

iscte

INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Proposta de Melhoria das Atividades de Gestão de Armazém da Ferpinta Moçambique

Mariana da Silva Rodrigues

Mestrado em Gestão,

Orientador:

Professor Doutor João Manuel Vilas-Boas da Silva, Professor
Auxiliar,

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral
ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa

Outubro, 2021



BUSINESS
SCHOOL

Marketing, Operações e Gestão Geral

**Proposta de Melhoria das Atividades de Gestão de Armazém
da Ferpinta Moçambique**

Mariana da Silva Rodrigues

Mestrado em Gestão

Orientadores:

Professor Doutor João Manuel Vilas-Boas da Silva, Professor
Auxiliar,

Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral
ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa

Outubro, 2021

À minha irmã, Beatriz.

Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado contou com o apoio de várias pessoas sem as quais não teria sido possível concluir esta etapa e às quais eu estou profundamente grata.

Agradeço ao Diretor Geral da Ferpinta Moçambique, Romeu Rodrigues, pela oportunidade de entrar no mundo Ferpinta e de me introduzir diversos conceitos essenciais à realização deste projeto.

Ao Miguel Pinho e ao Xavier Henriques por percorrerem vezes sem conta a fábrica da Ferpinta Moçambique ao meu lado enquanto respondiam a todas as minhas questões.

Aos meus amigos, Luísa Vieira, Sara Magalhães, Duarte Santos, Mariana Tavares, Kevin Silva, Ana Marta Silva e Marta Cid que sempre mostraram disponibilidade para ouvir as minhas preocupações e me deram ânimo quando eu mais precisava.

À minha família, pai, mãe e irmã, um agradecimento especial por terem sido o meu principal apoio nesta etapa. Foram eles que mostraram sempre interesse e ouviram os meus momentos de desânimo, mas também festejaram comigo as minhas vitórias.

Resumo

Para atender às expectativas dos clientes, as empresas procuram a excelência num ambiente cada vez mais competitivo. Planejar o *layout* contribui para a redução de custos, o aumento da eficiência e da vantagem competitiva e, conseqüentemente, contribui para a agregação de valor ao produto e para a lucratividade da empresa.

O presente projeto é desenvolvido com a Ferpinta Moçambique, uma empresa da indústria siderúrgica que tem como objetivos aumentar a sua produtividade e capacidade de armazenagem de produto acabado. Neste sentido, apresentam-se propostas alternativas ao atual *layout* e são sugeridas estruturas de armazenagem para os armazéns de produto acabado.

De modo a definir o problema em estudo, descrevem-se os processos *inbound* (entradas) e *outbound* (saídas) da unidade fabril, o seu atual *layout* e as principais limitações encontradas. Analisados os dados recolhidos e tendo como sustentação a revisão bibliográfica elaborada, são criadas e avaliadas três propostas alternativas ao atual *layout*. Estas propostas têm como objetivo aumentar as áreas de armazenagem, aumentar a capacidade de armazenagem do produto acabado, diminuir as distâncias percorridas e priorizar os processos de expedição.

Com o presente projeto foi possível alcançar uma proposta de *layout* onde se observa uma redução nas distâncias percorridas de 35% e um aumento percentual da capacidade de armazenagem de 17% através de estanteria adequada a produtos siderúrgicos. No entanto, e de modo a acompanhar o atual ritmo em que a empresa se encontra, foi ainda proposta uma solução que requer menos investimento financeiro e tempo despendido, onde é utilizado o critério de arrumação em massa.

Palavras-chave: gestão de armazém, *layout*, expedição, cantiléver.

Abstract

To meet customer expectations, companies search excellence in an increasingly competitive environment. Planning the layout contributes to cost reduction, increased efficiency, and competitive advantage and, consequently, contributes to adding value to the product and to the company's profitability.

This project is developed with Ferpinta Moçambique, a company in the steel industry that aims to increase both productivity and storage capacity of finished product. Therefore, alternatives to the current layout are proposed and storage structures are suggested for the finished product warehouses.

In order to define the problem under study, the inbound and outbound processes of the manufacturing unit, its current layout and the main causes found are described. After analysing the collected data and having as support the prepared bibliographic review, three alternatives to the current layout are raised and evaluated. These proposals aim to increase storage areas, increase storage capacity of finished product, reduce distances traveled and prioritize shipping processes.

With this project, it was possible to achieve a layout proposal which lead to a 35% reduction in distances traveled as well as a percentage increase of 17% in storage capacity by seeking an appropriate shelving for steel products. However, and in order to keep up with the current pace in which the company finds itself, a solution was also proposed that requires less financial and time investment, where mass storage is used.

Keywords: warehouse management, layout, shipping, cantilever.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	viii
Índice de Figuras	xii
Índice de Tabelas	xiii
Glossário	xv
1. Introdução	1
1.1. Contextualização.....	1
1.1.1. Negócio.....	1
1.1.2. Materiais armazenados.....	2
1.2. Definição do problema em estudo.....	2
1.2.1. Oportunidade de investigação.....	2
1.2.2. Âmbito do trabalho.....	3
1.2.3. Propósito e objetivos do trabalho.....	3
1.2.4. Questões de investigação.....	3
1.3. Metodologia de trabalho.....	4
1.4. Estrutura do trabalho.....	4
2. Revisão da Literatura	5
2.1. Logística e gestão da cadeia de abastecimento.....	5
2.1.1. Atividades da logística.....	5
2.2. Gestão de armazém.....	6
2.2.1. Tipos de armazém.....	7
2.2.2. <i>Layout</i> do armazém.....	8
2.2.3. Equipamentos e dimensionamento dos corredores.....	9
2.2.4. Processos logísticos de armazenagem.....	10
2.2.5. Critérios de arrumação e classificação do produto.....	12
2.2.5.1. Identificação da localização dos produtos.....	13
2.3. Armazenagem na indústria siderúrgica.....	13
2.3.1. Estanteria.....	13
2.3.2. Equipamentos de movimentação.....	14
2.4. Conclusões da revisão da literatura.....	15
3. Metodologia	17
3.1. Metodologia.....	17
3.2. Etapas da pesquisa.....	17
3.2.1. Etapa 1: Contextualização do problema.....	17
3.2.2. Etapa 2: Pesquisa bibliográfica.....	18

3.2.3.	Etapa 3: Análise dos dados obtidos	19
3.2.4.	Etapa 4: Apresentação e avaliação das propostas de melhoria.....	19
4.	Caso de Estudo e Propostas	21
4.1.	Diagnóstico da situação atual	21
4.1.1.	Descrição do <i>layout</i>	21
4.2.	Análise de dados.....	22
4.2.1.	Inexistência de áreas de expedição.....	22
4.2.2.	Movimentações internas da matéria-prima e produto acabado	23
4.2.3.	Arrumação do produto acabado.....	24
4.2.4.	Estruturas de armazenagem do produto acabado	24
4.2.5.	Conclusões do caso de estudo	24
4.3.	Proposta de <i>layout</i> 1	25
4.3.1.	Área de expedição	28
4.3.2.	Análise de Resultados	28
4.3.2.1.	Movimentações internas da matéria-prima e produto acabado	28
4.3.2.2.	Arrumação do produto acabado.....	29
4.3.2.3.	Estruturas de armazenagem do produto acabado	31
4.3.2.4.	Identificação da localização do produto acabado	34
4.4.	Proposta de <i>layout</i> 2	35
4.4.1.	Cais e áreas de expedição	36
4.4.2.	Análise de Resultados	36
4.4.2.1.	Movimentações internas da matéria-prima e produto acabado	36
4.4.2.2.	Arrumação do produto acabado.....	37
4.5.	Proposta de <i>layout</i> 3	37
4.5.1.	Análise de resultados.....	37
4.5.1.1.	Estruturas de armazenagem do produto acabado	37
4.5.1.2.	Identificação da localização do produto acabado	39
5.	Discussão	41
5.1.	Propostas de <i>layout</i>	41
5.1.1.	Proposta 1	41
5.1.2.	Proposta 2.....	43
5.1.3.	Proposta 3.....	43
5.2.	Comparação entre propostas	44
6.	Conclusão	47
6.1.	Síntese do projeto e resultados	47
6.2.	Sugestões de trabalho futuro	48
	Referências Bibliográficas	49

Anexos	53
Anexo A – Entrevistas.....	53
Anexo B – Exemplos de pontes rolantes.....	56
Anexo C – Exemplos de encomendas em expedição	57
Anexo D – Atuais movimentações internas da matéria-prima e do produto acabado.....	58
Anexo E – Exemplos da atual arrumação do produto acabado	60
Anexo F - Análise ABC	61
Anexo G – Comparação das áreas.....	61
Anexo H – Cálculos auxiliares para a estanteria.....	62
Anexo I – Cenário do <i>layout</i> proposto com cantiléveres	64
Anexo J – Proposta 2.....	68

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Atividades principais e secundárias da logística (Adaptado de Tien et al., 2019).....	6
Figura 2.2 - Tipos de <i>layouts</i> de armazéns (Tolstunova, 2019)	9
Figura 2.3 - Dimensão de Corredores (Richards, 2014).....	10
Figura 2.4 - Processos logísticos do armazém (Adaptado de Klodawski et al., 2017b).....	10
Figura 2.5 - Sistema de localização de produtos (Adaptado de Ackrman, 1997)	13
Figura 4.1 - <i>Layout</i> atual simplificado da fábrica com áreas dos armazéns	22
Figura 4.2 - <i>Layout</i> – Proposta 1	27
Figura 4.3 - <i>Layout</i> segundo a classificação ABC – Proposta 1.....	31
Figura 4.4 - Exemplo de um código de identificação da localização de PA	34
Figura 4.5 - <i>Layout</i> - Proposta 2.....	35
Figura B.1 - Exemplo de ponte rolante 1	56
Figura B.2 - Exemplo de ponte rolante 2	56
Figura C.1 - Exemplo de carregamento numa área de armazenagem	57
Figura C.2 - Exemplo de carregamento no corredor da fábrica	57
Figura D.1 - Atuais movimentações internas da MP e PA.....	58
Figura E.1 - Exemplo de arrumação do PA 1.....	60
Figura E.2 - Exemplo de arrumação do PA 2.....	60
Figura F.1 - Representação gráfica da curva ABC.....	61
Figura I.1 – Cantiléveres - chapa.....	64
Figura I.2 - Cantiléveres - tubos (vermelho)	65
Figura I.3 - Cantiléveres - tubos (azul).....	66
Figura I.4 - Cantiléveres - calha	67
Figura J.1 – <i>Layout</i> segundo análise ABC – Proposta 2	69

Índice de Tabelas

Tabela 4.1 - Análise ABC dos produtos da empresa.....	26
Tabela 4.2 - Síntese da análise ABC	26
Tabela 4.3 – Comparação das movimentações internas da MP e do PA – Proposta 1.....	29
Tabela 4.4 - Análise ABC dos produtos expedidos por subfamílias	30
Tabela 4.5 - Cantiléveres Proposta 1 - Cenário 1	32
Tabela 4.6 - Cantiléveres Proposta 1 - Cenário 2	33
Tabela 4.7 - Cantiléveres Proposta 1 - Cenário 3	33
Tabela 4.8 - Quantidade de atados por área de armazenagem do atual <i>layout</i>	33
Tabela 4.9 - Comparação das áreas de armazenagem - Proposta 2	36
Tabela 4.10 - Comparação dos atados por área - Proposta 2.....	37
Tabela 4.11 - Cantiléveres Proposta 3 - Cenário 1	38
Tabela 4.12 - Cantiléveres Proposta 3 - Cenário 3	38
Tabela 4.13 - Cantiléveres Proposta 3 - Cenário 3	38
Tabela 4.14 - Comparação entre atados por área - Proposta 3	39
Tabela 5.15 - Comparação entre propostas de <i>layout</i>	44
Tabela A.1 - Entrevista ao Diretor Geral da empresa	53
Tabela A.2 - Entrevista ao Responsável Logístico da empresa.....	54
Tabela D.1 - Distância das movimentações internas da MP e PA	59
Tabela G.1 - Comparação das áreas entre o <i>layout</i> atual e a Proposta 1	61
Tabela H.1 - Atados por área - <i>Layout</i> atual	62
Tabela H.2 - Área e altura dos conjuntos de atados de cada família de produtos	62
Tabela H.3 - Número de atados por cantiléver por família de produtos.....	63
Tabela J.1 - Movimentações internas - Proposta 2.....	68
Tabela J.2 - Quantidade de atados por área de armazenagem - Proposta 2.....	69

Glossário

ABC – Análise de rotação dos produtos no armazém baseado na regra de Pareto

Kg – Quilogramas

MP – Matéria-Prima

MTS – *Make-to-Stock*

PA – Produto Acabado

PALOP – Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa

PR – Produtos de Revenda

CAPÍTULO 1

1. Introdução

Neste capítulo apresenta-se uma breve descrição da história da empresa e a respetiva problemática em estudo. São definidos objetivos gerais e específicos, bem como o âmbito do projeto e as respetivas questões de investigação. Apresenta-se ainda uma visão geral da metodologia utilizada e, por fim, a estrutura em que está organizado o trabalho.

1.1. Contextualização

A Siderurgia é um ramo da Metalurgia que engloba todos os processos físicos e químicos para a fabrico e transformação de aço e ferro fundido (Fernandes, 2016).

Com a globalização, a indústria siderúrgica tornou-se ainda mais competitiva, exigindo às empresas a redução de preços e o aumento dos níveis de produtividade e qualidade (M. B. Silva & Bartoli, 2008). Esta indústria tornou-se uma das mais importantes fornecedora de outros setores da indústria de transformação, uma vez que é a responsável pela produção de bobinas laminadas a quente, a frio ou galvanizadas, assim como de produtos longos (barras, vergalhões, perfis e tubos) e produtos planos, como as chapas (Silva, 2006; Viana, 2018).

Foi a partir do final da década de 1990 que Moçambique começou a ter um grande investimento estrangeiro em projetos industriais e de infraestruturas (Monié & Carvalho, 2019). Ao longo dos anos, os números associados à indústria têm aumentado significativamente. Em 2019, estimou-se que a indústria metalúrgica contribuiu com 23,6% do valor da produção total (INE Moçambique, 2020).

1.1.1. Negócio

O Grupo Ferpinta, S.A foi constituído em 1962 pelo Comendador Fernando Pinto Teixeira e focava-se na indústria metalomecânica. Ao longo dos anos, a empresa-mãe foi alargando os seus setores de atividade para o turismo, mobiliário escolar, agropecuária, estruturas para construção e alfaias agrícolas, bem como o seu portefólio de fabrico – tubos de aço, perfis de aço e chapa – e as suas filias em mercado Nacional (11 filiais, atualmente). Todo este crescimento deu-se, em parte, ao facto de em 1995 o Grupo ter iniciado o processo de internacionalização na vertente comercial, através da abertura de empresas em Espanha, seguindo-se Angola e, por fim, Moçambique, em 1998.

A Ferpinta Moçambique, empresa em análise, encontra-se sediada na Beira e especializa-se na fabrico, armazenagem e comercialização de produtos siderúrgicos, alfaias agrícolas e mobiliário escolar e é a unidade produtora do Grupo para os PALOP (Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa). Atualmente, ainda detém armazéns de produto acabado em Maputo (Ferromoçambique) e Nacala.

A orientação estratégica da Ferpinta Moçambique centra-se no crescimento das exportações e diversificação de mercados, devido à sua privilegiada localização geográfica, encontrando-se atualmente a exportar para o Botswana, Malawi, África do Sul, Zimbabué, Maurícias, Madagáscar, Tanzânia e Zâmbia, sendo os últimos quatro países mais instáveis.

1.1.2. Materiais armazenados

De forma geral, no armazém siderúrgico da Beira, a empresa recebe a matéria-prima (MP) por fornecedores internos e externos e esta é armazenada e consumida consoante as ordens de produção. Posteriormente, é armazenada como produto acabado (PA) e ocorre a expedição para o cliente final ou para um dos armazéns avançados de Maputo ou Nacala. O PA segue uma produção *make-to-stock* (MTS), que pode ser customizada relativamente ao seu comprimento e espessura.

A unidade fabril contém armazéns de MP (bobines de aço preto e galvanizado) e PA, como calha (galvanizada e preta), chapa (polida, preta, galvanizada e pré-lacada – lisa, ondulada e trapezoidal) e tubos (laminados a frio, sendzimir e de usos gerais preto) de diversos tamanhos e espessuras. Além da MP e PA, existe ainda um armazém de produtos de revenda (PR), que não são produzidos pela empresa, como é o caso de chapas translúcidas, tubos de condução, cantoneiras, diversas formas de barras, perfis, vergalhões e varões.

Contudo, existem ainda áreas de armazenagem, zonas temporárias de espera, junto às linhas de produção de bobines, onde produtos intermédios e produtos-em-vias-de-fabrico aguardam o seu progresso no processo de fabrico, sem que exista controlo e registo de movimentos de entrada e saída.

1.2. Definição do problema em estudo

1.2.1. Oportunidade de investigação

Apesar de ser um projeto de empresa, esta secção mostra que o tema da armazenagem continua a ter interesse académico. De facto, a importância das operações logísticas nos processos tem estado a aumentar exponencialmente devido à atual condição competitiva. Os processos logísticos permitem que as organizações se destaquem criando uma diferença no ambiente competitivo (Dede & Çengel, 2020). Atualmente, é difícil encontrar um produto que não seja armazenado pelo menos uma vez no trajeto para o seu destino final. Isso faz dos armazéns um dos elos mais importantes da cadeia de abastecimento. A gestão de armazém é responsável pela armazenagem do produto, recolha de pedidos e controlo do fluxo de mercadorias, tornando-a num elemento-chave nos processos de distribuição (Dudziak & Szymlet, 2020). Operações de armazenagem eficientes e eficazes podem reduzir significativamente os custos e também desempenham um papel crítico na integração dos processos de transformação. As operações para um armazém ideal são determinadas selecionando os fatores apropriados que afetam não apenas custos, mas também a satisfação do cliente, levando à criação de vantagem competitiva (Suvittawat, 2017). Os armazéns não funcionam apenas como centros de armazenamento, mas também como centros

de agregação de valor, sendo os modelos escolhidos cruciais para a lucratividade de uma organização (De Koster et al., 2017). Portanto, numa gestão de armazenagem, deve ser considerado o *layout* e disposição dos produtos, a localização da área de inventário e a movimentação dos materiais e produtos (Iglesias, 2018).

1.2.2. Âmbito do trabalho

Foi acordado com a empresa, no âmbito do projeto, que as recomendações de alteração dos *layouts* dos armazéns não iriam implicar a alteração da localização das linhas de produção, devido ao alto custo e complexidade associados. Igualmente, para os armazéns em estudo, a proposta de alteração dos *layouts* não se centrará apenas na alteração das áreas de armazenagem e da elaboração de áreas de expedição, mas também na integração de novas estruturas de armazenagem para o PA.

Assim, espera-se que as propostas tenham impacto no aproveitamento tridimensional do espaço físico, mas também na agilização dos fluxos internos e na movimentação dentro do armazém, uma vez que existem vários pontos de recolha e artigos movimentados sem valor acrescentado, diminuindo a produtividade dos processos de *inbound* e *outbound* e aumentando o tempo de espera dos transportadores no processo de expedição e carga.

1.2.3. Propósito e objetivos do trabalho

Contrariando o contexto económico vivido atualmente devido à Covid-19, entre o período de janeiro e outubro de 2020, a Ferpinta Moçambique verificou um aumento de 39% das vendas (em toneladas) em mercado interno (Beira, Maputo e Nacala) e um aumento de 99% das vendas em exportações (Botswana, Malawi, Africa do Sul e Zimbabwe) relativamente ao mesmo período do ano anterior, o que levou a uma sobrelotação do seu armazém de MP e PA. Este aumento deveu-se ao facto de um dos seus mercados concorrentes, a Africa do Sul, ter sido muito afetada pela pandemia, o que fez com que a Ferpinta Moçambique se tornasse na principal fornecedora desse mesmo país e de todos os outros à sua volta. Uma vez que conseguiram um aumento da quota de mercado e preveem fixá-la, mesmo não tendo estimativa de quanto, espera-se um aumento tanto de PA como de MP, impactando o armazém principal da empresa. Neste sentido, o presente projeto visa desenvolver uma proposta de melhoria dos atuais *layouts* dos armazéns de materiais siderúrgicos. Os principais objetivos são o aumento da produtividade e da capacidade de armazenagem de PA.

1.2.4. Questões de investigação

Estabelecer preliminarmente questões de investigação é um passo importante para restringir o processo de pesquisa. Sendo assim, a questão de investigação no âmbito do projeto apresentado são:

1. É possível melhorar as movimentações internas da matéria-prima e do produto acabado?
2. É possível aumentar a capacidade de armazenagem do produto acabado utilizando estantes?

