DN 125 6M | BR | Produtos/e7b5a95 Foto. 185708.jpg | 230 | 1000 |
| 15 | cae91114 | TUBO DEFOFO PN80 DN150 JEI | BR | Produtos/cae91114 Foto. 190711.jpg | 245 | 1000 |
| 16 | 627a91a9 | TUBO GOTEJADOR NAANPC-18/30 2,2L/H 0,65M 500M | M | Produtos/627a91a9 Foto. 191424.jpg | 260 | 1000 |
| 17 | 6ad94448 | TUBO PN40 LF JS DN 100 6M | BR | Produtos/6ad94448 Foto. 191720.jpg | 275 | 1000 |
| 18 | 084d0356 | TUBO PN40 PB IRR DN 100MM | BR | Produtos/084d0356 Foto. 191944.jpg | 290 | 1000 |
| 19 | e8dc924e | CONJUNTO DE FILTRAGEM DE AREA 7 X 48 F2300 - AUTOMATIC | PC | Produtos/e8dc924e Foto. 192749.png | 305 | 1000 |
| 20 | 7ed20023 | TUBO PN40 LF JS DN 150 6M | BR | Produtos/7ed20023 Foto. 193100.jpg | 320 | 1000 |
| 21 | d5a8782b | TUBO DEFOFO PN80 DN200 JEI | BR | Produtos/d5a8782b Foto. 193246.jpg | 335 | 1000 |
| 22 | c919ec5f | TUBO DEFOFO PN80 IRR DN 250MM | BR | Produtos/c919ec5f Foto. 193456.jpg | 350 | 1000 |
| 23 | 6b88f1b9 | CONJUNTO DE FILTRAGEM DE AREA 3 X 48 F2300 - AUTOMATIC | PC | Produtos/6b88f1b9 Foto. 193706.png | 365 | 1000 |
| 24 | 512eb64c | TUBO DEFOFO PN80 DN250 JEI | BR | Produtos/512eb64c Foto. 193823.jpg | 380 | 1000 |
| 25 | 7f857bbe | TUBO PN40 PB IRR DN 75MM | BR | Produtos/7f857bbe Foto. 193950.jpg | 395 | 1000 |
| 26 | e7671ed4 | FILTRO DE AREA RIVULIS F2300- 7X48" | UN | Produtos/e7671ed4 Foto. 194233.png | 410 | 1000 |

Fonte: Autoria própria.

Na segunda etapa, foram definidas as regras de cálculo automático de valores, substituindo o controle e preenchimento manual. Isso ocorre por meio da criação de colunas virtuais e do uso de fórmulas e condições, dessa forma, é possível calcular quantidades e custos médios de itens, saldo total de ordens de compra e venda, e

outros valores agregados por posições, SKU ou cliente, que são de interesse estratégico para a empresa. A Figura 4.29 exemplifica esse mecanismo, apresentando a tela de configuração do cálculo das quantidades em estoque, dado pela soma de todas as entradas e subtração de todas as saídas de determinado item. Já em termos financeiros, utiliza-se o método do custo médio ponderado, permitindo acompanhar o valor atualizado do inventário em tempo real. Dessa forma, essa mesma combinação de recursos foi replicada para todos os cálculos de valores de colunas que permitiam ou exigiam a automação por fórmulas.

Figura 4.29 – Utilização de fórmula em coluna virtual

The screenshot displays the configuration interface for a virtual column named 'Saldo_Qtd_Atual'. The interface includes the following elements:

- Header:** 'Estoque : Saldo_Qtd_Atual (virtual)' with 'Delete' and 'Done' buttons and a dropdown arrow.
- Column name:** A text field containing 'Saldo_Qtd_Atual' with a 'Go to display options' link below it.
- App formula:** A text field containing the formula '= [Total_Qtd_Entrada] - [Total_Qtd_Saida]' with a formula icon on the right.
- Show?:** A checkbox that is checked, with a 'Show' icon on the right.
- Type:** A dropdown menu set to 'Decimal'.
- Type Details:** A section with a 'Numeric digits' field containing a minus sign and a plus sign.

Fonte: Autoria própria.