1.3. Metodologia de trabalho

De modo a atingir os objetivos estabelecidos para este projeto, são adotados os passos a seguir apresentados. Resumidamente, foi recolhida e analisada informação, através de documentação, levantamento *in situ* e entrevistas não-estruturadas. Posteriormente, foi descrita a situação atual do armazém fabril siderúrgico, a fim de propor novas propostas de *layout* e arrumação do PA. Por fim, são apresentados os resultados e conclusões.

- Etapa 1 – Contextualização e descrição do caso em estudo;
- Etapa 2 – Pesquisa bibliográfica para a elaboração do projeto;
- Etapa 3 – Análise dos dados obtidos para a elaboração de um novo *layout* e implementação de estanteria;
- Etapa 4 – Apresentação e avaliação das propostas de melhoria encontradas, quando comparadas com o atual cenário.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente projeto encontra-se estruturado em seis capítulos.

No presente capítulo, Introdução, apresenta-se uma breve contextualização da empresa, os objetivos do projeto e a metodologia de investigação utilizada.

O segundo capítulo é referente à Revisão da Literatura, nomeadamente à gestão de armazéns, *layout*, análise ABC e estanteria na indústria siderúrgica.

O terceiro capítulo concentra-se na Metodologia do projeto, onde são descritas as etapas pelas quais o projeto passa para a sua conclusão.

No quarto capítulo, Caso de Estudo, encontra-se uma breve explicação sobre a unidade fabril da empresa onde foi elaborado o projeto, avaliam-se os produtos e os processos e, por fim, é feito um resumo dos problemas encontrados e quais as três propostas de melhoria para os mesmos.

No quinto capítulo, Discussão, são resumidas as três propostas apresentadas no capítulo anterior e são comparadas relativamente à situação atual da empresa de modo a escolher a melhor proposta.

Por último, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões do projeto elaborado, assim como são sugeridas propostas para trabalho futuro.

2. Revisão da Literatura

Este capítulo apresenta, na perspectiva de diferentes autores, os conceitos de logística e cadeia de abastecimento onde, através das atividades subjacentes, o projeto se centra na gestão de armazenagem. Nos subcapítulos são apresentadas as definições, modelos e tipologias que mais se adequam aos objetivos do projeto e, por fim, é descrito de forma geral a indústria em análise e a armazenagem adequada ao âmbito deste trabalho.

2.1. Logística e gestão da cadeia de abastecimento

O pensamento logístico é definido como a estrutura conceptual que fundamenta e impulsiona a disciplina (Kent & Flint, 1997).

O *Council of Supply Chain Management Professionals* (CSCMP, 2013) define logística como o “processo de planeamento, implementação e controlo de procedimentos para o transporte e armazenagem eficiente e eficaz de mercadorias, incluindo serviços e informações relacionadas, do ponto de origem ao ponto de consumo, para fins de conformidade com os requisitos do cliente. Esta definição inclui movimentos de entrada, saída, internos e externos”.

A gestão de abastecimentos e materiais representa os fluxos de entrada e saída do processo de produção, enquanto a distribuição representa os fluxos do ponto de produção final até ao cliente final (Rushton et al., 2000).

A logística é fundamentalmente uma estrutura de planeamento que visa criar um plano para o fluxo de produtos e informações num negócio. Adicionalmente, a gestão da cadeia de abastecimento baseia-se nesta estrutura, procurando alcançar a ligação e a coordenação entre os processos de outras entidades na estrutura (fornecedores e clientes) e a própria organização. Portanto, o foco da gestão da cadeia de abastecimento está na gestão dos relacionamentos com o propósito de alcançar um resultado mais lucrativo para todas as partes da cadeia. Isto também acontece porque se trata de uma rede de organizações que estão envolvidas, através de ligações a montante e a jusante com fornecedores e clientes, nos diferentes processos e atividades, que geram valor na forma de produtos e serviços para o consumidor final (Christopher, 2016).

2.1.1. Atividades da logística

Tien et al., (2019) separa as atividades logísticas em principais e secundárias, como é possível confirmar na Figura 2.1. As atividades principais ocorrem geralmente em todos os canais de logística. São essenciais para a coordenação eficaz da tarefa e contribuem com maior peso para o custo total dos processos logísticos, tais como o processamento de pedidos, a gestão de inventários, os padrões de

atendimento ao cliente e a gestão de transportes. Por sua vez, as atividades logísticas secundárias, como a gestão de armazenamento, o embalamento, a gestão de compras e a gestão de informação dependem da indústria ou circunstância, embora sejam igualmente críticas para o sucesso da organização.

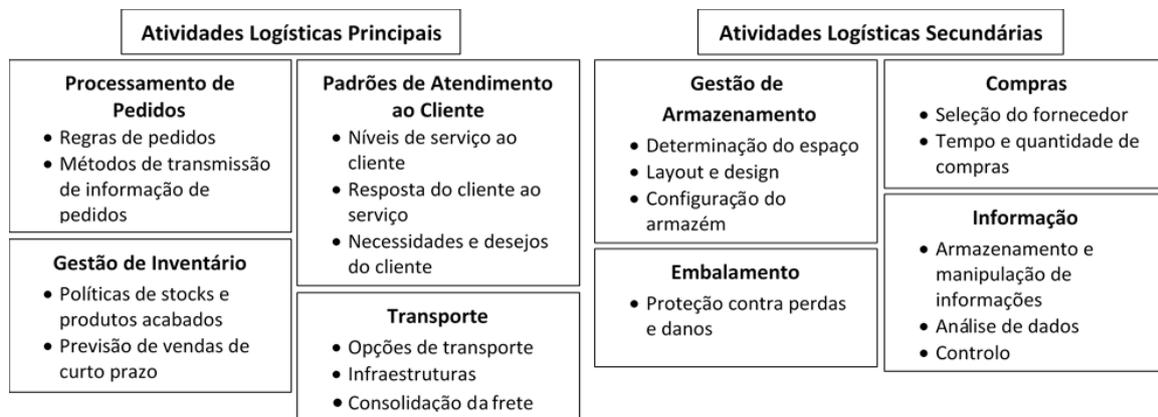


Figura 2.1 - Atividades principais e secundárias da logística (Adaptado de Tien et al., 2019)

O propósito deste trabalho é obter um estudo mais aprofundado sobre a gestão de armazenagem e de inventário, pelo que as próximas secções serão dedicadas a estes temas.

2.2. Gestão de armazém

A armazenagem é parte integrante de todo o sistema logístico (Lambert et al., 1998). Devido à imprevisibilidade da procura, cada vez mais os centros de distribuição e os armazéns são indispensáveis para a armazenagem de *stock*. As empresas armazenam *stock* para reduzir custos gerais de logística e, por conseguinte, atingir níveis mais altos de serviço ao cliente através de uma melhor coordenação entre a oferta e a procura (Farahani et al., 2011).

O armazém é a parte do sistema logístico de uma empresa que armazena produtos (matérias-primas, produtos semiacabados e produtos acabados) no ponto de origem e no ponto de consumo (e entre eles) (Lambert et al., 1998), e a gestão do mesmo não se trata de uma simples armazenagem de mercadoria, mas uma gestão abrangente de informação sobre a entrada e saída de mercadorias, o *status* do inventário, a circulação de mercadoria e a condição e disposição dos artigos armazenados (Liu et al., 2019). Deste modo, sendo a atividade de armazenagem um elo que vincula fabricantes, distribuidores, retalhistas e consumidores (Baray & Çakmak, 2014), a boa gestão da mesma é crucial, uma vez que a entrega do pedido esperado depende do *picking*, expedição do produto do armazém, embalamento e rotulagem corretos e o carregamento no veículo certo com tempo suficiente para cumprir o prazo de entrega (Richards, 2014). Desta forma, é essencial gerir os recursos de armazenagem de forma eficiente porque estes afetam todo o serviço logístico e, por conseguinte, podem reduzir custos, fornecer vantagem competitiva à organização (Dede & Çengel, 2020), prevenir erros nas operações de negócios, superar os concorrentes na gestão de custos de produção e operações, melhorar a satisfação do cliente (Suvittawat,

2017) e fornecer informações à administração sobre o *status*, disposição e condições do *stock* disponível (Farahani et al., 2011).

A seleção de uma estratégia de armazém depende, geralmente, de tarefas básicas de armazém, estrutura e tamanho dos pedidos do cliente, unidades logísticas administradas, custos de movimentação de materiais em subprocesso (custo financeiros e de tempo), disponibilidade de espaço de armazenamento, recursos de trabalho e tecnologias utilizadas (Michal Klodawski et al., 2017b). No entanto, existem diferenças entre armazéns e centros de distribuição. Os primeiros armazenam todo o tipo de produtos, realizam um mínimo de atividades de valor agregado, recolhem dados em lotes e concentram-se em minimizar o custo operacional para atender aos requisitos de expedição. Enquanto os centros de distribuição mantêm *stocks* mínimos e, predominantemente, artigos de intensa procura; realizam uma alta percentagem de atividades de valor agregado, recolhem dados em tempo real e concentram-se em maximizar o lucro atendendo os requisitos de entrega ao cliente (Lambert et al., 1998).

2.2.1. Tipos de armazém

Possuir um armazém está associado a elevadas despesas financeiras e operacionais (Dudziak & Szymlet, 2020). Estes devem estar geograficamente localizados perto dos seus fornecedores de matérias-primas e das principais rodoviárias (Paoleschi, 2018).

Para o bom funcionamento da cadeia de abastecimento, os armazéns, de qualquer tipologia, requerem operações, processos e uma organização e, por este motivo, os armazéns são considerados essenciais na rede logística (Alves, 2012).

Segundo Van Den Berg (2007), ao longo da cadeia de abastecimento é possível encontrar três tipos de armazéns:

- Armazéns de produção: Armazenam matéria-prima, produto semiacabado e produto acabado na instalação de produção. Smith (1998) defende que funções desempenhadas nestes armazéns, embora diferentes, são bastante semelhantes, portanto devem ser integradas em apenas um armazém de produção de modo a melhorar a utilização do espaço, equipamento, mão-de-obra e sistemas de informação. Outras vantagens são o aprimoramento da gestão do *stock* total de produção e dos fluxos de materiais e melhoria na automatização dos sistemas devido ao sinergismo da combinação das funções;
- Armazéns de distribuição: armazenam produtos provenientes de vários fornecedores de unidades fabris para posterior entrega a diferentes clientes, loja ou linha de produção (Richards, 2014).
- Armazéns de contrato: São espaços alugados para a armazenagem e distribuição de produtos ou materiais, onde o espaço é dividido e alugado a diversos clientes consoante o peso ou o metro

quadrado. A sua vantagem competitiva centra-se no custo uma vez que, geralmente, possuem mão-de-obra mais barata (Paoleschi, 2018).

A empresa em análise possui produção própria, armazenando matéria-prima, produtos semiacabados e produtos acabados. Segundo o autor Van Den Berg (2007) é um armazém de produção, sendo este o foco ao longo do projeto.

2.2.2. Layout do armazém

O *layout* de um armazém é uma das questões-chave na gestão do armazém (Zhang et al., 2017), uma vez que afeta vários aspetos, como o custo de movimentação de materiais, custo do espaço e capacidade de armazenamento (Rakesh & Adil, 2015). Portanto, o *layout* deve ser planeado para facilitar o fluxo do produto (Tien et al., 2019) e para que cada sistema possa atingir o desempenho necessário (De Koster et al., 2017).

Um *layout* eficaz pode reduzir não apenas os custos operacionais, mas também aumentar a produtividade (He et al., 2020), logo é necessário ter em conta principalmente a localização do armazém e o número e *design* de cais de receção e expedição (Tien et al., 2019) para melhor compreender o fluxo do produto (Bartholdi & Hackman, 2019).

Segundo Figueira (2016), para a elaboração de um *layout* devem ser seguidos cinco estágios:

1. Definição da localização em zonas específicas do armazém de objetos que são amovíveis, como é o caso de máquinas industriais;
2. Definição da localização dos locais de receção e expedição, uma vez que são processos essenciais para a produtividade de um armazém;
3. Definição das áreas, equipamentos, portas e corredores, de modo a compreender se há interferência entre si e com a localização dos objetos amovíveis;
4. Definição do produto armazenado, para que todos os artigos encaixem no planeamento do *layout*;
5. Criação de novas propostas de *layout* aquando da conclusão do novo *layout*.

Relativamente às várias tipologias, existem dois tipos de *layout* clássicos: armazém em bloco, que apresenta apenas dois corredores transversais e é a configuração ideal para armazéns de carga unitária; e o armazém de dois blocos, que contém um corredor cruzado adicional que atravessa o centro do armazém e o divide em duas partes iguais, aumentando o número de oportunidades para os trabalhadores mudarem de corredor. Foi demonstrado que mudar a posição de um corredor transversal pode afetar o comprimento da recolha de pedidos, uma vez que colocar o corredor transversal perto dos produtos com taxas de rotação mais altas reduz o comprimento da distância percorrida entre 6 a 9%, adicionar um segundo corredor transversal reduz a distância percorrida até 3%, mas adicionar um terceiro corredor não oferece benefícios consideráveis, uma vez que reduz a capacidade total de armazenamento (Öztürkoğlu & Hoser, 2019).

As tipologias de *layout* mais comuns são em forma de U, L e I (Tolstunova, 2019), conforme a visualização na Figura 2.2:

- A configuração em "U" tem a receção e a expedição localizados no mesmo lado do armazém e é a mais apropriada para quando existe *cross-docking* (Richards, 2014) e quando o movimento do produto segue uma classificação ABC, onde os produtos mais movimentados, classificados como "A", se encontram mais perto dos cais (Bartholdi & Hackman, 2019; Mohamed, 2019). O *layout* em "U" mostra-se tão ou mais eficiente, em termos de taxas de produção, que um *layout* linear, principalmente no caso de produção industrial sujeita a variações (Pujo et al., 2015), tendo como grandes vantagens a alta utilização do espaço, alta flexibilidade, economia de distância a pé e menor distância de transporte (Ren et al., 2015);
- A configuração em "I" tem a receção e a expedição em lados opostos do armazém, o que faz com que todos os produtos fluam na mesma direção havendo menos oportunidade de interferência, e é o mais apropriado para armazéns de grande volume (Bartholdi & Hackman, 2019; Mohamed, 2019). Este *layout* oferece desvantagens na medida em que um frete poderá ter de fazer longas distâncias desde a zona da receção até à zona de expedição, tornando-se pouco eficiente (Bartholdi & Gue, 2004);
- Por último, na configuração em forma de "L", a receção e a expedição encontram-se em lados adjacentes do armazém (Bartholdi & Hackman, 2019; Mohamed, 2019). Nesta configuração, há uma maior deslocação da carga entre cais e existe congestionamento no canto externo, tal como na configuração em "U" (Bartholdi & Hackman, 2019).

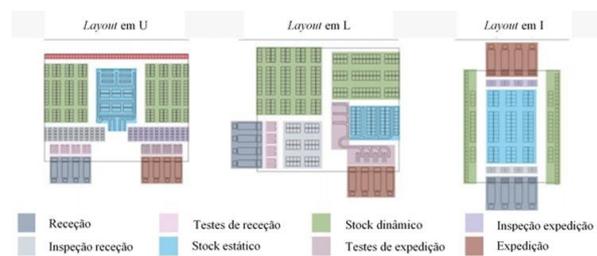


Figura 2.2 - Tipos de layouts de armazéns (Tolstunova, 2019)

Vários autores, como Pujo et al., (2015), Ren et al., (2015), Richards (2014), defendem que *layouts* em "U" são mais eficientes e oferecem um melhor desempenho.

2.2.3. Equipamentos e dimensionamento dos corredores

Um aspeto crucial no *layout* de um armazém é a largura dos seus corredores (Richards, 2014).

O mesmo autor apresenta uma imagem com um empilhador de contrabalanço e um empilhador de alcance, com as respetivas medidas mínimas para a largura de um corredor (3500mm e 3000mm, respetivamente) – Figura 2.2, a baixo.

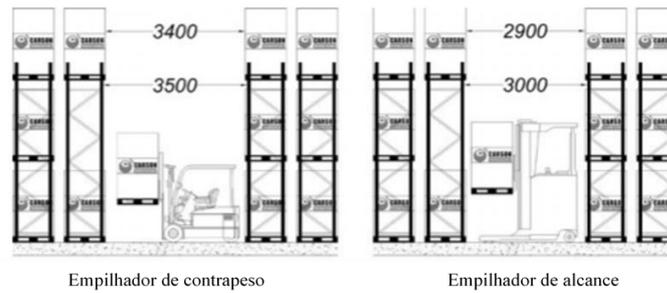


Figura 2.3 - Dimensão de Corredores (Richards, 2014)

2.2.4. Processos logísticos de armazenagem

Num armazém, torna-se importante organizar adequadamente as mercadorias na área de armazenagem de modo a melhorar o ciclo de implementação das operações de armazém (Dudziak & Szymlet, 2020). Os produtos são recebidos, armazenados e sucessivamente colocados numa área de separação de acordo com os pedidos dos clientes, para posterior libertação dos mesmos. A localização da área de receção e expedição, a política de armazenagem e a política de separação de pedidos são processos que influenciam o fluxo de materiais (Burinskiene et al., 2018).

Klodawski et al. (2017a), define o processo de armazenagem como um conjunto de atividades que estão associadas ao recebimento, armazenagem, recolha, separação e envio de bens materiais, em locais devidamente adaptados para este fim, e perante certos aspetos organizacionais e tecnológicos, tal como é ilustrado na Figura 2.3.

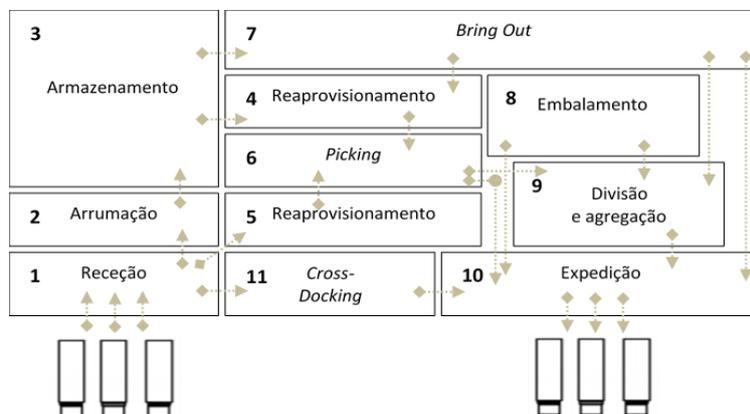


Figura 2.4 - Processos logísticos do armazém (Adaptado de Klodawski et al., 2017b)

Os principais processos e as respetivas atividades serão posteriormente definidos.

▪ Receção

A receção da mercadoria no armazém envolve o processo de descarga e entrada física da mesma em armazém seguido do registo no sistema interno de TI. Posteriormente, a mercadoria é submetida a um controlo e são identificadas as condições de armazenagem (Dudziak & Szymlet, 2020). Esta etapa também inclui a triagem e classificação de produtos e a pré embalagem de remessas a granel em remessas menores antes de estas serem movidas para o seu local de armazenagem (Farahani et al., 2011). A comunicação entre o armazém e o fornecedor é essencial para que seja atribuída uma porta de descarga adequada, em função do meio de transporte e da mercadoria transportada. O fator que deve determinar

a escolha do local de descarga é a menor distância que as unidades de descarga devem percorrer entre a área de recepção e o local final da área de armazenagem, de modo a aumentar a capacidade de organização das mercadorias no armazém e reduzir o tempo necessário para a descarga (Dudziak & Szymlet, 2020).

- **Arrumação (*Put-Away*)**

A arrumação é a fase em que os artigos recebidos são transportados para áreas de armazenagem e colocados em localizações específicas. Os elementos desta fase podem incluir a preparação das unidades para armazenagem (reembalagem, rotulagem), se não foram preparados durante a fase da recepção (Michał Klodawski et al., 2017a) e o movimento de produtos para locais de serviços especializados e locais de embarque de saída (Farahani et al., 2011).

- **Armazenagem**

A armazenagem de mercadorias trata-se dos processos de aceitação e alocação da carga para o local certo do armazém e permanência nesse mesmo local enquanto não é requerida para expedição. O planeamento apropriado da armazenagem do produto é necessário para aumentar a eficiência das operações do armazém. Para tal, os produtos são classificados em grupos que atendem aos critérios comuns (Dudziak & Szymlet, 2020).

- **Reaprovisionamento**

O reaprovisionamento trata-se do transporte da mercadoria para a área do *picking* (Klodawski et al., 2017a). Os meios de transporte interno são usados com o objetivo de uma comunicação eficiente entre os diferentes setores do espaço do armazém (Dudziak & Szymlet, 2020).