A terceira etapa consistiu na criação de mecanismos de prevenção de erros. No momento de registrar uma retirada, o sistema verifica automaticamente o saldo disponível na localização escolhida e bloqueia operações que resultariam em estoque negativo. A Figura 4.30 apresenta a fórmula de validação da quantidade de um item para venda, comparando a quantidade desejada com os saldos atuais e nos endereços em que há disponibilidade. Além disso, ao selecionar um produto para venda, o usuário visualiza apenas os locais onde há saldo disponível, reduzindo erros de seleção e facilitando a operação de *picking* e o registro da localização.

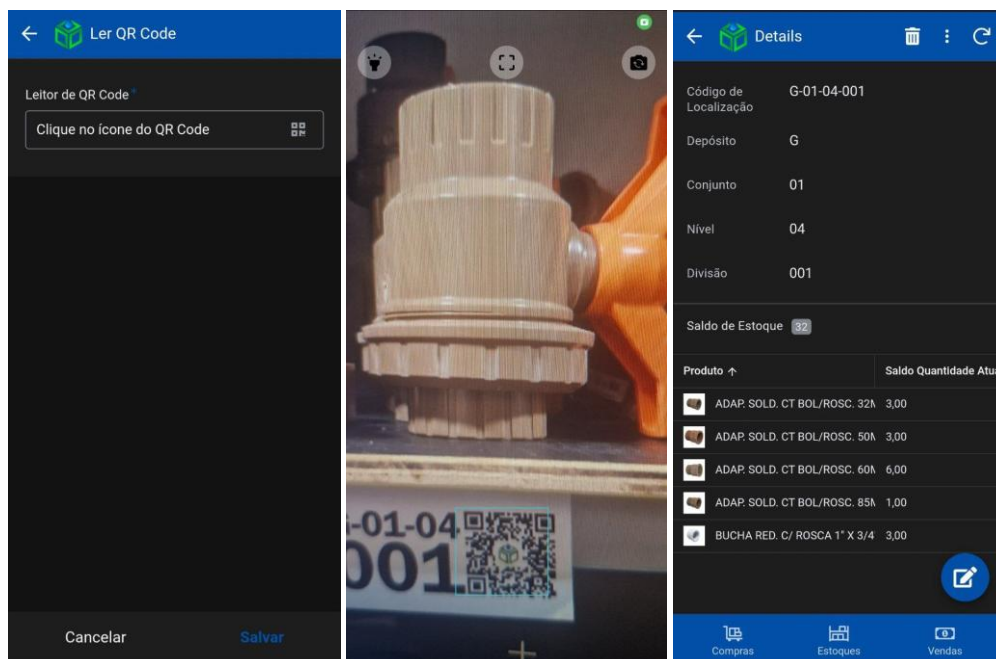
Figura 4.30 – Fórmula de validação de quantidades por local



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foi desenvolvida a integração com o estoque físico por meio de etiquetas com *QR Code* instaladas em cada posição do armazém. Ao apontar a câmera do celular, o operador é direcionado imediatamente para a tela correspondente no aplicativo, já filtrada para aquela localização. Esse processo é ilustrado pelas telas apresentadas na Figura 4.31. Isso elimina a digitação, acelera consultas e garante precisão no registro. Para viabilizar esse recurso, foi criado um fluxo interno que interpreta a leitura do código e realiza o direcionamento automático.

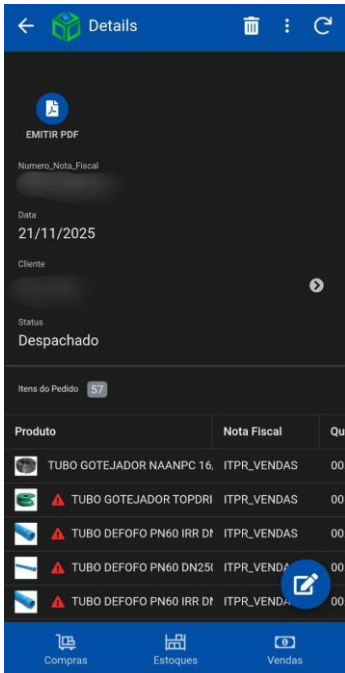
Figura 4.31 – Processo de leitura de um código de localização



Fonte: Autoria própria.