- ***Picking***

O *picking* é um dos processos mais importantes que ocorre num centro de logística. É uma atividade relacionada com a preparação de pedidos e tem como objetivo recolher e combinar artigos localizados em diferentes unidades de carga para criar um pedido do cliente. Para que o processo de *picking* seja mais eficiente, deve ser emitida uma lista de artigos, bem como informações de onde as mercadorias devem ser preparadas para a sua expedição. A rota no armazém deve ser planeada de forma a que o colaborador não tenha de retornar aos mesmos locais várias vezes (Dudziak & Szymlet, 2020). A disposição do *layout* do armazém deve ser um fator com influencia na escolha da localização do *picking*, uma vez que colocar este processo próximo da armazenagem irá reduzir o tempo de preparação de pedidos (Alves, 2012).

- **Expedição**

O último elo no processo de armazenagem é o processo de expedição de mercadorias. Consiste na recolha do número apropriado de unidades de carga, verificação da conformidade segundo as especificações requeridas e transferência para o veículo de transporte (Dudziak & Szymlet, 2020). Esta atividade também pode incluir a classificação e o embalamento do produto para um cliente específico ou a proteção do produto para evitar que este seja danificado (Farahani et al., 2011).

2.2.5. Critérios de arrumação e classificação do produto

De modo a facilitar a gestão de inventário, deve-se começar pela classificação dos produtos, agrupando-os em famílias, segundo características semelhantes. Este agrupamento de produtos semelhantes facilita os esforços de gestão para estabelecer estratégias de inventário focadas para segmentos de produtos específicos (Tien et al., 2019). Budyanti (2019) acrescenta que a classificação por agrupamento também ajuda a combater itens obsoletos, quer sejam matérias-primas ou componentes, ajuda na disposição dos *stocks* nas lojas e nos métodos de distribuição e movimentação.

Uma das decisões primárias a tomar são definir os critérios de arrumação dos produtos, que podem ser três: fixo, aleatório e misto. O sistema de localização fixo ocorre quando existe um local de armazenagem definido para cada produto/família. A principal vantagem deste critério é permitir aos colaboradores memorizarem a localização e acelerarem o processo de arrumação e recolha mas, por outro lado, tendo como principal desvantagem o local não poder ser utilizado para a armazenagem de outros produtos quando existe a rotura de *stock*. Por outro lado, o sistema de localização aleatória ocorre quando os produtos/famílias de produtos são colocados no *slot* mais eficiente disponível, sendo que a maior desvantagem é a dificuldade na localização dos produtos em armazém. Por fim, relativamente ao sistema de localização mista, tal como o nome indica, consiste na junção dos dois critérios anteriores (Richards, 2014).

O processo de classificação reconhece que nem todos os produtos têm as mesmas características ou grau de importância, uma vez que são baseados em volume de vendas, contribuição para o lucro, valor de *stock*, taxa de uso e natureza do item. (Tien et al., 2019). Desta forma, a Análise ABC, devido à sua simplicidade, é a análise mais usada para a classificação do produto em grupos (Lorenç et al., 2018).

A análise ABC é baseada no Princípio de Pareto, frequentemente chamada de regra 80/20, cuja essência é: o controlo de um pequeno número de elementos permite gerir a situação como um todo (Nuzhna et al., 2019). Esta análise fundamenta-se no consumo de produtos durante um determinado período e serve para classificar *stock* segundo a sua importância (Budyanti, 2019). Os artigos classificados por “A” são produtos de alto volume e frequentemente movimentados – 20% dos produtos correspondem a 80% do valor total do inventário, sendo os produtos com maior importância económica; os artigos de volume e movimentação moderada são categorizados por “B” – 30% dos produtos correspondem a 15% do valor total do inventário; e os artigos de baixo volume ou pouco movimentados são categorizados por “C” – estima-se que cerca de 50% dos produtos correspondem a 5% do valor total do inventário, sendo produtos que não exigem um controlo tão rígido comparativamente às duas categorizações anteriores (Budyanti, 2019; Maheswari & Kalyan, 2020; Tien et al., 2019).

Maheswari e Kalyan (2020) distinguem como vantagens desta análise: (i) O controlo mais próximo e restrito sobre os itens que representam a maior porção no valor do *stock* total; (ii) O investimento em *stock* poder ser regulado e os fundos poderem ser utilizados da melhor forma; (iii) Ajudar a manter *stock* de segurança suficiente para os itens da categoria “C”; (iv) O controlo científico e seletivo para auxiliar na manutenção do índice de rotação do *stock*.

▪ **Análise ABC e o layout**

Geralmente, a política de armazenagem ABC é a mais utilizada no *layout* dos armazéns para que os produtos solicitados com mais frequência sejam alocados para os locais mais acessíveis e mais próximos da área de expedição (Richards, 2014; De Koster et al., 2017).

Koster et al. (2017) e Klodawski et al. (2017b) afirmam que, baseados na análise ABC, os produtos de classificação A deve ser armazenados mais próximos do local de expedição, contrariamente aos produtos de classificação C que são armazenados mais longe desse local.

2.2.5.1. Identificação da localização dos produtos

Um sistema de codificação simplifica a identificação da localização de qualquer artigo, facilitando e simplificando as operações numa empresa (Zapata-Cortes et al., 2020).

Este método auxilia a criação de famílias, aumenta a rapidez da pesquisa, reduz arquivos duplicados, promove a padronização do *design* (Lemos et al., 2018) e diminui o custo operacional do armazém através da redução da distância necessária para o manuseamento de materiais, quando os produtos são alocados de forma adequada (Zapata-Cortes et al., 2020).

Desta forma, a armazenagem de produtos relacionados por famílias pode ser muito vantajosa para melhorar a utilização do espaço através da armazenagem de produtos de tamanhos ou formatos semelhantes, simplificar a arrumação através da armazenagem de produtos por fornecedores, de modo a facilitar a armação do mesmo após receção no armazém, reduzir a necessidade de equipamentos especializados de armazenagem e facilitar a arrumação por requisitos de segurança (Bartholdi & Hackman, 2019).

De modo a melhorar o entendimento da localização dos produtos, Ackerman (1997) sugeriu um sistema de localização composto por seis dígitos, demonstrado na Figura 2.5.



Figura 2.5 - Sistema de localização de produtos (Adaptado de Ackerman, 1997)

2.3. Armazenagem na indústria siderúrgica

A gestão de armazenagem é um dos processos mais relevantes na eficiência das cadeias de abastecimento da indústria do aço (Zapfel & Wasner, 2006).

2.3.1. Estanteria

Os processos de armazenagem no setor siderúrgico são complexos. O posicionamento de *stock* em distintas fases leva à redução do ciclo de produção e o capital retido em *stock* é uma preocupação constante (Monlevade, 2019).

Dias (2010) afirma que para o armazenamento de peças de grande comprimento, volume e peso, como barras, tubos, perfis e chapas, o cantiléver é o melhor método. O cantiléver é uma estrutura de barras metálicas em balanço e que se encontra perpendicular ao corredor. Johncox (2017) acrescenta que estas estruturas podem ser de face única ou de dupla face, sendo acedidas apenas por um ou dos dois lados, respetivamente. Geralmente, a altura desta estrutura varia entre os 2500mm e os 8000mm e os braços que suportam os artigos variam entre 500mm e 2200mm (Engesystems, 2021). As vantagens inúmeradas são a facilidade de uso, a rapidez na carga e descarga, a flexibilidade de ajustamento de prateleiras, o baixo custo de implementação, a acessibilidade fácil e a boa seletividade e velocidade de armazenagem. Além de que são mais económicos quanto maior for o comprimento do artigo. Richards (2014) afirma que os artigos que apresentam uma grande movimentação em armazém devem ser colocados nas fileiras intermédias das prateleiras para facilitar o processo de *picking*, enquanto os artigos de baixo movimento devem ocupar as prateleiras mais baixas e mais altas.

2.3.2. Equipamentos de movimentação

Equipamentos de movimentação representam um grande custo para uma organização, mas estes podem afetar muitos aspetos das operações da organização (Farahani et al., 2011).

Em armazéns siderúrgicos, com a utilização de cantiléveres é possível a utilização tanto de pontes rolantes como de empilhadores. Este último equipamento tem a vantagem de aumentar a velocidade de movimentação (Cipriano & Luciano, 2020).

A ponte rolante é um equipamento de transporte e elevações de cargas em armazéns industriais intrinsecamente ligado à linha de produção e/ou armazenagem, em áreas limitadas. Este equipamento é constituído por uma viga suspensa, ligeiramente abaixo do nível do teto, e faz uma trajetória horizontal em dois sentidos, ficando limitado pelo comprimento da viga. Tem uma capacidade de transporte de até 300 toneladas e é muito referenciado para a “armazenagem de ferro para construção, produtos acabados como chapas de aço e bobines, processo siderúrgico e metalúrgico, linha de produção de construção pesada, receção de carga de grandes proporções e peso”. Por outro lado, os empilhadores são um motorizado que eleva carga através de dois garfos, sendo um dos sistemas de movimentação mais versáteis em *layouts* industriais. São equipamentos capazes de fazerem elevações até 5 metros de altura e carregar até 2,5 toneladas de carga. Existem duas classes principais de empilhadores, frontais e laterias, sendo que o último oferece tanta ou mais vantagem uma vez que consegue fazer as mesmas funções que o frontal e até de uma ponte rolante (Dias, 2010). No entanto, o mesmo autor afirma que a ponte rolante empilhadora é o equipamento que agrega as funções da ponte rolante e do empilhador, solucionando alguns dos seus problemas individuais. Este equipamento tem duas vigas onde agregado se encontra um carrinho giratório com dois garfos reguláveis, capaz de cobrir todo o perímetro e transportar diversos tipos de produtos, entre eles perfilados, tubos, perfis e chapas tanto para outras prateleiras como para máquinas ou expedição.

2.4. Conclusões da revisão da literatura

Neste capítulo, foram abordados métodos e conceitos existentes na literatura essenciais para a resolução de propostas de melhoria do atual *layout*.

Van Den Berg (2007) aborda três tipos de armazéns, sendo eles de distribuição, de contrato e, o aplicável ao presente caso, de produção. O autor afirma que os armazéns de matéria-prima, produto semiacabado e produto acabado devem ser agregados apenas em um armazém de modo a melhorar a utilização do espaço, equipamentos e fluxos de materiais.

Foram apresentados cinco conceitos para a configuração de um *layout*: de um ou dois blocos (Öztürkoğlu & Hoser, 2019) e em U, L e I (Tolstunova, 2019). Conclui-se que o conceito de *layout* de um bloco não é aplicável ao caso em estudo, uma vez que este é ideal para armazéns de cargas unitárias, tal como o *layout* em “L” por ser a configuração mais propícia a congestionamentos, algo que se quer corrigir no atual *layout* da empresa.

Foi estudado que, para a arrumação e classificação dos produtos, estes devem ser primeiramente agregados em famílias, de modo a agilizar a arrumação e a combater produtos obsoletos (Budyanti, 2019; Tian et. al., 2019). Quanto aos critérios de arrumação, podem ser arrumados em locais aleatórios, em que os produtos são colocados nos locais disponíveis; fixos, onde os produtos são arrumados em locais definidos; ou mistos, um critério que junta os dois anteriores (Richards, 2014). Por fim, os produtos também devem ser classificados em grupos segundo a sua importância, sendo classificados como “A” os produtos com alto volume e frequentemente movimentados, consequentemente, classificados com “C” aqueles que apresente baixo volume e pouca movimentação (Budyanti, 2019; Maheswari & Kalyan, 2020; Tien et al., 2019). Os produtos mais solicitados devem estar mais próximos de zonas mais acessíveis e da expedição (Richards, 2014; De Koster et al., 2017). Ackerman (1997) propõe um sistema de localização dos produtos com seis dígitos de modo a alocar e simplificar a arrumação dos produtos.

Por fim, Dias (2010) afirma que os cantilêveres são a estanteria mais adequada para produtos siderúrgicos, devido à facilidade de acesso, velocidade na carga e descarga e baixo custo de implementação. E, relativamente aos equipamentos de movimentação, os adequados à indústria são os empilhadores, pontes rolantes e as pontes rolantes empilhadoras (Dias, 2010; Cipriano & Luciano, 2020), sendo que os corredores entre estantes têm de ter uma largura de 3500mm para que os empilhadores frontais consigam operar (Richards, 2014).

3. Metodologia

Este capítulo encontra-se dividido em duas secções: a metodologia utilizada no projeto e a descrição de cada etapa do caso de estudo.

3.1. Metodologia

O principal objetivo deste projeto é encontrar uma solução para a empresa aumentar a sua produtividade e capacidade de armazenagem de produto acabado, sem que a produção pare.

De modo a atingir esse objetivo, foi realizada uma abordagem qualitativa. De acordo com Yin (2009), é possível classificar o estudo em três grupos: descritivo, explicativo e, no caso deste projeto, exploratório, uma vez que consiste em esclarecer um determinado problema tornando-o mais explícito.

De modo a responder às questões de pesquisa e atingir os objetivos principais, foi escolhida a metodologia por caso de estudo, uma vez que:

- O cerne da pesquisa é o “como”;
- O investigador tem pouco controlo sobre os eventos;
- O foco da pesquisa está num fenómeno contemporâneo dentro do contexto da vida real.

O presente projeto trata-se de um caso de estudo uma vez que se trata de uma investigação aprofundada sobre a qual o investigador tem pouco ou nenhum controlo, e que utiliza métodos de pesquisa qualitativa que dependem do uso de várias fontes de dados.

3.2. Etapas da pesquisa

O tema do presente projeto “Proposta de melhoria das atividades de gestão de armazém da Ferpinta Moçambique” ocorreu por sugestão própria, a qual foi aceite. Depois de entrevistas não-estruturadas, guiadas por um roteiro de perguntas, ocorridas com a empresa, surgiu a oportunidade de estudar e propor melhorias na organização e gestão dos armazéns de MP e PA, uma vez que estes não seguem nenhum planeamento nos *layouts* ou processos logísticos de armazenagem.

De modo a responder tanto aos objetivos como às questões de investigação do projeto (§1.2.4.), foram traçadas quatro etapas para a elaboração do projeto, a seguir descritas.

3.2.1. Etapa 1: Contextualização do problema

A primeira etapa da pesquisa consiste na descrição do problema em estudo, incluindo uma breve caracterização do conceito de siderurgia e esta indústria em Moçambique, e o Grupo Ferpinta, com foco na Ferpinta Moçambique, e a sua gestão de armazém.

A realização desta etapa foi maioritariamente através de levantamento *in situ* às instalações, onde foram recolhidas diversas informações: documentos relativos ao histórico dos fluxos, histórico dos *stocks*; portefólio e planta das infraestruturas, que foram utilizadas para analisar os *layouts* e os produtos; visualização direta das instalações e interpelação dos colaboradores para melhor compreensão dos *layouts*, organização e fluxos internos; medições internas dos fluxos dos produtos para determinar as distâncias percorridas entre linhas de produção e áreas de armazenagem; entrevistas não-estruturadas (Anexo A) direcionadas ao Diretor Geral e ao Responsável Logístico de forma a recolher informação sobre os requisitos logísticos e de negócio e sobre as perspetivas de gestão de armazenagem, e outros dados a nível da unidade fabril, como o tipo de armazém, os equipamentos de movimentação de cargas utilizados, as estruturas de armazenagem existentes, áreas de armazenagem e maquinaria. Este método de entrevista foi o escolhido uma vez que “o objetivo é reunir dados valiosos sobre as experiências dos participantes, sem impor restrições” (Wilson, 2014).

Para a medição entre cada ponto médio das áreas onde se encontram as linhas de produção e as respetivas áreas de armazenagem de PA, recorreu-se à medição direta e à planta do armazém. As medições realizadas *in situ* foram comparadas com resultados já obtidos previamente por um colaborador da empresa. Posteriormente, adaptou-se um valor global médio para a comparação referida sendo que o mesmo ocorreu para o cálculo das distâncias percorridas pela MP, entre a porta de receção e o ponto médio das respetivas áreas de armazenagem até à sua localização final, o *buffer*, perto das linhas de transformação de MP. As distâncias foram calculadas tendo como pressuposto os percursos dos empilhadores nos corredores centrais da fábrica.

Relativamente à introdução de estanteria, recorrendo ao portefólio de PA da empresa, fez-se uma média do espaço que um conjunto de atados de PA ocupa atualmente. Desta forma, foi possível estimar quantos atados de PA a empresa consegue armazenar por área de armazenagem.

3.2.2. Etapa 2: Pesquisa bibliográfica

A segunda etapa tratou-se da pesquisa bibliográfica cujas ferramentas de pesquisa empíricas utilizadas foram, essencialmente, a *B-on*, o *Google Scholar*, o *Science Direct* e o *ProQuest*, de onde surgiram teses, dissertações, livros, jornais e revistas científicas, fontes essenciais para a elaboração dos fundamentos teóricos apresentados.

Nesta etapa, foram apresentados os conceitos de logística e cadeia de abastecimento, foram aprofundados os temas da gestão de armazém, incluindo os processos logísticos de armazenagem e os vários tipos de *layout* existentes e, por fim, a gestão de inventário, onde foram abordados critérios de arrumação, classificação e localização do produto no armazém.

3.2.3. Etapa 3: Análise dos dados obtidos

A terceira etapa envolveu a análise dos dados recolhidos e dos problemas encontrados para a elaboração de três novos *layouts* da fábrica, com recurso à revisão bibliográfica anteriormente descrita.

Para a primeira proposta, este segmento do problema envolveu a reorganização das áreas de armazenagem de MP e PA, encontrar locais próprios para a expedição de mercadoria e a simplificação das movimentações internas, tanto de MP como de PA. Relativamente às duas propostas seguintes, além das etapas anteriores, as portas de entrada/saída de veículos foram transformadas em cais de receção/expedição e a largura dos corredores principais foi reduzida para o espaçamento necessário para a utilização de empilhadores. Além disso, em todas as propostas foi realizada uma arrumação segundo a análise ABC a fim de ter os produtos priorizados na sua área de armazenagem em termos de importância de volume movimentado, de modo a minimizar as distâncias percorridas para arrumação e expedição. Para tal, os produtos foram listados em ordem decrescente de acordo com o histórico de vendas, foi calculada a percentagem de peso individual e cumulativa e foi atribuída a respetiva classe.

Para as Propostas 1 e 3 ainda se realizou uma análise de três cenários com cantiléveres para os armazéns de PA para aferir se a capacidade de armazenagem aumenta aquando da introdução de estanteria comparativamente ao cenário atual de arrumação em massa.

3.2.4. Etapa 4: Apresentação e avaliação das propostas de melhoria

A última etapa refere-se à comparação entre propostas através de três indicadores: o total de área de armazenagem de MP e PA, a quantidade de atados de PA armazenados e o total da distância percorrida entre linhas de produção e áreas de armazenagem. Através da comparação dos indicadores das várias propostas com o cenário atual, é refletida e apresentada a proposta que mais se adequa aos objetivos da empresa. Por fim, também são apresentadas as conclusões do projeto e propostas de trabalho futuras.

4. Caso de Estudo e Propostas

Neste capítulo apresenta-se uma descrição da situação atual relativamente ao *layout*, áreas de expedição, fluxos internos de MP e PA e arrumação de PA, conforme a terceira etapa da metodologia. A partir dos dados obtidos após análise, são aplicados métodos qualitativos para a elaboração das propostas. Por fim, são apresentadas três propostas de melhoria com a análise dos respetivos resultados. A primeira e a terceira propostas são propostas com necessidade de mais investimento devido à introdução de estanteria e adaptação das existentes pontes rolantes. A segunda proposta é uma alternativa menos dispendiosa, uma vez que usa o método atual de arrumação em massa.

4.1. Diagnóstico da situação atual

A empresa, quando instalada na Beira, em Moçambique, adquiriu o armazém e instalou as suas máquinas, fazendo poucas mudanças estruturais até aos dias de hoje. O facto da empresa aumentar consecutivamente as suas vendas nos últimos anos, fez com que os armazéns ficassem sobrelotados e os processos fossem executados por conveniência e praticidade, levando a uma falta de planeamento no *layout* do armazém, resultando numa alocação pouco eficaz dos produtos no espaço.

Todas as informações foram recolhidas a partir de entrevistas feitas ao Diretor Geral e ao Responsável Logístico da empresa (Anexo A) e a partir de observação direta do trabalho operacional do chão de fábrica.

4.1.1. Descrição do *layout*

A unidade fabril da Ferpinta Moçambique trata-se de um armazém de produção, uma vez que agrega MP, produto semiacabado e PA na instalação de produção (Van Den Berg, 2007).

A fábrica da Ferpinta Moçambique tem uma área aproximada de 12.000m² (80m x 154,5m), e está dividida entre duas zonas que diferem em pé direito livre (delineadas a amarelo): a primeira zona com 15 metros de altura, onde se encontram a MP, os PR e algum *stock* de chapas e tubos; e a segunda zona, onde se encontram todas as unidades de produção de PA e respetivas áreas de armazenagem, tem 9 metros de altura. Existem nove linhas de produção, embora duas das linhas se encontrem atualmente inativas (máquinas 1 e 4). A fábrica possui três corredores principais: um corredor vertical e dois corredores horizontais, todos com cerca de 5 metros de largura. Devido às dimensões dos mesmos, os veículos de cargas e descargas entram diretamente no interior da unidade fabril aquando do processo de expedição. A fábrica possui duas entradas de veículos (portas 1 e 2) e uma saída (porta 0). A última porta é igualmente onde se dá a entrada de MP.

A medição realizada em campo na fábrica da Ferpinta Moçambique, para a obtenção das áreas de armazenagem de MP, PA e PR, está representada na imagem simplificada da planta, na Figura 4.1, a seguir:

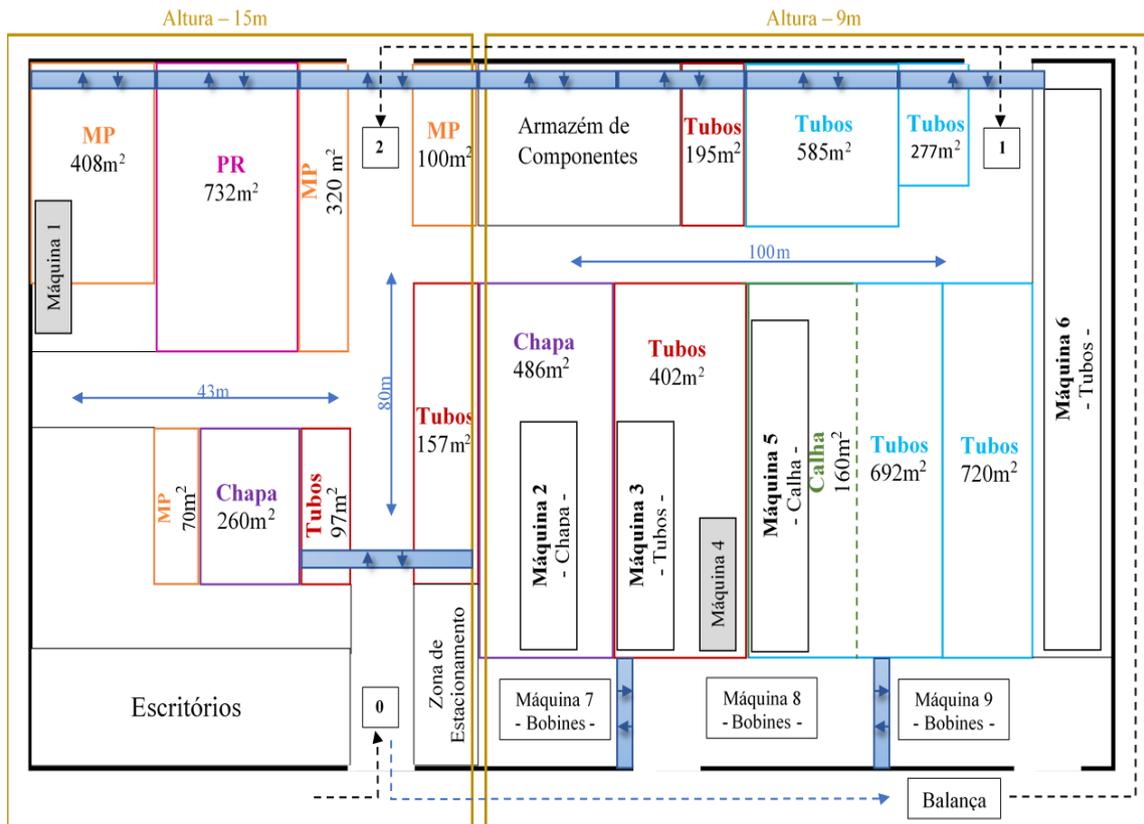


Figura 4.1 - Layout atual simplificado da fábrica com áreas dos armazéns

Do portfólio de produtos siderúrgicos, as bobines de aço preto são os únicos produtos armazenados no exterior do armazém por serem materiais que não sofrem oxidação, auferindo mais espaço de armazenagem interna de MP. Todos os produtos em armazém são transportados maioritariamente por ponte rolante – oito na vertical e duas na horizontal (representadas a azul na Figura 4.1 e dois exemplos no Anexo B), mas também por empilhadores frontais e reboques.

A unidade fabril da Ferpinta Moçambique tem um layout tradicional de dois blocos e, devido à disposição das entradas e saídas, tem uma configuração em “I”, sendo a configuração mais apropriada para armazéns de grande volume. Esta configuração tem como vantagem a diminuição dos cruzamentos entre fluxos, mas como desvantagem as longas distâncias entre as zonas de receção e expedição (Öztürkoğlu & Hoser, 2019; Tolstunova, 2019).

4.2. Análise de dados

4.2.1. Inexistência de áreas de expedição

Relativamente ao processo de expedição do PA, antes do veículo entrar na fábrica para ser carregado, passa por uma balança localizada na área exterior frontal da fábrica para se aferir a tara do mesmo. Após

pesagem, os veículos de transporte podem entrar por duas entradas diferentes (portas 1 e 2), consoante o produto que vão carregar, e fazem o carregamento nos corredores, que têm capacidade para vários carregamentos simultâneos. Para o carregamento dos produtos, os veículos ou param em todas as localizações de *stock* de produto a carregar ou os vários produtos de uma rota são consolidados por rota de expedição em alguma zona do armazém, consoante a praticidade da carga, não existindo uma área definida de expedição (exemplo no Anexo C).

O facto de não existir um local definido para a expedição do material complica a tarefa do responsável do armazém na preparação da encomenda e do cliente na sua recolha. Outras das principais consequências deste método são: haver produtos em *stock* misturados com produtos de expedição, por se encontrarem presentes no mesmo local; quando existe mais do que um veículo de carga, existe congestionamento no corredor de abastecimento se os locais das várias encomendas não forem bem planeados; e, quando os produtos da mesma encomenda não são agregadas num local, a paragem do veículo de expedição em diversos pontos ao longo do corredor do armazém para a sua recolha diminui a produtividade da expedição e cria mais constrangimentos aos restantes fluxos físicos do armazém.

4.2.2. Movimentações internas da matéria-prima e produto acabado

Relativamente ao processo *inbound*, a MP, antes de entrar na fábrica, deveria ser pesada para efeitos de confirmação mas, uma vez que, após a pesagem, o veículo teria de dar a volta toda ao armazém até à porta 2, perdendo muito tempo, esta etapa é frequentemente saltada. Por conveniência, as encomendas de MP acabam sempre por entrar pela porta de saída de veículos de carga (porta 0).

Apesar deste acontecimento, continuam a ser diversas as movimentações internas da MP desde o seu local primário de armazenagem até às linhas de produção. No anexo D é possível verificar os diversos locais pelos quais a MP percorre até chegar ao *buffer* de MP (laranja). As bobines são primeiramente armazenadas nos locais 1 e 2, em duas camadas segundo a sua espessura. Posteriormente são transportadas para os locais 3 e 4, onde permanecem até que os locais do *buffer* de MP fiquem sem bobines. Uma vez que as bobines têm locais primários e secundários de armazenagem distantes, estas movimentações entre extremos do armazém tornam-se dispendiosas para a empresa em termos de custos de movimentação e do ponto de vista da produtividade.

Quanto ao processo *outbound*, após o *picking* da MP para as linhas de produção, o PA é transportado para as zonas de *stock* correspondentes, onde é empilhado por subfamílias de produtos em atados – nomenclatura da empresa para um conjunto de produtos da mesma família com o mesmo formato, tamanho e espessura, amarrados com fitas de cintar de modo a que se confeccione uma unidade de carga sólida com cerca de 1000kg.

No Anexo D também é possível verificar as diversas movimentações que a chapa faz para ser armazenada desde que sai da linha de produção (roxo). Os seus locais de armazenagem são muito dispersos e longínquos fazendo com que os colaboradores internos percorram maiores distâncias para a sua arrumação. O mesmo ocorre com os tubos (vermelhos) que depois de saírem da linha de produção

e serem armazenados nessa mesma área, também são armazenados nos locais 3 e 4 (vermelho), percorrendo praticamente metade da unidade fabril. No mesmo anexo ainda está exposta a Tabela D.1 onde é possível verificar as atuais movimentações internas, medidas em metros, da MP e dos PA, segundo os números apresentados na Figura D.1, presente no mesmo anexo.

4.2.3. Arrumação do produto acabado

Relativamente às zonas atribuídas para o *stock* de PA, estas têm poucas regras rígidas de arrumação.

Após fabrico, e uma vez que não existe estanteria, o PA é arrumado aleatoriamente dentro da sua área de *stock*, em conjuntos de atados empilhados. Estes são dispostos em conjuntos médios de 10x8 (dez atados em largura por oito atados em altura) no caso dos tubos e das calhas; e em conjuntos médios de 1x15 (um atado em largura por 15 atados em altura) no caso da chapa. Embora seja possível empilhar mais atados em altura, vista a altura da fábrica, a empresa opta por não o fazer devido à instabilidade do empilhamento em massa e pelas características das pontes rolantes.

Segundo teorias estudadas, antes da arrumação dos produtos, estes devem ser primeiramente agrupados segundo características semelhantes, algo que a empresa já faz quando agrupa os produtos em atados. Relativamente ao critério seguido pela empresa, esta utiliza o critério de arrumação misto (§2.2.5.2.), isto é, os produtos são armazenados em locais aleatórios, mas por grupos segundo características comuns (exemplo no Anexo E). Por outro lado, no processo de arrumação dos produtos, a empresa utiliza locais aleatórios, uma vez que os produtos são colocados no *slot* mais eficiente disponível. Mas o facto de ser necessário procurar um espaço livre diminui a produtividade dos processos de arrumação e *picking*.

4.2.4. Estruturas de armazenagem do produto acabado

Relativamente às estruturas de armazenagem, os armazéns de PA não detêm nenhuma. Os produtos são empilhados em massa (Anexo E), como descrito anteriormente. Entre os conjuntos de atados existem corredores com cerca de um metro de largura, uma vez que os produtos são transportados maioritariamente por ponte rolante. No entanto, acaba por se tornar uma dificuldade visto que os produtos dos níveis inferiores de armazenagem acabam por permanecer mais tempo em armazém, chegando a ficar, muitas vezes, danificados. Além disso, através da arrumação em massa, o processo de *picking* acaba por se tornar mais longo.

4.2.5. Conclusões do caso de estudo

Contrariando o panorama atual provocado pela Covid-19, a Ferpinta Moçambique atravessa um período de aumento das vendas, tanto em mercado interno como externo.

O facto de a empresa ter aumentado a sua quota de mercado provocou um aumento da importação de MP e produção de PA. A sobrelotação da atual fábrica na Beira é uma das causas que motiva e

justifica a necessidade de reestruturar o atual *layout* face à alteração estratégica da empresa. Além disso, a revisão do *layout* também é suportada pelo facto de se observarem cruzamentos entre fluxos, elevadas distâncias percorridas e elevadas esperas no processo de expedição devido à falta de localizações adequadas para o processo.

Foi acordado com a Ferpinta Moçambique, no âmbito deste projeto, que a reestruturação do *layout* não iria implicar a alteração da localização das atuais linhas de produção, mesmo daquelas que não estão em funcionamento. Considerou-se que as propostas de *layout* se iriam basear não apenas na alteração da disposição de áreas de armazenagem, mas também na alocação de áreas de expedição e na introdução de estanteria adequada a produtos siderúrgicos, de forma a aumentar a atual capacidade de armazenagem do PA.

Após definidos os problemas do caso em estudo, as próximas secções dedicam-se à apresentação de três propostas para solucionar os mesmos.

4.3. Proposta de *layout* 1

A primeira proposta é mais detalhada, por ser elaborada a reorganização do *layout*, e é uma proposta com necessidade de mais investimento devido à utilização de estanteria e consequente adaptação das pontes rolantes existentes.

Primeiramente, de modo a compreender melhor, de uma perspetiva geral, quais as subfamílias de produtos que são mais movimentadas no armazém, elaborou-se uma análise ABC, em quantidades, das subfamílias de produtos expedidos entre o período de 1 de janeiro de 2019 e 31 de outubro de 2020, que pode ser consultada na Tabela 4.1 a seguir apresentada. Desta forma, será mais fácil compreender os produtos com mais e menos rotação em quantidade de expedição em armazém e que, por isso, poderão precisar de um aumento/diminuição da sua área de armazenagem, na elaboração do novo *layout*.

Tabela 4.1 - Análise ABC dos produtos da empresa

PERCENTAGEM DE PRODUTOS EXPEDIDOS - ANÁLISE ABC (KG expedidos entre 01/01/2019 e 31/10/2020)						
Subfamília Produtos	Procura Anual (Kg)	Procura Anual (%)	Procura Anual Acomulada (%)	Produtos (%)	Produtos Acomulado (%)	Classe
Calha Preta	7 208 248,58	31,50%	31,50%	7,69%	7,69%	A
Chapa Galvanizada Ondulada	3 674 092,09	16,06%	47,56%	7,69%	15,38%	A
Tubo Usos Gerais Preto	2 515 786,49	11,00%	58,56%	7,69%	23,08%	A
Chapa Polida	1 904 266,34	8,32%	66,88%	7,69%	30,77%	A
Calha Galvanizada	1 660 290,02	7,26%	74,14%	7,69%	38,46%	A
Tubo Laminado a Frio	1 514 452,86	6,62%	80,76%	7,69%	46,15%	B
Chapa Pré-Lacada Perfilada	1 489 779,22	6,51%	87,27%	7,69%	53,85%	B
Chapa Galvanizada Trapezoidal	1 128 016,30	4,93%	92,20%	7,69%	61,54%	B
Chapa Preta	1 040 632,02	4,55%	96,75%	7,69%	69,23%	C
Chapa Pré-Lacada Ondulada	378 318,82	1,65%	98,40%	7,69%	76,92%	C
Chapa Galvanizada Lisa	310 404,85	1,36%	99,76%	7,69%	84,62%	C
Chapa Pré-Lacada Lisa	44 981,60	0,20%	99,95%	7,69%	92,31%	C
Tubo Sendzimir	10 507,45	0,05%	100,00%	7,69%	100,00%	C

Após a análise da Tabela 4.1 foi possível concluir que os produtos que mais asseguram a sustentação do negócio e que, por isso, requerem mais atenção neste projeto, são os produtos classificados por “A”, nomeadamente: a calha preta, a chapa galvanizada ondulada, os tubos usos gerais pretos, a chapa polida e a calha galvanizada.

Conforme representado na Tabela 4.2, os produtos de classe “A” representam 38,46% dos produtos existentes em armazém que correspondem a 74,14% do volume de vendas, em quantidade, da empresa. No Anexo F é possível visualizar a curva ABC correspondente.

Tabela 4.2 - Síntese da análise ABC

Classe	% Produtos	% Volume de Vendas
A	38,46%	74,14%
B	23,08%	18,06%
C	38,46%	7,80%

Um dos principais problemas encontrados relativamente ao *layout* da unidade fabril foi a falta de planeamento tanto das zonas de armazenagem como das zonas de expedição, o que tem consequências diretas nas elevadas distâncias percorridas na fábrica pelos colaboradores e pelos produtos. Desta forma, o *layout* proposto facilita a visualização física, a identificação, contabilização e o acesso aos diversos produtos, reduz distâncias entre centros de trabalho, melhora a deslocação interna dos materiais através da minimização de distâncias, redução de cruzamento de fluxos e da conversão de fluxos mais claros, e tem um local determinado para a expedição dos produtos.

Neste *layout* proposto, as mudanças realizadas são referentes aos locais de armazenagem da MP e PA, ao novo local de expedição e à colocação de uma nova balança no exterior da unidade fabril.

O *layout* sugerido foi elaborado tendo em consideração todas as linhas de produção existentes e as suas atuais localizações. Tal como mencionado, por requisito da empresa, a alteração das linhas de produção não é considerada devido aos custos envolvidos nessa operação e à necessidade de paragem total da operação.

O *layout* proposto está elaborado na Figura 4.2, a seguir apresentada.

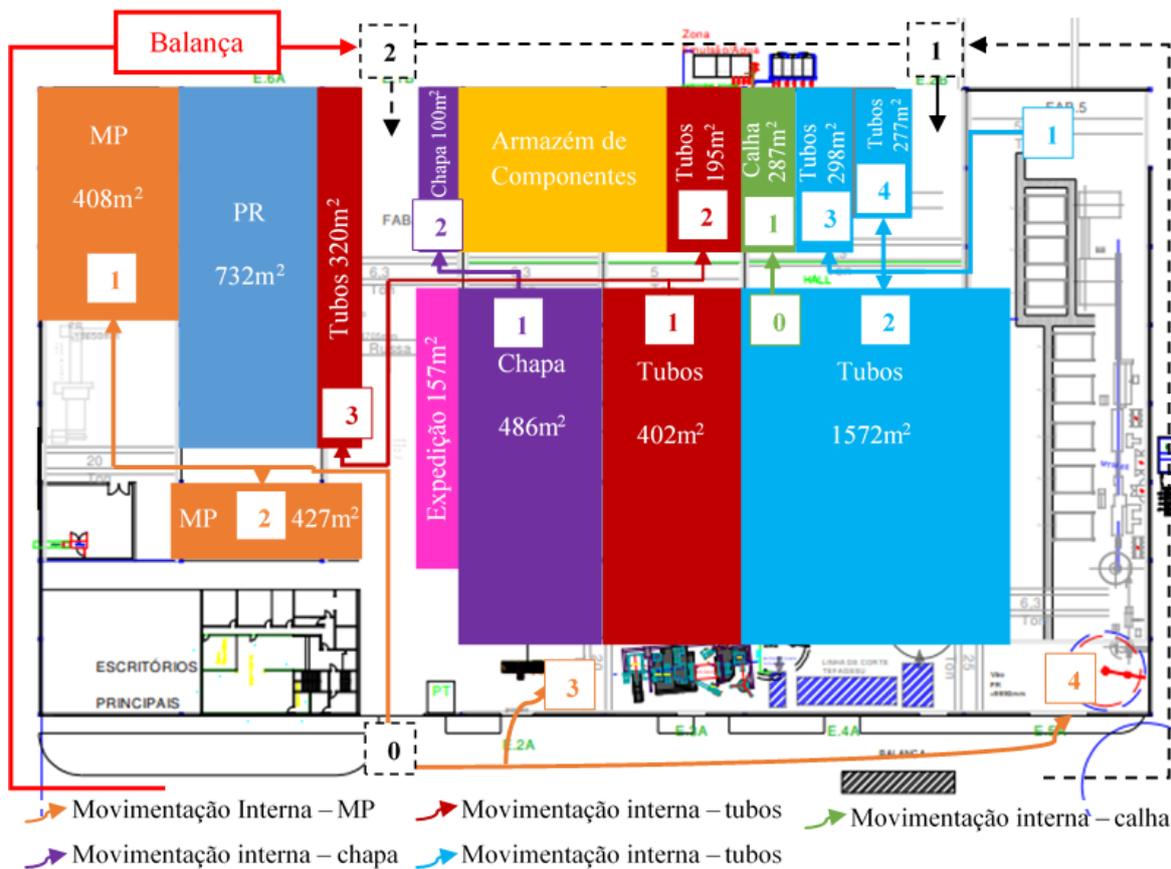


Figura 4.2 - Layout – Proposta 1

Um dos problemas encontrados e relatados pelo Responsável Logístico foi o facto de frequentemente não se realizar a pesagem da MP aquando da sua receção. Isto sucede-se devido ao percurso que o veículo de transporte teria de fazer, após pesagem, até à porta 2, que poderia resultar em possíveis congestionamentos com veículos de expedição. Desta forma, os veículos de MP acabam por entrar pela porta de expedição (porta 0). A porta 0 é, atualmente, tanto uma porta de receção como de expedição de veículos de MP e PA.

Deste modo, a primeira alteração sugerida dentro da primeira proposta é relativa ao percurso de entrada da MP em armazém. Nesta proposta, a MP entra pela porta 2, mas percorrendo o armazém pelo lado inverso (seta vermelha). Esta alternativa tem vantagens diretas na diminuição do congestionamento de veículos na porta de expedição (porta 0). A porta 1 fica como porta principal para veículos de expedição enquanto a porta 2 fica a porta principal de receção e porta secundária de entrada de veículos de expedição, de ambos os lados, havendo menos cruzamentos nos fluxos.