Visando a formalização dos processos, foi desenvolvido um protótipo de automação documental. O sistema foi configurado com um sistema de gatilhos (triggers) ativados após o registro de um novo pedido ou por meio de um botão personalizado, gerando automaticamente arquivos PDF padronizados com as informações presentes nas ordens de venda (Figura 4.32). Essa funcionalidade permite, por exemplo, a emissão imediata de ordens de separação ou espelhos de pedido, que podem ser arquivados digitalmente ou compartilhados via e-mail com a equipe administrativa e do almoxarifado, reduzindo o uso de papel e o tempo de trâmite de informações. A ferramenta poderia, também, ser aprimorada e adaptada para a automação da emissão de notas fiscais, o que demandaria mais tempo e recursos investidos na funcionalidade.

Figura 4.32 – Botão de emissão e *template* do PDF automatizado



Emissão de Pedido

Ordem de Venda

Data: <<[Data]>>
 Cliente: <<[Cliente]>>
 Numero_Nota_Fiscal: <<[Numero_Nota_Fiscal]>>
 Status: <<[Status]>>
 Valor_Total_Pedido: <<[Valor_Total_Pedido]>>

Itens_Venda

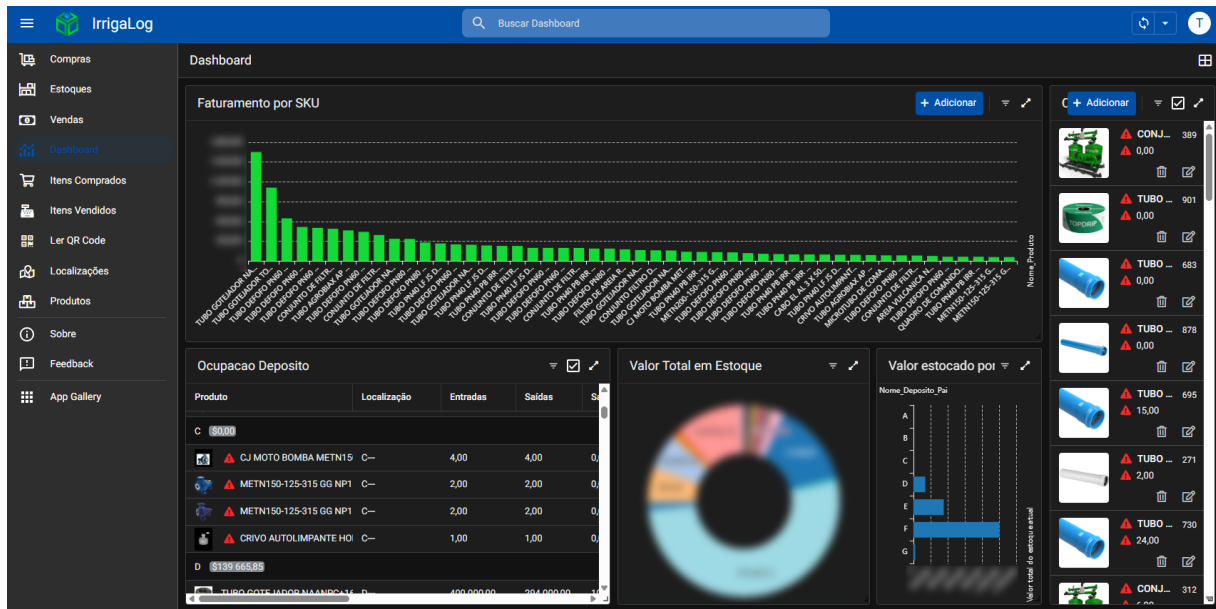
| Ref_Ordem_Venda | Ref_Produto | Quantidade | Preco_Unitario | Valor_Total_do_Item |
|---|--|------------------|---|---|
| <<Start: [Related Items_Vendas]>> <[Ref_Ordem_Venda]>> | <<[Ref_Produto]>> <[Nome_Produto]>> | <<[Quantidade]>> | <<[Preco_Unitario_Venda]>> <[Preco_Unitario_Venda]>> | <<[Preco_Total_Item]>> <[Preco_Total_Item]>> |

Fonte: Autoria própria.

Por fim, foi desenvolvida uma camada de análise gerencial composta por indicadores visuais e painéis dinâmicos que apoiam diretamente a tomada de decisão. O dashboard do aplicativo (Figura 4.33) destaca automaticamente os itens que se encontram abaixo do ponto de pedido, apresenta sugestões de recomposição baseadas no lote econômico calculado, exibe gráficos sobre o capital imobilizado por produto ou por armazém e organiza o faturamento por SKU, permitindo análises

gerenciais fundamentadas na lógica da curva ABC. Essa estrutura fornece aos gestores e operadores uma visão estratégica do comportamento dos estoques e possibilita intervenções rápidas e precisas no planejamento de compras e reposições.

Figura 4.33 – *Dashboard* do aplicativo



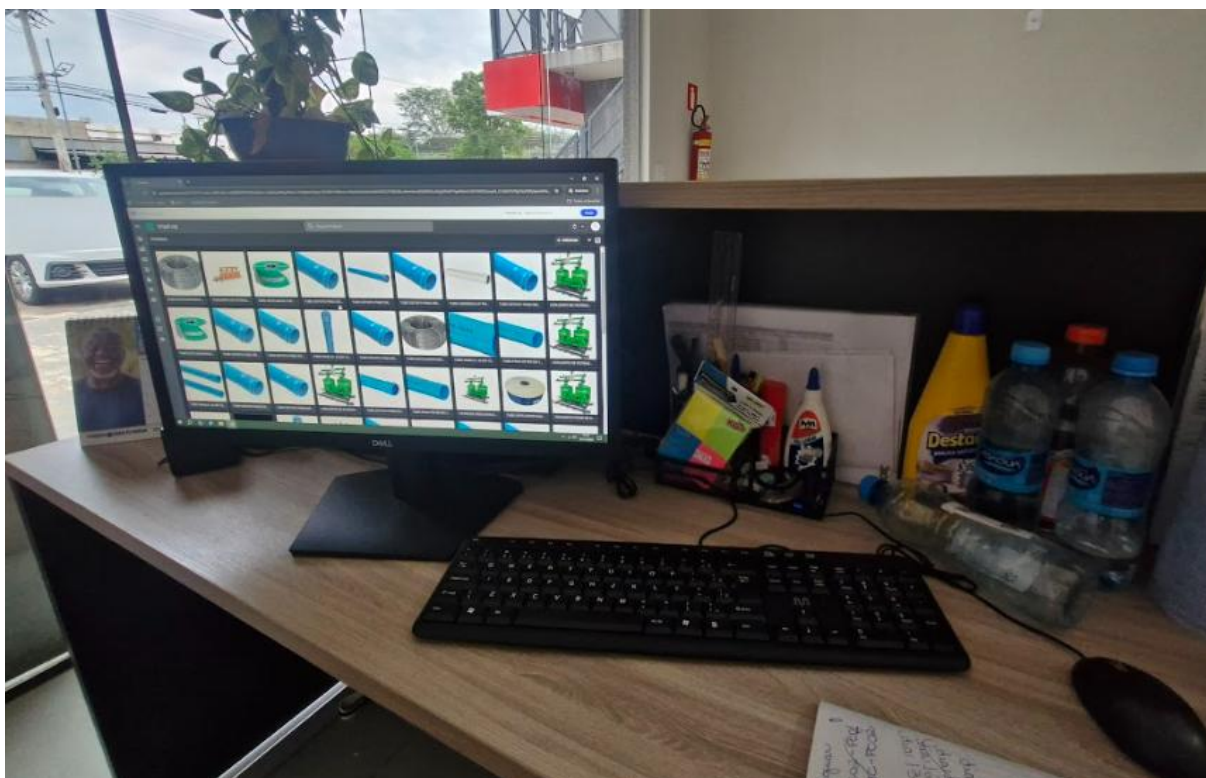
Fonte: Autoria própria.