A segunda proposta é relativa à colocação de uma segunda balança externa antes da porta 2. Assim sendo, o peso da MP seria sempre confirmado antes de entrar em armazém, assegurando a conferência das encomendas dos fornecedores relativamente ao seu peso. O facto de haver uma segunda balança também tem o benefício de, caso haja carregamentos simultâneos, haja igualmente pesagens simultâneas.

Ainda relativo à MP, sugere-se que os diversos locais de armazenagem, que são atualmente tão longínquos uns dos outros, sejam todos compactados em dois locais (locais 1 e 2 laranja da figura 4.2) que, embora sejam ligeiramente mais pequenos que os atuais locais juntos, diminui as movimentações da MP até às linhas de produção. E estando a MP toda compactada numa parte do armazém, os cruzamentos com os fluxos do PA são minimizados (explicação no subcapítulo 4.2.3.).

Nesta proposta, a calha é transferida para a área que se encontra à frente da sua atual área de armazenagem, agora com 287m², por serem produtos com grande peso no volume de vendas (verificado na análise ABC) e por serem produtos que levam mais tempo de produção, necessitando de mais *stock*. A mudança do local de armazenagem da calha também permitiu aumentar a área de armazenagem dos tubos (local 2, azul) para um único local, facilitando a arrumação do *stock* dos mesmos.

Foi substituída uma área de armazenagem de chapas (locais 2, a roxo) e retirada uma área de armazenagem de tubos (vermelhos), dada a rotação observada e explicada na análise ABC e de modo a que as áreas ficassem compactadas em zonas por famílias de produtos. Com o cenário proposto, e auxiliado do Anexo G, existe uma diminuição total das áreas de armazenagem de 3%, explicada pela alocação da área de expedição. A família de produtos da chapa é a que detém uma maior redução na sua área de armazenagem, com -21%, e a calha observa um aumento percentual de 79%.

4.3.1. Área de expedição

Foi encontrado um local para a expedição de mercadorias que facilita a organização e preparação da carga para o cliente. Desta forma, existe uma preparação prévia da encomenda e os produtos ocupam um local apropriado para a sua recolha ao invés de ocuparem parte da área de armazenagem de algum produto ou algum dos corredores principais da fábrica.

Esta zona foi colocada estrategicamente junto ao corredor e perto da porta de saída dos veículos de expedição (porta 0), de modo a facilitar tanto o rápido acesso por parte dos veículos como a colocação do material nessa zona. O facto de a expedição estar no lado oposto às entradas dos veículos, vai facilitar o fluxo dos produtos, evitando cruzamentos (*vide* §2.2.2.). Assim sendo, a carga relativa a cada cliente deve ser identificada com as guias de transporte e deve ser colocada nessas zonas por ordem de chegada da encomenda. A preparação, alocação e identificação atempada do material na zona de expedição irá facilitar o transporte, evitar produtos em falta, diminuir o tempo de carregamento dos veículos e dos técnicos que ajudam no processo de carga, promover o fluxo contínuo dos veículos de expedição e diminuir os constrangimentos criados aos restantes fluxos internos.

4.3.2. Análise de Resultados

4.3.2.1. Movimentações internas da matéria-prima e produto acabado

Na Tabela 4.3 são apresentadas médias das movimentações internas efetuadas da MP e do PA, em metros, do atual e novo *layout*. As medições foram realizadas diretamente no local.

Tabela 4.3 – Comparação das movimentações internas da MP e do PA – Proposta 1

MOVIMENTAÇÕES INTERNAS (m)				
Família	Movimentações	Layout Atual	Layout Proposto 1	Comparação (%)
Matéria-Prima	MP0-MP1	100,20	100,20	0%
	MP0-MP2	71,85	58,55	-19%
	MP2-MP3	29,35	75,55	157%
	MP2-MP4	53,65	140,55	162%
	MP4-MP5	76,20	-	-
	MP4-MP6	141,20	-	-
Subtotal		472,45	374,85	-21%
Chapa	CH1-CH2	49,80	14,60	-71%
Subtotal		49,80	14,60	-71%
Tubo (Vermelho)	TV1-TV2	5,00	5,00	0%
	TV1-TV3	31,20	56,20	80%
	TV1-TV4	53,10	-	-
Subtotal		89,30	61,20	-31%
Calha	CLH0-CLH1	1,00	5,00	400%
Subtotal		1,00	5,00	400%
Tubo (Azul)	TA1-TA2	30,00	40,65	36%
	TA1-TA3	47,65	43,65	-8%
	TA1-TA4	58,30	40,65	-30%
	TA1-TA5	42,00	-	-
Subtotal		177,95	124,95	-30%
Total		790,50	580,60	-27%

Analisando a Tabela 4.3, auxiliada pela Figura D.1 do Anexo D e pela Tabela G.1 do Anexo G, comparando o atual *layout* com o proposto, verifica-se uma diminuição de aproximadamente 27% da distância total percorrida em metros pela MP e PA. Observa-se uma diminuição bastante significativa na distância total percorrida pela chapa, conseqüente da mudança do segundo local de armazenagem para uma área mais perto da sua linha de produção. Contrariamente, a distância percorrida pela calha aumenta devido à sua mudança de localização de armazenagem, área que também aumenta em 79%, aproximadamente. Por outro lado, a MP para chegar à zona do *buffer*, tinha de fazer várias deslocações internas, passando por diversas zonas de armazenagem distintas e longínquas. No *layout* proposto, são apenas atribuídas duas áreas de armazenagem de MP, uma em frente à outra e mais perto da zona de receção das bobines e das zonas temporárias de espera. Desta forma, é diminuída a distância percorrida por equipamentos de movimentação entre as áreas de armazenagem da MP e *buffers*, enquanto há menos cruzamento com os fluxos internos de PA e equipamentos.

4.3.2.2. Arrumação do produto acabado

Os critérios de arrumação num armazém são um processo essencial para o aumento de eficiência do processo de arrumação.

Na Ferpinta Moçambique, os produtos são arrumados segundo um sistema de arrumação misto, ou seja, existem áreas para cada família de produtos, mas dentro das mesmas não existe uma ordem de

arrumação. Desta forma, a atribuição do critério de armazenagem segundo a Análise ABC, em quantidade, irá permitir tanto uma arrumação por grau de importância como a otimização dos fluxos internos.

De uma perspectiva mais representativa, como se trata de uma proposta em que as linhas de produção são estáticas, a proposta elaborada refere-se à alocação dos produtos segundo uma classificação ABC dentro da sua área de *stock*. Definir o *layout* em termos da rotação permite colocar os produtos com maior quantidade movimentada mais perto das áreas de expedição, enquanto os produtos com menor rotação são colocados no fundo das áreas de armazenagem. Esta identificação e planeamento visa minimizar o tempo de arrumação ou *picking* dos produtos com grande rotação, pela diminuição da deslocação necessária até aos mesmos, enquanto o tempo e a distância de recolha diminuem.

De modo a agrupar os PA em categorias, segundo a sua rotação, foi elaborada a análise ABC relativamente aos PA expedidos do armazém, por subfamílias. A expedição dos PA, em peso (Kg), corresponde ao período entre 1 de janeiro de 2019 e 31 de outubro de 2020, representada na tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Análise ABC dos produtos expedidos por subfamílias

PERCENTAGEM DE PRODUTOS EXPEDIDOS - ANÁLISE ABC (KG expedidos entre 01/01/2019 e 31/10/2020)						
Família de Produtos	Procura Anual (Kg)	Procura Anual (%)	Procura Anual Acomulada (%)	Produtos (%)	Produtos Acomulado (%)	Classe
Calha						
Calha Preta	7 208 248,58	81,28%	81,28%	50,00%	50,00%	B
Calha Galvanizada	1 660 290,02	18,72%	100,00%	50,00%	100,00%	C
Chapa						
Chapa Galvanizada Ondulada	3 674 092,09	36,85%	36,85%	12,50%	12,50%	A
Chapa Polida	1 904 266,34	19,10%	55,95%	12,50%	25,00%	A
Chapa Pré-Lacada Perfilada	1 489 779,22	14,94%	70,89%	12,50%	37,50%	A
Chapa Galvanizada Trapezoidal	1 128 016,30	11,31%	82,20%	12,50%	50,00%	B
Chapa Preta	1 040 632,02	10,44%	92,64%	12,50%	62,50%	B
Chapa Pré-Lacada Ondulada	378 318,82	3,79%	96,44%	12,50%	75,00%	C
Chapa Galvanizada Lisa	310 404,85	3,11%	99,55%	12,50%	87,50%	C
Chapa Pré-Lacada Lisa	44 981,60	0,45%	100,00%	12,50%	100,00%	C
 Tubos						
Tubo Usos Gerais Preto	2 515 786,49	62,26%	62,26%	33,33%	33,33%	A
Tubo Laminado a Frio	1 514 452,86	37,48%	99,74%	33,33%	66,67%	C
Tubo Sendzimir	10 507,45	0,26%	100,00%	33,33%	100,00%	C

Após a classificação dos PA em A, B e C, sugere-se uma arrumação segundo um critério de proximidade dos locais de expedição e do corredor transversal, uma vez que, tratando-se de um armazém de dois blocos, ter o corredor transversal perto dos produtos com taxas de rotação mais alta reduz as distâncias percorridas entre 6 a 9% (§2.2.5.2.). Os PA classificados como A deverão estar mais próximos destes locais, uma vez que são requisitados com maior frequência. Isto irá permitir reduzir as distâncias percorridas para o processo de expedição, aumentando a eficiência e reduzindo os custos. A Figura 4.3 demonstra o *layout* segundo a análise ABC.

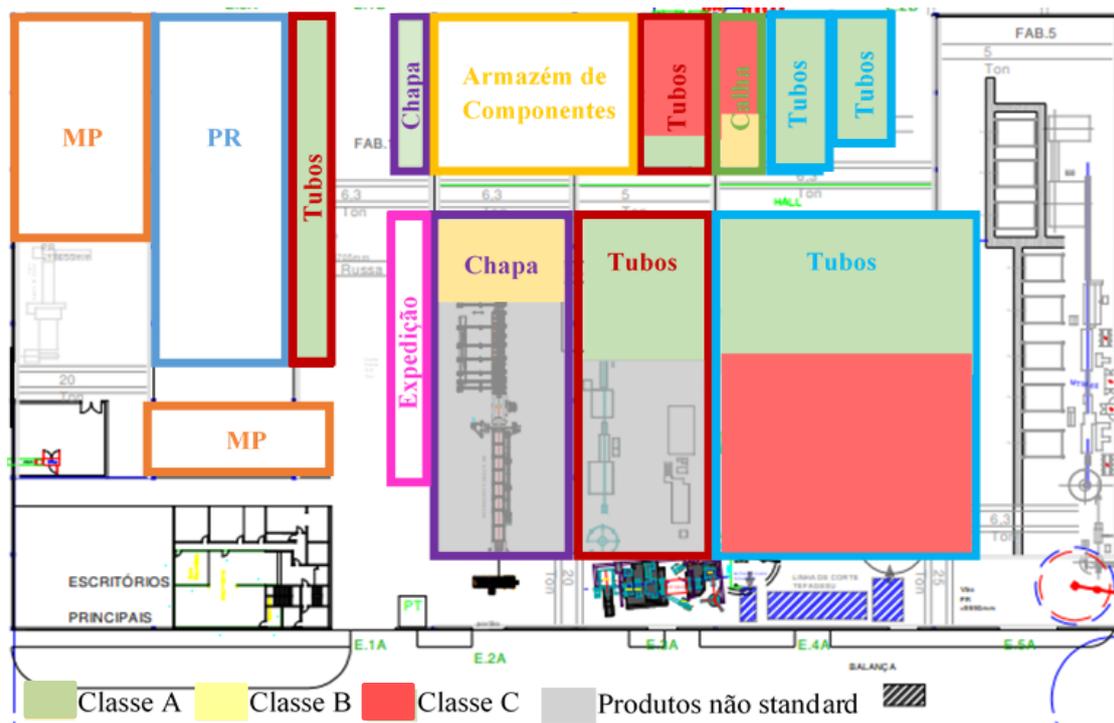


Figura 4.3 - Layout segundo a classificação ABC – Proposta 1

4.3.2.3. Estruturas de armazenagem do produto acabado

Uma vez que o atual armazém de PA não detém qualquer estrutura de armazenagem, a estanteria proposta são os cantiléveres (§2.5.2.1.). Esta estrutura é a mais adequada para armazéns de produtos siderúrgicos por ser fácil de suportar produtos de comprimento, volume e peso variados, características dos produtos siderúrgicos da área fabril da Ferpinta Moçambique.

O objetivo deste subcapítulo é estudar se com a introdução de cantiléveres é possível aumentar a capacidade de armazenagem do PA na vertical.

O cantiléver é uma estrutura de vigas metálicas, unilateral ou bilateral, que se torna de fácil acesso quando são utilizados equipamentos como pontes rolantes ou empilhadores, apesar de estudos recomendarem a utilização de pontes rolantes empilhadoras, uma junção dos dois equipamentos (§2.5.2.2.). Sendo que a empresa já detém os primeiros dois equipamentos de movimentação, seria necessário o investimento na estanteria e/ou garfos para a ponte rolante.

Nos locais de armazenagem em que se encontrem linhas de produção, o critério encontrado foi apenas a utilização de uma pequena área, preferencialmente mais perto do corredor, de modo a não atrapalhar as linhas de produção, tanto durante o seu funcionamento como em caso de haver alguma avaria ou trabalho de suporte. O espaço restante nesses locais de armazenagem fica destinado a produtos não *standard*, através de arrumação em massa.

Segundo dados retirados do site Engesystems (<https://www.engesystems.com.br/estrutura-tipo-cantilever>), citados no subcapítulo Estanteria, a altura destas estruturas varia entre os 2,5 metros e 8 metros, e os braços de suporte do material variam entre os 0,5 metros e os 2,2 metros. Propõe-se que o

comprimento dos braços de suporte seja de 1,5 metros, uma vez que a largura máxima dos produtos presentes nos armazéns de PA é de 1,25 metros, pertencente à chapa preta. Desta forma, a largura dos cantilêveres unilateral e bilateral têm, em média, 2 metros e 3,5 metros, correspondentemente. A altura dos cantilêveres foi escolhida em função do pé direito útil da fábrica onde se encontram, do alcance dos empilhadores da empresa (5 metros de altura) e da funcionalidade das pontes rolantes que, devido ao gancho que têm suspenso, têm de ter um intervalo de três metros até aos cantilêveres. O comprimento da estrutura será de acordo com o comprimento do local de armazenagem mas, além dos níveis, também terá secções de 2 metros de comprimento cada, correspondente à média do comprimento dos produtos acabados.

Para a apresentação da estanteria, foram elaborados três cenários:

- 1. Cenário 1:** cenário em que os empilhadores frontais são usados como equipamento de movimentação principal e a ponte rolante é apenas usada como um equipamento acessório, quando os produtos já estão fora da estanteria. Desta forma, e uma vez que os empilhadores frontais só alcançam 5 metros de altura, os cantilêveres têm também 5 metros de altura (0-4 níveis), independentemente da zona da unidade fabril em que se encontrem, e os corredores têm 3,5 metros de largura, devido à largura e ao ângulo de rotação dos empilhadores. Este cenário conta com uma capacidade média para 14.790 atados (Tabela 4.5);

Tabela 4.5 - Cantilêveres Proposta 1 - Cenário 1

<i>Layout Proposto 1 - Cenário 1</i>					
Famílias	Área m ²	Empilhador (Corredor 3,5m)			Total Atados
		Cantilêveres p/Área	Secções p/Cantilêver	Cantilêveres c/Secções	
Tubos Azul	2 1 572,0	10	20	200	6 000
	3 297,3	4	10	40	1 200
	4 276,9	6	6	36	1 080
Calha	1 287,0	3	10	30	1 200
Tubos Vermelho	1 198,0	4	10	40	1 200
	2 194,8	2	10	20	600
	3 320,0	13	4	52	1560
Chapa	1 121,6	4	4	16	1 200
	2 102,5	5	2	10	750
Total					14 790

- 2. Cenário 2:** cenário em que tanto os empilhadores frontais como a ponte rolante empilhadora são os equipamentos de movimentação principais. Neste caso, os cantilêveres têm 6 metros de altura (0-5 níveis) e os corredores contam novamente com 3,5 metros de largura. Até ao quarto nível da estante (5 metros de altura), tem de ser usado o empilhador e no último nível (6 metros de altura) apenas é possível a movimentação a partir da ponte rolante. Este cenário tem capacidade para 17.748 atados (Tabela 4.6);

Tabela 6 - Cantiléveres Proposta 1 - Cenário 2

<i>Layout Proposto 1 - Cenário 2</i>						
Empilhador + Ponte Rolante (Corredor 3,5m)						
Famílias	Área m ²	Cantiléveres p/Área	Secções p/Cantiléver	Cantiléveres c/Secções	Total Atados	
Tubos Azul	2	1 572,0	10	20	200	7 200
	3	297,3	4	10	40	1 440
	4	276,9	6	6	36	1 296
Calha	1	287,0	3	10	30	1 440
Tubos Vermelho	1	198,0	4	10	40	1 440
	2	194,8	2	10	20	720
	3	320,0	13	4	52	1872
Chapa	1	121,6	4	4	16	1 440
	2	102,5	5	2	10	900
Total						17 748

3. **Cenário 3:** no terceiro cenário a ponte rolante empilhadora é o equipamento de movimentação principal e o empilhador é apenas usado quando os produtos se encontram fora da estanteria. Desta forma, os cantiléveres têm 6 metros de altura na zona mais baixa da fábrica e 8 metros de altura na zona mais alta, e os corredores passam a ter 1,5 metros de largura. Este é o cenário com maior capacidade de armazenagem, com uma média de 27.240 atados (Tabela 4.7).

Tabela 4.7 - Cantiléveres Proposta 1 - Cenário 3

<i>Layout Proposto 1 - Cenário 3</i>						
Ponte Rolante Empilhadora (Corredor 1,5m)						
Famílias	Área m ²	Cantiléveres p/Área	Secções p/Cantiléver	Cantiléveres c/Secções	Total Atados	
Tubos Azul	2	1 572,0	15	20	300	10 800
	3	297,3	5	10	50	1 800
	4	276,9	8	6	48	1 728
Calha	1	287,0	5	10	60	2 880
Tubos Vermelho	1	198,0	6	10	30	1 080
	2	194,8	3	10	30	1 080
	3	320,0	16	4	64	3 072
Chapa	1	121,6	6	4	24	2 880
	2	102,5	8	2	16	1 920
Total						27 240

A Tabela 4.8, auxiliada pelo Anexo H, é referente à capacidade de armazenagem de PA do atual *layout* e serve de comparação para os cenários propostos apresentados anteriormente.

Tabela 4.8 - Quantidade de atados por área de armazenagem do atual *layout*

<i>Layout Atual</i>	
Corredor (1m)	
Atados p/Área	26110

Como referido anteriormente, entre os conjuntos de atados a empresa utiliza corredores de um metro para assegurar a passagem dos colaboradores. Desta forma, e tendo em conta que, em média, os tubos e as calhas têm cerca de 80 conjuntos de atados e as chapas cerca de 15 conjuntos de atados, em todas as

áreas de armazenagem de PA presentes existem cerca de 26.110 atados (ver Tabela 4.8). O número de atados é menor aquando dos Cenários 1 e 2, mas ligeiramente maior quando comparado com o Cenário 3. Ou seja, a capacidade de armazenagem do PA aumenta quando são utilizados cantiléveres com 6 e 8 metros e altura e quando a ponte rolante empilhadora é o equipamento de movimentação principal.

No Anexo I estão representados esboços relativos aos cantiléveres do Cenário 3, em cada área de *stock* de PA. Este foi o cenário escolhido para representar a estanteria por apresentar os melhores resultados em termos de capacidade de armazenagem.

A Figura I.1 é referente às áreas de armazenagem da chapa do *layout* proposto 1. A área assinalada com o número 1 é onde se encontra a linha de produção correspondente e, apesar de ter uma área útil aproximada de 486m², apenas será parcialmente ocupada pelos cantiléveres (correspondendo a uma área de 121,6m²). Para a restante área, a colocação de estruturas junto à mesma não seria aconselhada para eventuais constrangimentos, como explicado anteriormente. Desta forma, o local 1 tem seis cantiléveres, três corredores e cada cantiléver conta com quatro secções. A área assinalada com o número 2, a par da área 3 dos tubos vermelhos (Figura I.2), devido à disposição do *layout* proposto, são as duas únicas áreas na unidade fabril em que os cantiléveres são dispostos na horizontal.