Atualmente, os módulos que apoiam as decisões de volume e momento adequado de compra utilizam valores estáticos calculados na Seção 4.5, como ponto de pedido, estoque de segurança e lote econômico, derivados dos dados disponíveis no momento da análise. Contudo, o sistema pode ser significativamente aprimorado no futuro ao incorporar cálculos dinâmicos baseados em séries históricas de demanda, custos atualizados e tempos reais de reposição. Para isso, seria necessário um período maior de utilização do sistema, de modo a acumular um histórico robusto, ou a migração completa dos registros do sistema atual para a plataforma proposta.

A implantação do aplicativo ocorreu de forma integral na Filial 1 (Figura 4.34), onde todos os saldos e posições foram cadastrados e os responsáveis pelo estoque receberam treinamento para operar o sistema em tempo real. Essa digitalização permitiu que a filial passasse a registrar entradas e saídas com precisão, superando a limitação anterior de não possuir acesso ao mesmo software utilizado pela sede. Na sede, por outro lado, foram cadastrados inicialmente apenas os itens da classe A, que apresentam maior impacto operacional e financeiro. Nesse momento, o sistema será utilizado como ferramenta de apoio ao inventário e controle de movimentações pelo

almoxarifado, registrando entradas após o recebimento e saídas no ato da expedição ou retirada provisória pelos técnicos. Isso permite acompanhar o saldo real e físico dos estoques, diferentemente do sistema comercial atual, que reflete apenas as transações de compra e venda. A expansão para os demais itens da sede e da Filial 2 seguirá a priorização da curva ABC e será implementada gradualmente ao longo de etapas futuras.

Figura 4.34 – Aplicativo instalado em máquina da empresa



Fonte: Autoria própria.

Para que o sistema evolua em direção a um ERP completo e integre toda a cadeia de suprimentos, será necessário ampliar suas funcionalidades, especialmente no módulo de faturamento e emissão de notas fiscais. Isso inclui a integração do IrrigaLog com plataformas oficiais de emissão, a troca automática de dados com o sistema financeiro da empresa e a unificação dos processos de compras e vendas dentro de um único fluxo digital. Esses aprimoramentos exigem desenvolvimento adicional e, sobretudo, maior digitalização dos registros internos, mas representam a trajetória natural para transformar a solução atual em um sistema corporativo totalmente integrado.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como tema o diagnóstico e a implantação de melhorias na gestão de estoques em uma empresa de irrigação, com o objetivo de propor soluções capazes de elevar o nível de organização, acuracidade das informações e eficiência operacional nos processos de armazenagem e reposição de materiais. A análise realizada evidenciou que inconsistências nos registros, ausência de padronização e falta de ferramentas informatizadas dificultavam a tomada de decisão, reforçando a necessidade de intervenções estruturadas com base na administração de materiais e na engenharia de produção.

A metodologia aplicada incluiu o diagnóstico inicial e o levantamento de dados, a identificação das causas-raiz por meio de ferramentas de qualidade, a classificação dos itens pela curva ABC, a implantação de um sistema de endereçamento acompanhada de uma proposta reorganização física dos depósitos e o desenvolvimento de um aplicativo em *AppSheet* para controle e automação das operações. A curva ABC indicou que aproximadamente 3,74% dos itens eram responsáveis por cerca de 81,77% do faturamento, justificando o foco e priorização das ações nos produtos de maior relevância operacional e financeira.

Os cálculos de lote econômico e estoque de segurança aplicados ao grupo selecionado de itens revelaram discrepâncias relevantes entre os níveis atualmente praticados e aqueles indicados pelos métodos quantitativos. Em certos itens, verificou-se a necessidade de aumentos superiores a 100%, enquanto outros apresentaram potencial de redução acima de 80%. Esses resultados demonstram que a adoção de modelos quantitativos, apoiados em dados confiáveis, pode contribuir para reduzir capital imobilizado, equilibrar níveis de serviço e melhorar a eficiência das compras.

A implantação do novo esquema de localização dos materiais mapeou e esquematizou todo o estoque em depósitos, conjuntos, níveis e divisões, devidamente identificados. Esse mapeamento gerou endereços únicos para cada posição de armazenagem e permitiu cadastrar de forma organizada os itens mais críticos, especialmente os de classe A. A aplicação de etiquetas físicas com *QR Codes*, integradas ao sistema desenvolvido, reduziu significativamente o tempo de busca e aumentou a precisão nas movimentações, fortalecendo a confiabilidade das informações e facilitando o trabalho diário no almoxarifado.