Na Figura I.2 encontra-se o esboço das estruturas nas áreas de armazenagem dos tubos (vermelho). No local 1, apesar de ter uma área útil de 406m², devido à disposição das máquinas expostas no local também só foram colocados cantiléveres em 270m², contando com seis cantiléveres e três corredores. O segundo local de armazenagem tem quatro cantiléveres e dois corredores.

A Figura I.3 é referente à estanteria dos tubos (azul) e conta com a área com mais cantiléveres, representada pelo local 2. Esta armazena dezasseis cantiléveres e oito corredores. Os locais 3 e 4, mais pequenos, contam com um total de treze cantiléveres e sete corredores.

Por fim, na Figura I.4 encontra-se o esboço da estanteria correspondente à área de armazenagem da calha. Com cerca de 287m², encontram-se um cantiléver unilateral, dois cantiléveres bilaterais e três corredores.

4.3.2.4. Identificação da localização do produto acabado

Saber localizar os produtos é essencial para que a operação de arrumação e de *picking* seja bem-sucedida, no menor tempo possível.

A Figura 4.4 representa um exemplo de um código de localização de um PA, segundo o método de localização de produtos (§2.2.4.3).

18 – 34 – 53

Figura 4.4 - Exemplo de um código de identificação da localização de PA

Neste caso específico, a ordem dos dígitos é a seguinte:

- Os primeiros dois dígitos representam o número do corredor. Neste caso, o corredor 18 encontra-se no local 1 da área de armazenagem dos tubos (vermelho), entre os cantiléveres 35 e 36;
- Os dois dígitos seguintes são referentes ao número do cantiláver. Nesta proposta, são apresentados 72 cantiléveres (14 cantiléveres unilaterais e 29 cantiléveres bilaterais, sendo que os últimos são contabilizados separadamente);
- O quinto dígito refere-se ao nível de altura do cantiláver, sendo que existem até 7 níveis;
- O último dígito representa a secção do cantiláver em que o produto se encontra, sendo que pode ir de 2 a 20, consoante o comprimento da área de armazenagem.

4.4. Proposta de *layout* 2

A segunda proposta não implica tanto investimento como a primeira, uma vez que não tem a introdução de estanteria ou adaptação dos equipamentos de movimentação internos. Neste caso, a proposta incide sobre os cais de expedição e os corredores principais da unidade fabril, como se encontra exposto na Figura 4.5.

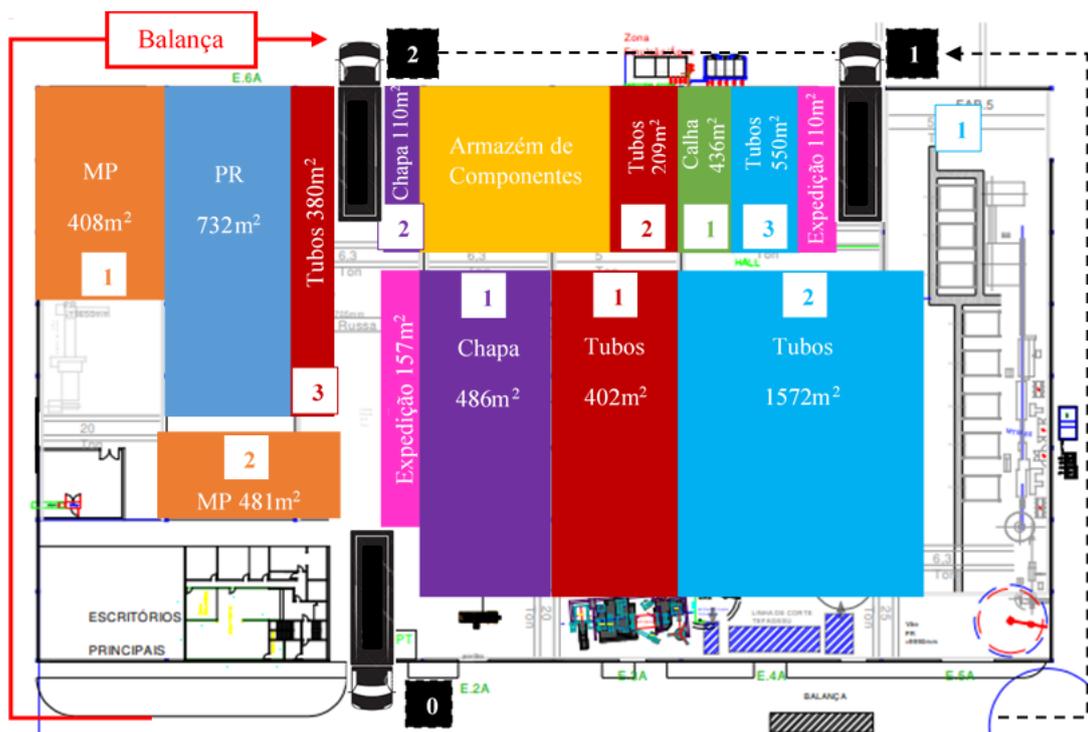


Figura 4.5 - *Layout* - Proposta 2

A disposição das áreas de armazenagem da MP, PR e PA são as mesmas que a Proposta 1. As diferenças recaem na diminuição da largura dos corredores internos de 5 metros para 3,5 metros e consequente aumento das áreas de armazenagem, na transformação das portas de entrada/saída em cais

de descargas/cargas e na adição de mais uma área de expedição, deixando a fábrica de ser um local de atravessamento dos veículos de carga.

Relativamente à descrição desta proposta, o *layout* apresentado é igualmente um armazém de dois blocos, uma vez que apresenta um corredor que atravessa o centro do armazém, agora com 3,5 metros de largura. Quando as descargas são feitas no cais 0, a configuração da unidade fabril é em “I”, oferecendo vantagens ao nível da diminuição dos cruzamentos de fluxos. Quando as descargas são feitas no cais 1, a configuração é em “U”, a configuração mais eficiente para produção industrial (§2.2.2.).

4.4.1. Cais e áreas de expedição

Nesta proposta foi retirado o acesso dos veículos de carga ao interior da unidade fabril e as portas de receção/expedição foram transformados em cais com capacidade de encaixar veículos com caixas de carga até 19 metros de comprimento. Tal como na primeira proposta, ainda são sugeridos os dois trajetos até aos cais de expedição 1 e 2, de modo a haver menos cruzamentos. Mantém-se a proposta da balança antes do cais 2, tal como na primeira proposta, para que os veículos desse cais não tenham de fazer um trajeto tão grande desde a balança existente. O cais 0 passa a ser um cais de expedição para que seja possível haver três carregamentos simultâneos. O cais 2 também continua a ser o cais de receção da MP.

Devido à localização dos cais, os locais de expedição foram colocados estrategicamente perto dos mesmos (zonas indicadas a rosa na Figura 4.5). O local de expedição mais pequeno dá apoio ao cais 1 e o local de expedição maior dá apoio aos cais 0 e 2.

4.4.2. Análise de Resultados

4.4.2.1. Movimentações internas da matéria-prima e produto acabado

Em consequência da interdição dos veículos ao interior da fábrica e da diminuição da largura dos corredores internos principais, verifica-se um aumento das áreas de armazenagem da MP e do PA em cerca de 4%, como é possível visualizar na Tabela 4.9. A diminuição dos corredores também tem consequências diretas nas distâncias percorridas internamente, numa redução média de 35% quando comparada com as distâncias percorridas atualmente (Tabela J.1 do Anexo J).

Tabela 4.9 - Comparação das áreas de armazenagem - Proposta 2

ÁREAS DE ARMAZENAGEM (m ²)		
Família	Layout Atual	Proposta 2
Matéria-prima	898	889
Chapa	746	696
Tubos (Vermelho)	851	991
Tubos (Azul)	2 274	2 122
Calha	160	436
Total	4 929	5 134
Expedição	0	177

Como é possível verificar, existe um aumento significativo de todas as áreas de armazenagem da MP e PA, mesmo com a adição das duas áreas de expedição. Este aumento teve consequências diretas na capacidade de armazenagem do PA em 25%, representado na Tabela 4.10 e especificado no Anexo J.

Tabela 4.10 - Comparação dos atados por área - Proposta 2

ATADOS POR ÁREA				
	<i>Layout</i>	<i>Atual</i>	<i>Proposta 2</i>	<i>Aumento (%)</i>
Total		26 110	32 755	25%

4.4.2.2. Arrumação do produto acabado

Relativamente à arrumação do PA, a proposta não detém estruturas de armazenagem, seguindo o atual esquema de arrumação em massa (conjuntos de 80 atados no caso de tubos e calhas e conjuntos de 15 atados no caso das chapas), com corredores de 1 metro de largura entre conjuntos. No entanto, sugere-se que siga a lógica de arrumação da análise ABC feita no subcapítulo 4.4.2., ilustrada no Anexo J. Os produtos mais movimentados em quantidade, classificados como produtos de classe A, encontram-se mais perto dos cais de cargas e das áreas de expedição, para que se diminua o tempo de preparação das encomendas de expedição pela diminuição dos percursos de *picking* dos produtos (§2.2.2.).

4.5. Proposta de *layout* 3

A terceira proposta de reestruturação de *layout* trata-se de uma junção das duas propostas anteriores: sugerem-se os cais e as dimensões das localizações das áreas de MP, PA e expedição da Proposta 2 com a arrumação do PA em cantiléveres da Proposta 1.

4.5.1. Análise de resultados

Tanto as dimensões das áreas de armazenagem, como as distâncias percorridas e a representação da arrumação do PA segundo a análise ABC estão analisadas na proposta anterior.

4.5.1.1. Estruturas de armazenagem do produto acabado

A diminuição dos corredores volta a ter um resultado positivo no aumento das áreas de armazenagem e, desta forma, na quantidade de cantiléveres por área.

Tal como na primeira proposta, foram analisados os mesmos três cenários:

- 1. Cenário 1:** cenário em que o empilhador é o equipamento de movimentação principal, os cantiléveres têm 5 metros de altura e os corredores entre a estanteria têm 3,5 metros de largura. Obtém-se um total de cerca de 16.750 atados, como é possível verificar na Tabela 4.11;

Tabela 4.11 - Cantiléveres Proposta 3 - Cenário 1

Layout Proposto 3 - Cenário 1						
Empilhador (Corredor 3,5m)						
Famílias	Área m ²	Cantiléveres p/Área	Secções p/Cantiléver	Cantiléveres c/Secções	Total Atados	
Tubos Azul	2 1 572,0	10	20	200	6 000	
	3 550,0	8	11	88	2 640	
Calha	1 287,0	5	11	55	2 200	
Tubos Vermelho	1 198,0	4	10	40	1 200	
	2 209,0	2	11	22	660	
	3 380,0	13	5	65	1 950	
Chapa	1 121,6	4	4	16	1 200	
	2 110,0	6	2	12	900	
Total					16 750	

2. **Cenário 2:** cenário em que são usados empilhadores até ao quarto nível das estantes e pontes rolantes no quinto nível da estante, tendo os cantiléveres 6 metros de altura, com corredores de 3,5 metros, obtendo-se uma média de 20.100 cantiléveres, como é verificado na Tabela 4.12;

Tabela 4.12 - Cantiléveres Proposta 3 - Cenário 2

Layout Proposto 3 - Cenário 2						
Empilhador + Ponte Rolante (Corredor 3,5m)						
Famílias	Área m ²	Cantiléveres p/Área	Secções p/Cantiléver	Cantiléveres c/Secções	Total Atados	
Tubos Azul	2 1 572,0	10	20	200	7 200	
	3 550,0	8	11	88	3 168	
Calha	1 287,0	5	11	55	2 640	
Tubos Vermelho	1 198,0	4	10	40	1 440	
	2 209,0	2	11	22	792	
	3 380,0	13	5	65	2340	
Chapa	1 121,6	4	4	16	1 440	
	2 110,0	6	2	12	1 080	
Total					20 100	

3. **Cenário 3:** cenário em que é utilizada a ponte rolante empilhadora para estantes com 6 metros de altura na zona mais baixa da fábrica e 8 metros de altura na zona mais alta, com corredores de 1,5 metros de largura. Este é o cenário com maior capacidade de armazenagem, com uma média de 30.444 atados, como é visível na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Cantiléveres Proposta 3 - Cenário 3

Layout Proposto 3 - Cenário 3						
Ponte Rolante Empilhadora (Corredor 1,5m)						
Famílias	Área m ²	Cantiléveres p/Área	Secções p/Cantiléver	Cantiléveres c/Secções	Total Atados	
Tubos Azul	2 1 572,0	15	20	300	10 800	
	3 550,0	10	11	110	3 960	
Calha	287,0	7	11	77	3 696	
Tubos Vermelho	1 198,0	6	10	60	2 160	
	2 209,0	3	11	33	1 188	
	3 380,0	16	5	80	3 840	
Chapa	1 121,6	6	4	24	2 880	
	2 110,0	8	2	16	1 920	
Total					30 444	

Quando comparado com o total de atados que o armazém suporta atualmente, verifica-se que o Cenário 3 é o único cenário onde se verifica um aumento dos mesmos, ou seja, um aumento da capacidade de armazenagem de PA em cerca de 17%, como é possível verificar na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Comparação entre atados por área - Proposta 3

ATADOS POR ÁREA				
	Layout	Atual	Proposta 3	Aumento (%)
Total		26 110	30 444	17%

4.5.1.2. Identificação da localização do produto acabado

Nesta proposta também é sugerido o sistema de identificação da localização de armazenagem do PA de modo a aumentar a eficiência da arrumação e do *picking* dos produtos (§2.2.5.1.). Neste caso, sendo o Cenário 3 o cenário que apresenta maior capacidade de armazenagem de PA, propõe-se um total de 75 cantiléveres, 42 corredores e secções das estantes que variem entre 2 e 11.

CAPÍTULO 5

5. Discussão

Neste capítulo são discutidos e comparados os resultados das várias propostas apresentadas (*vide* capítulo 4) face aos objetivos do projeto e face a teorias dos autores estudados na Revisão da Literatura (*vide* capítulo 2).

Na secção 5.1 são sumarizadas as diferentes propostas analisadas, os respetivos resultados e a comparação com a atual situação segundo a área ocupada de armazenagem, a quantidade de atados de PA e as distâncias percorridas entre as linhas de produção e as áreas de armazenagem. Na secção 5.2 é efetuada uma análise de comparação entre os três indicadores (total da área de armazenagem de MP e PA, quantidade de atados de PA armazenados, total da distância percorrida entre linhas de produção e áreas de armazenagem) face ao atual *layout*.

5.1. Propostas de *layout*

O *layout* atual da fábrica não tem em conta as distâncias a percorrer entre as áreas de armazenagem e as linhas de produção, ocorrendo mais cruzamentos entre os fluxos de MP e PA. Com isto, foram idealizadas três propostas de *layout*, duas das quais com necessidade de investimento em estanteria e na adaptação das pontes rolantes existentes. A pedido da empresa, em todas as propostas foram consideradas as atuais localizações das linhas de produção, mesmo daquelas que não estão em funcionamento.

As propostas apresentadas relativas à reestruturação do *layout* atual da unidade fabril têm como objetivo aumentar a produtividade e a capacidade de armazenagem do PA. Estas serão sumarizadas nas próximas secções.

No estudo foram utilizados três indicadores: o total de área de armazenagem de MP e PA, a quantidade de atados de PA armazenados e o total da distância percorrida entre linhas de produção e áreas de armazenagem.

5.1.1. Proposta 1

A primeira proposta (§4.3.), que deteve a análise mais detalhada, é a proposta que requer um investimento maior por incidir na reestruturação do *layout*, na introdução de cantiléveres como estrutura de armazenagem principal do PA e conseqüente adaptação das pontes rolantes existentes para pontes rolantes empilhadoras.

Tal como no atual *layout*, esta proposta trata-se de um *layout* tradicional de dois blocos, uma vez que apresenta um corredor transversal que atravessa maioritariamente a fábrica e a divide em duas partes. Devido à disposição das entradas e saídas, a configuração é em “I”, uma vez que a receção e a

expedição se encontram em alçados opostos do armazém, sendo esta a configuração mais apropriada para armazéns de grande volume. Esta configuração tem como vantagem a diminuição dos cruzamentos entre fluxos (§2.2.2.).

Com o novo planejamento do *layout*, as áreas de armazenagem foram dispostas de forma a que estivessem perto da linha de produção da família dos produtos correspondente e das entradas e saídas de mercadorias, resultando numa diminuição de 27% das distâncias totais percorridas internamente entre áreas de armazenagem e linhas de produção. A diminuição das movimentações internas também impacta na diminuição direta dos cruzamentos entre fluxos de MP e PA e no aumento da produtividade da empresa, tanto ao nível da produção como da arrumação e *picking*. Por outro lado, também existe um aumento da produtividade dos processos de expedição uma vez que, ao ter sido definida uma área de expedição localizada estrategicamente perto da saída de veículos, as cargas já poderão estar preparadas e organizadas por cliente, acelerando todo o processo de expedição.

A empresa, no processo de arrumação do PA, utiliza o sistema de armazenagem em massa, segundo um critério de arrumação misto, uma vez que os produtos são colocados no *slot* mais eficiente disponível, mas por grupos segundo características comuns (§2.2.5.2.). Através deste processo de arrumação, é despendido demasiado tempo tanto na arrumação como no *picking* dos produtos, uma vez que não existem locais definidos em cada área de armazenagem. Além disso, com a arrumação em massa, os produtos armazenados em níveis inferiores ficam frequentemente danificados, uma vez que os primeiros atados a serem arrumados em cada localização tendem a ser os últimos a ser expedidos.

Por conseguinte, de forma a aumentar a capacidade de armazenagem do PA, a sugestão elaborada incide na introdução de estruturas de armazenagem adequadas a produtos da indústria siderúrgica – cantiléveres (§2.5.2.1.). Desta forma, para a introdução de cantiléveres foram apresentados três cenários: o Cenário 1 tem como principal meio de movimentação de produtos os empilhadores e, portanto, conta com corredores com 3,5 metros de largura e cantiléveres com 5 metros de altura, o alcance máximo para os empilhadores da empresa; o Cenário 2, além dos empilhadores, também tem como equipamento de movimentação principal as pontes rolantes. Desta forma, a largura dos corredores é a mesma do cenário anterior, mas a altura dos cantiléveres aumenta para 6 metros de altura, sendo que os produtos do último nível são movimentados pela ponte rolante; por fim, o Cenário 3 tem como equipamento de movimentação principal a ponte rolante empilhadora e, desta forma, a largura dos corredores diminui para 1,5 metros e os cantiléveres assumem alturas de 6 e 8 metros de altura, dependendo da área da fábrica onde se encontrem. Analisados os três cenários, foi possível concluir que o Cenário 3 é o único em que se verifica um aumento da capacidade de armazenagem do PA em cerca de 4,3%, quando comparado com o sistema de armazenagem em massa aplicado atualmente pela empresa.

Foi também sugerido uma arrumação segundo a análise ABC, onde os produtos classificados como “A” estão mais acessíveis e arrumados mais próximos dos locais de expedição e do corredor transversal, de forma a diminuir as distâncias percorridas internamente entre 6% a 9% (§2.2.5.2.), existindo um aumento da produtividade do *picking*. E para a localização do PA é proposto um sistema de código de

seis Algarismos, onde é possível representar o corredor, o número do cantiléver, o nível de altura e a secção do cantiléver em que se encontra o artigo. Este sistema aumenta a produtividade dos processos de arrumação e de *picking*, uma vez que permite aumentar a rapidez de pesquisa, simplificar a arrumação e diminuir custos operacionais através da redução de distâncias necessárias para a movimentação dos produtos (§2.2.51.).

Em suma, esta proposta cumpriu com os objetivos traçados. A capacidade de armazenagem de PA aumentou com a introdução de cantiléveres e a produtividade geral e dos processos de arrumação, *picking* e expedição também aumentou.

5.1.2. Proposta 2

A segunda proposta (§4.4.) é uma variante da proposta anterior que requer um menor investimento por não apresentar estruturas de armazenagem para o PA.

Esta alternativa detém o mesmo planeamento de *layout* da Proposta 1, mas as principais diferenças recaem na adição de mais uma área de expedição e na transformação das portas de entrada/saída em cais de cargas/descargas, para interditar a entrada dos veículos de carga dentro da fábrica de modo a minimizar cruzamentos entre fluxos e aumentar as áreas de armazenagem. A última alteração permitiu diminuir a largura dos corredores principais da unidade fabril e, conseqüentemente, aumentar espaço e a capacidade de armazenagem do PA em 4% e 25%, respetivamente. O facto de se interditar a entrada de veículos ao interior da fábrica teve conseqüências diretas no aumento da produtividade porque se verificou uma diminuição em cerca de 35% das distâncias percorridas internamente pela MP e PA. Por outro lado, a adição de mais uma área de expedição perto do segundo cais auxilia e acelera o carregamento de veículos e, por conseguinte, aumenta a produtividade dos processos de expedição.

Para a estratégia de arrumação do PA, é utilizado o mesmo método que a empresa usa atualmente, de empilhar atados em conjuntos médios de 80 atados (para tubos e calhas) e 15 (para chapas), de modo a ser uma proposta mais fácil de executar, tanto em investimento monetário como em tempo. No entanto, continua a ser sugerida uma arrumação segundo a análise ABC de forma a reduzir as distâncias percorridas (§2.2.5.2.) e, portanto, aumentar a produtividade nos processos de arrumação e *picking*.

Desta forma, a Proposta 2 responde positivamente aos objetivos traçados no presente projeto.

5.1.3. Proposta 3

A última proposta apresentada (§4.5.) detém o mesmo planeamento de *layout* da Proposta 2, mas com as características de arrumação do PA em cantiléveres, sugeridas na Proposta 1.

Nesta proposta, relativamente aos cantiléveres, foram analisados três cenários com os mesmos critérios da Proposta 1: largura dos corredores, equipamentos de movimentação e altura da estanteria.

Tanto as dimensões das áreas de armazenagem como as distâncias percorridas apresentam os mesmos valores que a Proposta 2, mas a capacidade de armazenagem do PA aumenta cerca de 17%,

segundo o melhor cenário apresentado – o Cenário 3, em que é utilizada a ponte rolante empilhadora e onde os corredores entre cantiléveres apresentam 1,5 metros de largura. É igualmente sugerida a utilização do sistema de identificação da localização do PA nos cantiléveres de modo a aumentar a produtividade da arrumação e do *picking*, através da diminuição dos tempos de procura.

Ainda que com um aumento menos significativo da capacidade de armazenagem de PA que a Proposta 2, a presente proposta também responde positivamente ao propósito do projeto de aumentar a produtividade da empresa e da atual capacidade de armazenagem do PA.

5.2. Comparação entre propostas

Na Tabela 5.15 apresentam-se os resultados relativos ao total das áreas ocupadas pela MP e PA, quantidade de atados de PA e distâncias percorridas para cada um dos *layouts* descritos anteriormente, assim como as percentagens de melhoria de cada uma das propostas relativamente ao *layout* atual, apresentadas a cinzeno.

Tabela 5.15 - Comparação entre propostas de *layout*

COMPARAÇÃO ENTRE PROPOSTAS					
<i>Layout</i>	Área (m ²)		Atados (qt)		Distância (m)
Atual	4 929		26 110		791
Proposta 1	4 772	-3%	27 240	4%	581 -27%
Proposta 2	5 134	4%	32 755	25%	513 -35%
Proposta 3	5 134	4%	30 444	17%	513 -35%

Analisando a Tabela 5.15, é possível verificar que a proposta com maior aumento da ocupação de área de armazenagem relativamente ao cenário atual são as Propostas 2 e 3, com um aumento percentual de 4%, o que significa que estas propostas contam com uma maior área disponível para a armazenagem de MP e PA. Este aumento é explicado pelo impedimento da entrada dos veículos de cargas/descargas no interior da fábrica e, conseqüentemente, da redução da largura dos corredores principais. A Proposta 1 é a única que apresenta uma diferença percentual negativa, resultado do espaço encontrado para expedição.

A quantidade de atados de PA é o indicador mais significativo nesta análise. Apesar de, segundo autores estudados (§2.3.1.), as estruturas de armazenagem ideais para um armazém siderúrgico serem cantiléveres, devido às imposições de altura tanto da fábrica como dos empilhadores, a Proposta 1 teve um aumento pouco significativo, de apenas 4%. E, apesar de a Proposta 3 ter um aumento percentual de 17%, este é inferior à Proposta 2, que não apresenta estanteria. A Proposta 2 é a que apresenta maior capacidade de armazenagem de PA com um acréscimo de 25% comparativamente com o atual *layout*, fazendo desta proposta a melhor solução em termos de capacidade de armazenagem.

Por fim, como é possível observar na Tabela 5.15, a Proposta 1 é a que apresenta uma diferença percentual menor aquando das distâncias percorridas entre as linhas de produção e as áreas de armazenagem, com -27%. As Propostas 2 e 3 são as que apresentam melhores resultados, com diferenças percentuais de -35%, uma vez que são as propostas com a redução da largura dos corredores.

Desta forma, de acordo com os objetivos da empresa, existem duas propostas a serem consideradas.

Se a empresa prioriza o aumento da produtividade sem prejudicar a capacidade de armazenagem de PA, enquanto as quebras são reduzidas, então a proposta sugerida é a Proposta 3. Esta é a proposta com cantiléveres que apresenta melhores resultados, estruturas de armazenagem revistas na revisão bibliográfica como sendo indicados para um armazém de produção siderúrgica. A redução da largura dos corredores principais permitiu aumentar as áreas de armazenagem e impedir a entrada de veículos de cargas dentro da fábrica, evitando interrupção na expedição quando existe mais do que um veículo dentro da fábrica. Os cantiléveres facilitam a arrumação e organização do PA, colocando os produtos com maior movimentação com mais fácil acesso e evitando produtos obsoletos resultantes da atual arrumação em massa (*vide* §2.3.1.). E, através da análise ABC, os produtos com maior movimentação encontram-se com melhor acesso e mais perto dos locais de expedição. Além disso, com a introdução de estanteria é sugerido um sistema de localização de produtos que facilita e aumenta a rapidez da arrumação de produtos (§2.2.5.1.).

No entanto, se a empresa prioriza o aumento da capacidade de armazenagem de PA através de uma solução rápida e menos dispendiosa, a Proposta 2 é a proposta sugerida. Esta proposta apresenta maior capacidade de armazenagem de PA que a Proposta 3, um dos objetivos traçados para o projeto. Na Proposta 2, para além da capacidade de armazenagem do PA ter aumentado e das distâncias entre linhas de produção e áreas de armazenagem terem diminuído, é visível um fluxo de materiais, de receção, de armazenagem e de expedição mais simplificado. Apesar de nesta proposta o critério de arrumação ser em massa, sugere-se a arrumação segundo a classificação ABC, de modo a que os produtos classificados como “A” sejam arrumados mais próximos dos corredores principais e das áreas de expedição de forma a que estejam mais acessíveis para processos de *picking* e expedição (§2.2.5.).

6. Conclusão

Neste capítulo são elaboradas as principais conclusões do presente projeto. São apresentados os objetivos, possíveis respostas às questões de investigação propostas (§1.2.4.) e, por fim, sugestões de trabalho futuro.

6.1. Síntese do projeto e resultados

O bom mapeamento de um *layout* tem grandes benefícios para a organização e diminui deslocações desnecessárias de materiais e de colaboradores.

Os objetivos do presente projeto foram alcançados com sucesso, uma vez que se elaborou uma proposta de *layout* em que se verificou um aumento da capacidade de armazenagem do PA e da produtividade da empresa, através dos processos de expedição, arrumação e *picking*.

O propósito deste estudo foi a reorganização dos armazéns siderúrgicos de MP e PA da empresa Ferpinta Moçambique. Este acontecimento sucedeu por consequência da atual pandemia mundial que afetou intensamente a África do Sul, um dos seus clientes, mas também um dos seus principais concorrentes. O aumento da quota de mercado, que a empresa pretende fixar, originou num aumento de MP e PA, resultando numa sobrelotação da atual unidade fabril. Neste sentido, e com base na revisão bibliográfica, foram desenvolvidas propostas de melhoria do atual *layout* dos armazéns, fixando zonas de expedição e uma arrumação mais estratégica de forma a potencializar as movimentações internas de produtos e equipamentos de movimentação, diminuir o cruzamento de fluxos e, acima de tudo, aumentar a capacidade de armazenagem do PA.

Deste modo, foram propostas questões de investigação no início do projeto (§1.2.4.):

1) **É possível melhorar as movimentações internas da matéria-prima e do produto acabado?**

Através da análise das várias propostas apresentadas conclui-se que em todas elas existe uma melhoria significativa nas movimentações internas, tanto da MP como do PA, resultantes da reestruturação do atual *layout*. O *layout* sugerido – Proposta 3 – apresenta uma diminuição de cerca de 35% das distâncias percorridas, em metros, entre linhas de produção e áreas de armazenagem quando comparado com o cenário atual. Este resultado também tem um impacto positivo na diminuição do cruzamento entre fluxos internos.

A diminuição das distâncias percorridas internamente pela MP e PA tem consequências diretas no aumento da produtividade da empresa, uma vez que se obtém um aumento da velocidade da produção.

2) **É possível aumentar a capacidade de armazenagem do produto acabado utilizando estantes?**

Em cada umas das Propostas 1 e 3, foram apresentados três cenários relativos à introdução de cantiléveres como estrutura principal de armazenagem de PA. No entanto, apenas o Cenário 3 de cada

proposta apresentou resultados positivos relativos ao aumento da capacidade de armazenagem de PA. Verificou-se que apenas se torna benéfico a utilização de cantiléveres se a empresa adaptar as pontes rolantes existentes para pontes rolantes empilhadoras, através da colocação de garfos. No melhor cenário (Cenário 3 da Proposta 3), a colocação de estanteria aumenta a capacidade de armazenagem de PA em cerca de 17%. Apesar deste resultado ser inferior ao resultado apresentado na Proposta 2 (cerca de 25%), a arrumação em cantiléveres tem outros benefícios que não se verificam na arrumação em massa, como a rapidez na carga/descarga, flexibilidade no ajustamento das estantes segundo as especificidades do produto, a velocidade de armazenagem e a facilidade no acesso a todos os produtos evitando a sua deterioração (§2.3.1.).

Portanto, é possível aumentar a capacidade de armazenagem do PA usando estantes, mas este não é o melhor cenário apresentado.

6.2. Sugestões de trabalho futuro

O presente projeto está limitado ao aumento da produtividade e da capacidade de armazenagem de PA, portanto sugerem-se outros trabalhos a realizar no futuro que não estão no âmbito deste projeto.

Sugere-se o desenvolvimento de trabalhos futuros que visem o aumento da produtividade da unidade fabril, entre eles a remoção das linhas de produção que não estão em funcionamento e que não se prevê colocar em funcionamento a médio prazo. Sendo máquinas industriais, estas são de grande porte e ocupam um grande volume no espaço atual, pelo que a reformulação de um novo *layout* sem as mesmas irá potencializar o espaço físico atual e a capacidade de armazenagem.

A segunda proposta é relativa à armazenagem da MP. Uma vez que esta vem lacrada por um material resistente, a colocação da MP no exterior do armazém revestida com um telheiro, perto da zona de *buffer* e da balança irá facilitar a pesagem inicial das bobines e expandir a área de armazenagem de PA no interior da fábrica. O mesmo se aplicaria aos PR.

A terceira proposta é relativa ao sistema de armazenagem da MP. Tal como os PA, atualmente a MP é armazenada em massa. Arranjar estanteria adequada a bobines poderá aumentar a capacidade de armazenagem das mesmas e evitar degradação de material.

Por fim, sugere-se um estudo das políticas de inventário de modo a monitorizar os níveis de *stock* e quando este deve ser reabastecido, de forma a manter as encomendas em ordem e os custos de inventário no mínimo possível enquanto se mantém o alto nível de serviço ao cliente. Neste caso, os métodos de previsão são essenciais para monitorizar o tempo de pedido, a quantidade a encomendar e o *stock* de segurança e facilitará a arrumação dos produtos.

Referências Bibliográficas

- Ackerman, K. B. (1997). Space Planing. *Practical Handbook of Warehousing* (4th Edition, pp. 143–151). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6013-5>
- Alves, P. (2012). Reorganização de Armazém numa empresa prestadora de serviços na área de reabilitação de edifícios. In *Universidade do Minho*. Tese de Mestrado.
- Baray, S. A., & Çakmak, E. (2014). Design Methodology for a Multiple-Level warehouse layout based on particle swarm optimization algorithm. In *Yönetim Dergisi*, 25(77), 13–39.
- Bartholdi, J. J., & Gue, K. R. (2004). The best shape for a crossdock. *Transportation Science*, 38(2), 235–244. <https://doi.org/10.1287/trsc.1030.0077>
- Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2019). *Warehouse & Distribution Science*. www.warehouse-science.com
- Budyanti, I. N. (2019). Panning Inventory of Eletrical Components Using Probabilistic Model Continuous Review Method and Periodic Review Method in Minimizing the Total Inventory Cost at PT. In *President University*. Tese de Mestrado.
- Burinskiene, A., Lorenc, A., & Lerher, T. (2018). A Simulation Study For The Sustainability And Reduction Of Waste In Warehouse Logistics. *Int j Simul Model*, 17(3), 485–497. [https://doi.org/10.2507/IJSIMM17\(3\)446](https://doi.org/10.2507/IJSIMM17(3)446)
- Bushuev, M. A., Guiffrida, A., Jaber, M. Y., & Khan, M. (2015). A review of inventory lot sizing review papers. *Management Research Review*, 38(3), 283–298. <https://doi.org/10.1108/MRR-09-2013-0204>
- Castellano, D., Gallo, M., Carmela Santillo, L., & Song, D. (2017). A periodic review policy with quality improvement, setup cost reduction, backorder price discount, and controllable lead time. *Production & Manufacturing Research*, 5(1), 328–350. <https://doi.org/10.1080/21693277.2017.1382397>
- Chaudhary, V., Kulshrestha, R., & Routroy, S. (2018). State-of-the-art literature review on inventory models for perishable products. *Journal of Advances in Management Research*, 15(3), 306–346. <https://doi.org/10.1108/JAMR-09-2017-0091>
- Christopher, M. (2016). *Logistics And Supply Chain Management - Creating Value-Adding Networks* (5th Edition). *Prentice Hall*. www.pearsoned.co.uk
- Cipriano, J., & Luciano, E. (2020). Melhoria No Layout E Endereçamento Do Estoque De Chapas De Aço Em Uma Indústria Do Setor Automotivo. *H-Tec Humanidades e Tecnologia*, 4, 110–135.
- CSCMP, C. of S. C. M. P. (2013). *Supply Chain Management Terms and Glossary* (p. 222).
- De Koster, R. B. M., Johnson, A. L., & Roy, D. (2017). Warehouse design and management. *International Journal of Production Research*, 55(21), 6327–6330. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1371856>
- Dede, B., & Çengel, O. (2020). Efficient Warehouse Management Analysis in Logistics Services. *Istambul Ticaret Universitesi Sosyal Bilimler Dergisi Yil*, 19(37), 341–353.
- Dias, M. A. (2010). Administração de materiais: uma abordagem logística. *Revista de Administração de Empresas* (5th Edition). Editora Atlas S.A. <https://doi.org/10.1590/s0034-75901983000100011>
- Dudziak, S., & Szymlet, D. (2020). Flow of Goods in the Warehouse Management Systems-Problem Analysis. *Nauki Humanistyczno-Spoleczne*, 47(1), 27–34. https://doi.org/10.12775/AUNC_ZARZ.2020.1.003
- Engesystems. (2021). Estrutura cantilever - Engesystems. <https://www.engesystems.com.br/estrutura-cantilever>
- Farahani, R. Z., Shabnam, R., & Laleh, K. (2011). *Logistics Operations and Management - Concepts and Models* (1th ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385202-1.X0001-1>
- Fattahi, P., Hajipour, V., & Nobari, A. (2015). A bi-objective continuous review inventory control model: Pareto-based meta-heuristic algorithms. *Applied Soft Computing Journal*, 32, 211–223. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.02.044>
- Fernandes, I. M. C. (2019). Um estudo e implementação de um modelo de simulação para atuação na gestão de manuseio de materiais em estoque vivo de Aços Laminados em uma siderúrgica do estado de Minas Gerais. In *Universidade Federal de Ouro Preto*. Tese de Mestrado.

- Figueira, C. A. (2016). Propostas de melhoria na gestão do picking num armazém : caso de estudo. In *Universidade Nova de Lisboa*. Tese de Mestrado
- Hafnika, F., Farmaciawaty, D. A., Adhiutama, A., & Basri, M. H. (2016). Improvement of Inventory Control Using Continuous Review Policy in A Local Hospital at Bandung City, Indonesia. *The Asian Journal of Technology Management (AJTM)*, 9(2), 109–119. <https://doi.org/10.12695/ajtm.2016.9.2.5>
- He, R., Li, H., Zhang, B., & Chen, M. (2020). The multi-level warehouse layout problem with uncertain information: uncertainty theory method. *International Journal of General Systems*, 49(5), 497–520. <https://doi.org/10.1080/03081079.2020.1778681>
- INE Moçambique, A. (2019). Estatísticas Industriais.
- Johncox, R. W. (2017). Storage and Handling System for Industrial Materials. *Patent Application Publication* (p. 18).
- Kent, J. L., & Flint, D. J. (1997). Perspectives on the Evolution of Logistics Thought. *Journal of Business Logistics*, 18(2), 409–411. <https://doi.org/10.1001/archfacial.2009.85>
- Klodawski, Michal, Jacyna, M., Lewczuk, K., & Wasiak, M. (2017). The Issues of Selection Warehouse Process Strategies. *Procedia Engineering*, 18, 451–457.
- Klodawski, Michał, Lewczuk, K., Jacyna-Golda, I., & Zak, J. (2017). Decision making strategies for warehouse operations. *Archives of Transport*, 41(1), 43–53. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.7384>
- Kumar, P. V. V. (2017). Arrangement of Inventory Policies in Four-Echelon Supply Chain for Minimization of Inventory Variance. *IUP Journal of Supply Chain Management*, 14(1), 7–15.
- Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (1998). *Fundamentals of Logistics Management* (S. M. Patterson (1st Edition). Gary Burke. <https://books.mec.biz/tmp/books/KPYWMGYRF32N4R5S5VEP.pdf>
- Lemos, C., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2018). A codification system roadmap: Case study in a metalworking company. *Procedia Manufacturing*, 17, 688–695. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.118>
- Liu, H., Yao, Z., Zeng, L., & Luan, J. (2019). An RFID and sensor technology-based warehouse center: assessment of new model on a superstore in China. *Assembly Automation*, 39(1), 86–100. <https://doi.org/10.1108/AA-09-2018-0144>
- Lorenc, A., Jacyna-golda, I., & Szarata, A. (2018). The Efficiency of Products Classification Methods And Classification Criteria. *Scientific Journal Of Logistics*, 14(2), 197–207.
- Maheswari, Y., & Kalyan, N. B. (2020). Inventory Management Pattern of Steel Industry in India. *SSRN Electronic Journal*, 6(62), 18. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3563991>
- Mecalux. (2021). Estantes Cantilever. <https://www.mecalux.pt/estantes-outros-sistemas/estantes-cantilever>
- Mohamed, F. (2019). Problems and Improvement suggestions in the picking process of XX Vantaa warehouse. In Jamk University of Applied Sciences. Tese de Mestrado.
- Monié, F., & Carvalho, M. D. (2019). Mineração e reestruturação espacial em Moatize (Moçambique). In *Universidade Federal do Rio de Janeiro*. Tese de Mestrado.
- Monlevade, J. (2019). Proposta de Gestão de Estoques para os Fundamentana Aciaria de uma Usina Siderúrgica. In *Universidade Federal do Ouro Petro*. Tese de Mestrado.
- Noor, K. B. M. (2008). Case Study: A strategic Research Methodology. *American Journal of Applied Sciences*, 5(11), 1602–1604. https://www.researchgate.net/profile/Khairul-Baharein-Mohd-Noor/publication/26517241_Case_Study_A_Strategic_Research_Methodology/links/5462bd800cf2c0c6aec1b83e/Case-Study-A-Strategic-Research-Methodology.pdf
- Nuzhna, O., Tluchkevych, N., Semenyshena, N., Nahirska, K., & Sadovska, I. (2019). Making managerial decisions in the agrarian management through the use of ABC-Analysis tool. *Independent Journal of Management & Production*, 10(7), 798. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v10i7.901>
- Öztürkoğlu, Ö., & Hoser, D. (2019). A discrete cross aisle design model for order-picking warehouses. *European Journal of Operational Research*, 275(2), 411–430. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.11.037>
- Paoleschi, B. (2018). *Estoques e Armazenagem* (1st Edition). Saraiva Educação S.A. www.editoraerica.com.br