Outro avanço essencial foi a reorganização física, iniciada pela Filial 1, proporcionou ganhos claros de visibilidade e acesso. O inventário completo identificou mais de 200 SKUs, posteriormente classificados, redistribuídos e endereçados. A adoção de gavetas para itens pequenos, associada à etiquetagem com a identificação dos itens, aumentou a capacidade de armazenamento, reduziu riscos de perdas e diminuiu o tempo necessário para localizar materiais durante a separação de pedidos. A lógica de posicionamento dos itens, fundamentada na curva PQRS e na proximidade com as áreas de recebimento e expedição, tornou o arranjo físico mais alinhado ao fluxo real de trabalho.

A implementação do aplicativo de gestão de estoques no *AppSheet* consolidou uma camada digital de controle apoio operacional que integra o registro das movimentações ao espaço físico do depósito. Ao longo da construção da ferramenta, foram cadastrados mais de 250 produtos e mapeadas mais de 50 posições físicas entre depósitos, conjuntos, níveis e divisões. O aplicativo incorporou funcionalidades como controle automático de saldo, leitura de *QR Codes*, consulta de localização, registro padronizado de entradas e saídas, emissão de arquivos PDF e um painel gerencial com indicadores-chave. As automações implementadas reduziram significativamente a necessidade de digitação manual e aumentaram a confiabilidade das informações utilizadas na operação.

Embora os avanços obtidos tenham sido significativos, o trabalho apresenta algumas limitações. A reorganização física foi concluída apenas na Filial 1, não sendo possível aplicar e mensurar, dentro do período estudado, os impactos nas instalações de maior porte. Além disso, o módulo completo de apoio à decisão de compras, incorporando cálculos dinâmicos de ponto de pedido, estoque de segurança e lote econômico, ainda não foi totalmente implementado no ambiente operacional. A consolidação dos resultados dependerá também da continuidade do treinamento da equipe e da manutenção das rotinas padronizadas.

Como direções futuras, recomenda-se: expandir o novo *layout* para os demais depósitos; continuar o cadastro dos itens no sistema de endereçamento, conforme a classificação ABC; integrar plenamente o módulo de compras ao aplicativo, conectando a solução ao sistema fiscal e contábil da empresa; e monitorar, em tempo real, indicadores como acuracidade do inventário, giro de estoque e tempo de atendimento. Esse conjunto de ações permitirá aprofundar as melhorias alcançadas e elevar a maturidade da gestão de estoques da organização.

REFERÊNCIAS

- ARNOLD, T. J. R.; CHAPMAN, S. N.; CLIVE, L. M. **Introduction to Materials Management**. 6. ed. Upper Saddle River: Pearson Education, Inc., 2008.
- ASSIS, L. A.; PONTAROLO, M. C. C.; ASSIS, A. C.; BARACHO, V. T. M. Curva ABC e classificação 123: Estratégias para gerenciamento eficiente do estoque em empresa de material de construção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 44. **Anais ...** Porto Alegre: 2024.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2006.
- BANZATO, E. **WMS Warehouse Management System**: sistema de gerenciamento de armazéns. São Paulo: IMAM. 1998.
- BATISTA, M. I. R. R.; MARTINS, V. S.; SANCHES JUNIOR, P. F.; DINIZ, L. S. Análise da Gestão de Estoques com a utilização da Curva ABC e do Custo Financeiro de Estocagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 44. **Anais ...** Porto Alegre: 2024.
- BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. Londres: Unwin Hyman, 1989.
- CAMPOS, V. F. **Controle da Qualidade Total**. 2. ed. Nova Lima: Editora FALCONI, 2014.
- CARDOSO, L. S.; ULIANA, T. W. S. Método de gestão de estoque para conexões galvanizadas. **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 2, 2025.
- CAVALCANTE, M. C.; SILVA, L. M. F. Redução dos desperdícios de estoques no processo em uma empresa de embalagens plásticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 42. **Anais ...** Foz do Iguaçu: 2022.
- CEVADA, L. Z.; DAMY-BENEDETTI, P. C. Uso da matriz de priorização (matriz gut) como aliada em auditorias. **Revista Científica Unilago**, v. 1, n. 1, 2021.
- COSTA, T. B. S.; MENDES, M. A. Análise da causa raiz: Utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura. **Anais do X SIMPROD**, 2018.
- CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Designing and conducting mixed method research**. Londres: Sage, 2006
- DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, F. M. Viabilidade Econômica De Sistemas Fotovoltaicos No Brasil E Possíveis Efeitos No Setor Elétrico. **Ipea**, p. 1–42, 2018. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>.
- LIMA, J. V. O.; FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; CRUZ, P. O. H.; CRUZ,

J. P. H.; SANTANA, M. J. Avaliação do consumo de água e energia elétrica utilizando sensores iot na irrigação do café. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 1, p. 3844-3853, 2020.

FERRARI, V. C.; REIS, L. F. A utilização da armazenagem de materiais para se obter melhorias em um almoxarifado central em uma instituição de ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29. **Anais** ... Salvador: 2009.

FAEDO, V.; SILVA, E. C. C. Utilização do diagrama de Ishikawa para detecção de divergências de estoque: estudo de caso em empresa do ramo de peças e serviços do interior do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9. **Anais** ... Ponta Grossa: 2019.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: **UEC**, 2002. Apostila.

FONTANILLAS, C. N.; ZAGO, C. A.; NIÑO, L. M. V.; LEÃO, M. S. O uso do aplicativo Power Apps para a tomada de decisão em um estoque na indústria de bebidas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 43. **Anais** ... Fortaleza: 2023.

GASNIER, D. G. **A Dinâmica dos Estoques**. São Paulo: Editora IMAM, 2010.

GASNIER, D. G. **Manual SIO para a otimização de atendimentos e estoques**. Maringá: Editora MAG, 2016.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: **Atlas**, 2007.

GOMES, B. M. M.; CARNEIRO, J. M.; WOOD, L. L. V.; XIMENES, L. C.; MENDES, M. S. Diagnóstico e propostas de melhorias no problema de ruptura de um varejo de produtos para animais domésticos localizados no estado do Ceará: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 44. **Anais** ... Porto Alegre: 2024.

GRANDO, M. L.; BUENO, S. A.; WANDSCHEER, G. L.; ANCHAU, C. Análise de gestão de estoques de reposição em uma empresa de médio porte em Nonoai - RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 38. **Anais** ... Maceió: 2018.

HÉKIS, H. R.; SILVA, A. C.; OLIVEIRA, I. M. P.; ARAÚJO, J. P. F. Análise GUT e a gestão da informação para tomada de decisão em uma empresa de produtos orgânicos do Rio Grande do Norte. **Revista Tecnologia Fortaleza**, Fortaleza, v. 34, n. 1 e 2, p. 20-32, dez. 2013. Fortaleza.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Normais climáticas 1991-2020: insolação total (horas) anual. Mapas/dados climáticos. Brasília: **INMET**, [s.d.]. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961->

1990/precipitacao_acumulada_mensal_anual. Acesso em: 12 de set. 2025.

ISHIKAWA, K. **Guide to quality control**. 2 ed. Tóquio: Asian Productivity Organization, 1976.

KANIA JUNIOR, A. J.; SOUZA, A. C. C. Democratização do uso de Big Data: um relato de experiência em empresa de grande porte do ramo varejista. In: ESCOLA REGIONAL DE ENGENHARIA DE SOFTWARE, 7. **Anais ...** Maringá: 2023.

MELO, F. L. **Proposta de um aplicativo móvel low code usando Google App Sheet para inventário de engenharia clínica**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Biomédica) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2023.

MENEZES, M. F. **Projeto de adensamento e complementação automotiva no âmbito do Mercosul: capacitação do quadro técnico – MASP – Metodologia de análise e solução de problemas**. Porto Alegre, 2013.

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; Pureza, V. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. São Paulo: Elsevier, 2010.

MOREIRA, B. M.; SILVA, N. F.; EBIAS, D. G. Aplicação das Curvas PQR e ABC como base para o desenvolvimento da estratégia de gestão de estoques em uma indústria farmacêutica do centro-oeste mineiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9. **Anais ...** Ponta Grossa: 2019.

NEVES, B. S.; GONÇALVES, A. T. P. Aplicação da metodologia de análise e solução de problemas – MASP na gestão de estoque de microempreendedor individual do ramo alimentício. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 44. **Anais ...** Porto Alegre: 2024.

OLIVEIRA, L. A.; SILVA, E. C. C.; HERMOSILLA, J. L. G.; PINTO, A. R. F. A importância do sistema ERP para o gerenciamento de estoque em um e-commerce. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 44. **Anais ...** Porto Alegre: 2024.

OLIVEIRA, P. M.; SOUZA, R. S.; SILVA, F. M. C.; LACERDA, V. S. S.; PEREIRA, D. H. Os desafios para gestão de estoques em micro e pequenas empresas: um estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 8. **Anais ...** Resende: 2016.

PERIARD, G. **Matriz Gut** - Guia Completo. Sobre Administração, 2011.

PESTANA, M. D.; VERAS, G. P.; FERREIRA, M. T. M.; SILVA, A. R. Aplicação integrada da Matriz GUT e da Matriz da qualidade em uma empresa de consultoria ambiental. Um estudo de caso para elaboração de propostas de melhorias. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36. **Anais ...** João Pessoa: 2016.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais**: uma abordagem logística. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

RATHKE, A. H. **Análise da gestão de estoque da empresa Rathke & Cia LTDA**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Administração) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2019.

REIS, M. F.; ROCHA, C. F. O.; MENDONÇA, R. C.; PERFEITO, S. S. Aplicação do WMS (Warehouse Management System) na gestão de estoque de um centro de distribuição. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10. **Anais ...** Rio de Janeiro: 2022.

RODRIGUES, L. N. Agricultura Irrigada e sua importância estratégica na produção sustentável de alimentos. **Embrapa**, 2023. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81276513/agricultura-irrigada-e-sua-importancia-estrategica-na-producao-sustentavel-de-alimentos>>. Acesso em: 21 de set. de 2025.

ROMAGNOLI, M. T.; ROSA, V. A. O. Readequação do *layout* de um estoque de peças de equipamentos hospitalares em uma empresa de healthcare. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 43. **Anais ...** Fortaleza: 2023.

SANTOS, G. O. **Desenvolvimento do aplicativo para o controle de estoque agrícola**: Agro Register. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2023.

SAP. What is a WMS? Disponível em: <https://www.sap.com/brazil/products/scm/extended-warehouse-management/what-is-a-wms.html>. Acesso em: 25 nov. 2025.

SERRAT, O. **Knowledge Solutions**: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance. 1. ed. Mandaluyong: Springer Nature, 2017.

SILVA, K. K. N.; FARIAS, L. M. S.; SILVA, M. F. Elaboração de uma ferramenta para controle de estoques: estudo de caso em uma empresa de ração. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 43. **Anais ...** Fortaleza: 2023.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8. ed. São Paulo: Editora Atlas Ltda, 2018.

SOTILLE, M. A. **A ferramenta GUT - gravidade, urgência e tendência**. Pmtech-Capacitação em Projetos, 2014. Disponível em: <https://www.pmtech.com.br/PMP/Dicas%20PMP%20-%20Matriz%20GUT.pdf>. Acesso em: 01 set. 2025.

STEFANOVIC, S.; KISS, I.; STANOJEVIC, D.; JANJIC, N. (2014). Analysis of technological process of cutting logs using Ishikawa diagram. **Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering**, v. 7, n. 4, p. 93, 2014.

TANAKA, J. C. **Controle de estoque de insumos agrícolas em uma unidade produtora e armazenadora de grãos um estudo de caso**. 2023. Trabalho de

Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2023.

VIANA, J. J. **Administração de Materiais**: Um Enfoque Prático. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2006.

VIANA, M. F.; NETO, A. P. R. A importância do sistema *WMS Warehouse Management System* no gerenciamento de armazéns. **Revista de Administra-ção**, Anápolis, v. 1, n. 7, 2013.

YAMAKI, J. T.; TURATI, R. C. Importância da eficiência do layout de estoque em uma empresa de papelão: um estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 44. **Anais** ... Porto Alegre: 2024.