- Pujo, P., El Khabous, I., & Ounnar, F. (2015). Experimental assessment of the productivity improvement when using U-shaped production cells with variable takt time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(1), 17–38. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-07-2013-0038>
- Punyim, P., Karoonsoontawong, A., Unnikrishnan, A., & Xie, C. (2018). Tabu Search Heuristic for Joint Location-Inventory Problem with Stochastic Inventory Capacity and Practicality Constraints. *Networks and Spatial Economics*, 18(1), 51–84. <https://doi.org/10.1007/s11067-017-9368-8>
- Rakesh, V., & Adil, G. K. (2015). Layout Optimization of a Three Dimensional Order Picking Warehouse. *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), 1155–1160. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.240>
- Ren, C., Barlotti, C., Cohen, Y., Frangipane, B., Garofalo, M., Cozzari, G., & Metz, C. (2015). Re-layout of an assembly area: A case study at Bosch Rexroth Oil Control. *Assembly Automation*, 35(1), 94–103. <https://doi.org/10.1108/AA-06-2014-052>
- Richards, G. (2014). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse* (3rd Edition). Kogan Page Publishers.
- Rushton, A., Oxley, J., & Croucher, P. (2000). *The Handbook of Logistics and Distribution Management: Creating Success* (2nd Edition). Kogan Page.
- Sarkar, B., Chaudhuri, K., & Moon, I. (2015). Manufacturing setup cost reduction and quality improvement for the distribution free continuous-review inventory model with a service level constraint. *Journal of Manufacturing Systems*, 34(C), 74–82. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.11.003>
- Silva, M. (2006). Localização de Estoques na Rede de Distribuição de uma Empresa do Setor Siderúrgico. In *Universidade Federal de Minas Gerais*. Tese de Mestrado.
- Silva, M. B., & Bartoli, I. (2008). Lean Manufacturing Voltado para a Indústria Siderúrgica MTO - O Sistema de Gestão Integrado (SGI) e a Ergonomia: Uma Investigação Exploratória da Percepção Qualitativa na Aplicação da NR-17 View project. In M. B. Silva (Ed.), *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção* (p. 14). <https://www.researchgate.net/publication/269693333>
- Suvittawat, A. (2017). Warehouse and Distribution Operations for Competitive Advantage. *Actual Problems of Economics*, 5(191), 138–144.
- Tien, N. H., Ba, D., & Anh, H. (2019). *Supply Chain and Logistics Management*. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-0945-6>
- Tolstunova, E. (2019). Improvements of the warehouse packaging area. In *Jamk University of Applied Sciences*. Tese de Mestrado.
- Van Den Berg, J. P. (2007). *Integral Warehouse Management: The Next Generation in Transparency, Collaboration and Warehouse Management System* (1st Edition.). Management Outlook. <https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=NileTsN6SJgC&oi=fnd&pg=PA7&dq=warehouse+book&ots=F9XT40v7Qz&sig=hAfV7dGrgXMsL-1aiFX-80PjEqc#v=onepage&q=marketplace&f=false>
- Viana, F. L. (2018). Indústria Siderúrgica: Investir em Eficiência. *Caderno Setorial Etene*, 3, 1-14. <http://www.bnb.gov.br/etene>.
- Wilson, C. (2014). Unstructured Interviews. *Interview Techniques for UX Practitioners* (pp. 43-62).
- Ye, W., & You, F. (2016). A computationally efficient simulation-based optimization method with region-wise surrogate modeling for stochastic inventory management of supply chains with general network structures. *Computers and Chemical Engineering*, 87, 164–179. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.01.015>
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods* (4th Edition). SAGE Publications.
- Zapata-Cortes, J. A., Arango-Serna, M. D., Serna-Urán, C. A., & Adarme-Jaimes, W. (2020). Mathematical model for product allocation in warehouses. In *Intelligent Systems Reference Library* (Vol. 166, pp. 191–207). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26488-8_9
- Zapfel, G., & Wasner, M. (2006). Warehouse sequencing in the steel supply chain as a generalized job shop model. *Int. J. Production Economics*, 104, 482–501. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.10.005>
- Zhang, G., Nishi, T., Turner, S. D. O., Oga, K., & Li, X. (2017). An integrated strategy for a production planning and warehouse layout problem: Modeling and solution approaches. *Omega (United Kingdom)*, 68, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2016.06.005>

Anexos

Anexo A – Entrevistas

Foram realizadas duas entrevistas: ao Diretor Geral e ao Responsável Logístico da Ferpinta Moçambique. As entrevistas ocorridas foram não-estruturadas, sendo o guião base constituído por sete perguntas-guias, que ajudam a entender o trabalho de investigação.

As entrevistas tiveram uma duração média de 15 minutos e foram gravadas com o consentimento de ambos os entrevistados. No quadro seguinte são apresentadas as perguntas-guias das entrevistas, que se encontram a sublinhado, e as questões que foram acrescentadas no decorrer das mesmas

Entrevista 1 – Diretor Geral

Tabela A.16 - Entrevista ao Diretor Geral da empresa

16/11/2020	
<u>Q1: Por que razão o armazém de matéria-prima e de produto acabado se encontram sobrelotados?</u>	DG: Devido à pandemia, obtivemos um aumento da quota de mercado devido ao maior mercado concorrente, a Africa do Sul, ter sido severamente afetada com a atual pandemia. A Ferpinta Moçambique tornou-se na principal fornecedora tanto da África do Sul, como todos os países à sua volta, que antes eram praticamente exclusivos desse país, como o Botswana, Zimbabué, Malawi, Maurícias, Madagáscar, Tanzânia e Zâmbia. Embora a exportação para os últimos quatro países ainda seja bastante instável.
<u>Q2: E o objetivo é fixar essa quota de mercado ou preveem voltar ao antigo padrão após o término da pandemia?</u>	DG: Fixar a quota de mercado. 2020 foi o melhor ano da Ferpinta Moçambique, principalmente em exportações.

Entrevista 2 – Responsável Logístico

Tabela A.2 - Entrevista ao Responsável Logístico da empresa

21/01/2021	
Q1: <u>A produção é para <i>stock</i> ou customizada?</u>	RL: Para <i>stock</i> . Existe sempre um <i>stock</i> mínimo de produto acabado, mas customizamos o produto quando o cliente pede.
Q2: <u>Como se dispõe a armazenagem do produto acabado?</u>	RL: O produto acabado fica sempre junto à linha de produção correspondente ou em áreas adjacentes. É empilhado e agregado por atados, que são produtos agrupados com o mesmo formato, tamanho e espessura.
Q3: <u>Como se dispõe a armazenagem da matéria-prima?</u>	RL: Tem dois estágios. Quando a matéria-prima é recebida, o protocolo da empresa é comparar a tara do camião com a nota de encomenda, mas devido à localização da balança, este processo é geralmente saltado.
Q4: <u>Todas as linhas de produção estão em funcionamento?</u>	RL: Atualmente, duas das nove máquinas estão inativas. A máquina que se encontra junto à matéria-prima, que é uma máquina já muito antiga, mas que sempre permaneceu em armazém; e uma das máquinas de calhas, porque foi substituída por uma melhor e mais rápida. Da maquinaria presente em armazém, a máquina da calha continua a ser uma das máquinas mais lentas e a máquina grande dos tubos é a máquina mais rápida que temos.
Q5: <u>Não pretendem retirar as máquinas inutilizadas?</u>	RL: Era o cenário ideal, mas devido ao custo associado, não está nos planos a curto prazo da empresa.
Q6: <u>Verifiquei que existem artigos fora das instalações. Quais? E porquê?</u>	RL: Os únicos artigos que são armazenados no exterior do armazém são as bobines de aço preto. Devido às suas propriedades não existe oxidação ou degradação podendo ser armazenados no exterior, poupando espaço no interior do armazém.
Q7: <u>Todos os produtos são produzidos na fábrica?</u>	RL: Não. Temos uma área de armazenagem referente a produtos que compramos, ou seja, não são produzidos pela empresa, como é o caso de chapas translúcidas, tubos de condução, cantoneiras, diversas formas de barras, perfis, vergalhões e varões. Estes são posteriormente

	transportados para os nossos armazéns em Maputo e Nacala ou são vendidos diretamente ao cliente.
Q8: <u>Como é que os produtos são movimentados internamente?</u>	RL: Devido ao peso e ao volume dos artigos, são movimentados maioritariamente por pontes rolantes. Em trajetos mais pequenos, são utilizados reboques e empilhadores frontais.
Q9: <u>Como é que se procede o processo de expedição?</u>	RL: Não existe nenhuma área específica de expedição. Geralmente, as encomendas são agregadas num local prático junto ao corredor interno, na área de <i>stock</i> de um produto acabado, de modo a estar acessível para carregamento. Por vezes, quando a encomenda é pequena, os artigos podem ficar na sua área de armazenamento, junto ao corredor interno, e o camião de transporte faz paragens em cada um desses locais.
Q10: E todos os veículos de transporte entram pela mesma porta? E saem pela mesma porta?	RL: Antes dos veículos entrarem em armazém têm de passar pela balança, para conferir a tara. Depois do carregamento, têm de passar novamente pela balança, por questões de verificação da encomenda. Existem duas entradas possíveis para os veículos de expedição. A escolha da porta de entrada vai de encontro ao material encomendado. O corredor interno tem capacidade para três carregamentos simultâneos. A porta de saída é a mesma para todos os veículos. A saída é, inclusive, a porta de entrada de matéria-prima.
Q11: Porque é que a matéria-prima não entra pelas outras portas? Não há congestionamento na saída?	RL: Como geralmente não há pesagem da matéria-prima devido à localização da balança, é mais conveniente, em termos de tempo, a entrada da matéria-prima pela porta de saída, que fica mais perto dos locais de armazenagem da mesma. Quando existe expedição de produto acabado, existe congestionamento na saída, mas tentamos coordenar os horários.

Anexo B – Exemplos de pontes rolantes

As figuras seguintes são o exemplo de duas pontes rolantes presentes na unidade fabril da empresa.



Figura B.1 - Exemplo de ponte rolante 1



Figura B.2 - Exemplo de ponte rolante 2

Anexo C – Exemplos de encomendas em expedição

As figuras seguintes são exemplo de duas encomendas em expedição. A Figura C.1 mostra um veículo a ser carregado de mercadoria dentro de uma área de armazenagem e a Figura C.2 mostra o carregamento de um veículo no corredor da fábrica.



Figura C.1 - Exemplo de carregamento numa área de armazenagem



Figura C.2 - Exemplo de carregamento no corredor da fábrica

Anexo D – Atuais movimentações internas da matéria-prima e do produto acabado

Na figura seguinte encontra-se ilustrada a atual planta da unidade fabril com as movimentações internas da MP e do PA, representados por setas e números com cores associadas à sua família de produto. A MP, representada a amarelo, entra em armazém (0) para as diversas áreas de armazenagem (1, 2, 3, 4) até que seja precisa para aprovisionar as unidades de produção (5, 6). Por sua vez, os produtos acabados, após a sua produção podem ficar no mesmo local (1), como é o caso das chapas (roxo) e dos tubos (vermelhos), ou serem armazenados nos restantes locais de armazenagem correspondentes.

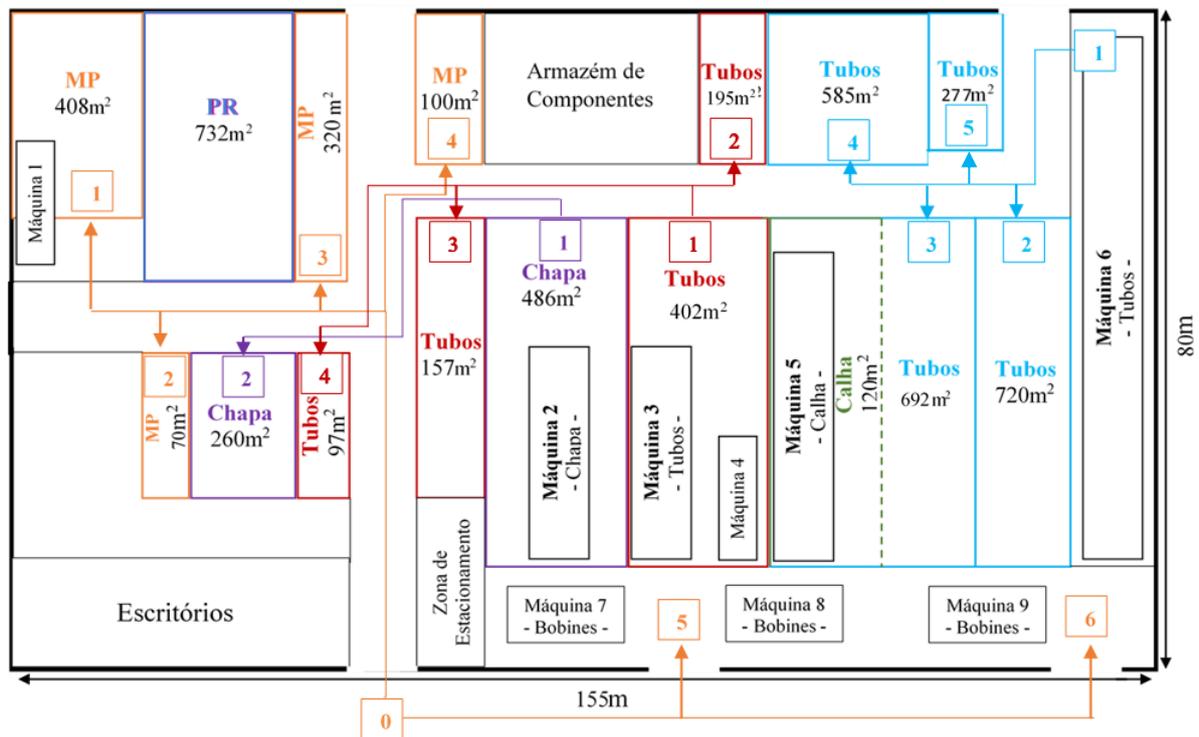


Figura D.1 - Atuais movimentações internas da MP e PA

A Tabela D.1 representa a quantificação das setas da figura anterior em metros. As medições das distâncias foram calculadas diretamente no local.

Tabela D.17 - Distância das movimentações internas da MP e PA

MOVIMENTAÇÕES INTERNAS ATUAIS (m)		
Família	Movimentações	Distância (m)
Matéria-Prima	MP0-MP1	100,2
	MP0-MP2	71,85
	MP2-MP3	29,35
	MP2-MP4	53,65
	MP4-MP5	76,2
	MP4-MP6	141,2
Subtotal		472,45
Chapa	CH1-CH2	49,8
Subtotal		49,8
Tubo (Vermelho)	TV1-TV2	5
	TV1-TV3	31,2
	TV1-TV4	53,1
Subtotal		89,3
Calha	CLH0	1
Subtotal		1
Tubo (Azul)	TA1-TA2	30
	TA1-TA3	47,65
	TA1-TA4	58,3
	TA1-TA5	42
Subtotal		177,95
Total		790,5

Anexo E – Exemplos da atual arrumação do produto acabado

As figuras seguintes são exemplos de como o PA é disposto atualmente nas áreas de armazenagem, onde é possível verificar a falta de critério de arrumação.



Figura E.1 - Exemplo de arrumação do PA 1



Figura E.2 - Exemplo de arrumação do PA 2

Anexo F - Análise ABC

A figura seguinte é referente à curva da análise ABC das subfamílias de produtos expedidos entre o período de 1/Jan/2019 e 32/Out/2020.

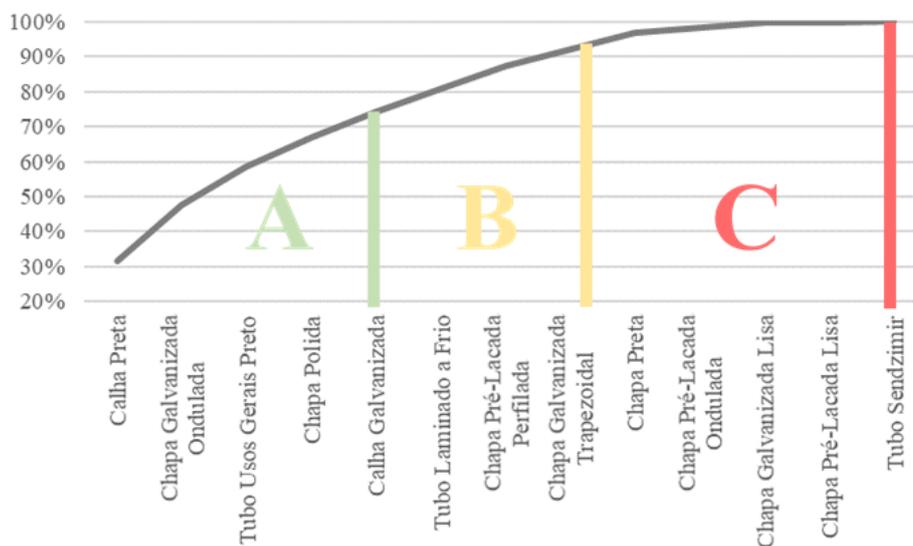


Figura I.1 - Representação gráfica da curva ABC

Anexo G – Comparação das áreas

Na tabela seguinte é apresentada a comparação entre áreas do atual e do *layout* proposto 1.

Tabela G.1 - Comparação das áreas entre o *layout* atual e a Proposta 1

ÁREAS DE ARMAZENAEM (m ²)			
Família	Layout Atual	Layout Proposto 1	Comparação (%)
Matéria-Prima	898	835	-7%
Chapas	746	586	-21%
Tubos (Vermelho)	851	917	8%
Tubos (Azul)	2 274	2 147	-6%
Calha	160	287	79%
Total	4 929	4 772	-3%
Expedição	-	157	

Anexo H – Cálculos auxiliares para a estanteria

A Tabela H.1 representa a quantidade de atados por cada área de armazenagem de PA do atual *layout* da empresa, tendo um total de 26.110 atados.

Tabela H.1 - Atados por área - *Layout* Atual

<i>Layout</i> Atual				
Corredor (1m)				
Famílias	Área	Conjunto	Atados p/Área	Atados p/Área
Tubos Aul	2	720,00	69	5 520
	3	692,00	46	3 680
	4	584,25	60	4 800
	5	276,90	21	1 680
Calha	0	160,00	20	1 600
Tubos Vermelho	1	402,00	25	1 982
	2	194,75	12	960
	3	157,20	15	1 200
	4	96,52	7	560
Chapa	1	486,00	179	2 689
	2	260,30	96	1 440
Total				26 110

A Tabela H.2 apresenta os pressupostos que foram utilizados para a obtenção dos resultados dos cantiléveres. Primeiramente, foi feita uma média da largura dos atados por famílias (tubos, calha e chapa) que foi posteriormente calculada para um conjunto de atados. Um conjunto de atados tem, em média, dez atados na base e oito atados em altura, à exceção da chapa que tem apenas um atado na base e quinze atados em altura. Desta forma, foi possível descobrir tanto a área como a altura que os conjuntos de atados ocupam.

Tabela H.2 - Área e altura dos conjuntos de atados de cada família de produtos

Famílias	Atados (m)		Conjunto de Atados (m)			
	Largura (m)	Altura (m)	Largura (m)	Qtd (un)	Comp (m)	Área (m ²)
Tubos	0,47	0,47	4,73	80	1,71	8,07
Calha	0,35	0,35	3,47	80	2,00	6,94
Chapa	0,28	0,28	1,1	15	1,98	2,18

A Tabela H.3 apresenta quantos atados um cantiléver consegue suportar tendo em conta as suas características base, segundo três hipóteses: a altura máxima dos cantiléveres ser seis metros (tubos e calhas) e oito metros (chapa) devido tanto à imposição da altura máxima de um cantiléver (oito metros), como à altura da unidade fabril onde os artigos se encontram, como ao equipamento de movimentação utilizado; e a altura dos cantiléveres ter no máximo cinco metros de altura devido à limitação de altura dos empilhadores frontais.

Tabela H.3 - Número de atados por cantiléver por família de produtos

Família	Altura Cantiléver (m)	Altura Nível (m)	Comprimento Nível (m)	Atados p/Nível	Atados p/Nível	Média Atados p/Nível	Atados p/Cantiléver
Tubos	8	1	1,5	2	3	6	48
	6	1	1,5	2	3	6	36
	5	1	1,5	2	3	6	30
Calhas	6	1	1,5	2	4	8	48
	5	1	1,5	2	4	8	40
Chapas	8	1	1,5	3	5	15	120
	6	1	1,5	3	5	15	90
	5	1	1,5	3	5	15	75

Anexo I – Cenário do *layout* com cantiléveres – Proposta 1

As figuras seguintes ilustram a posição dos cantiléveres em cada uma das áreas de cada família: chapa, tubos e calhas. Cada cantiléver está representado por secções de dois metros, variando a sua extensão consoante o comprimento da área- tanto os cantiléveres como os corredores estão ilustrados e números de acordo com o que seria a sua posição real.

4. Chapa

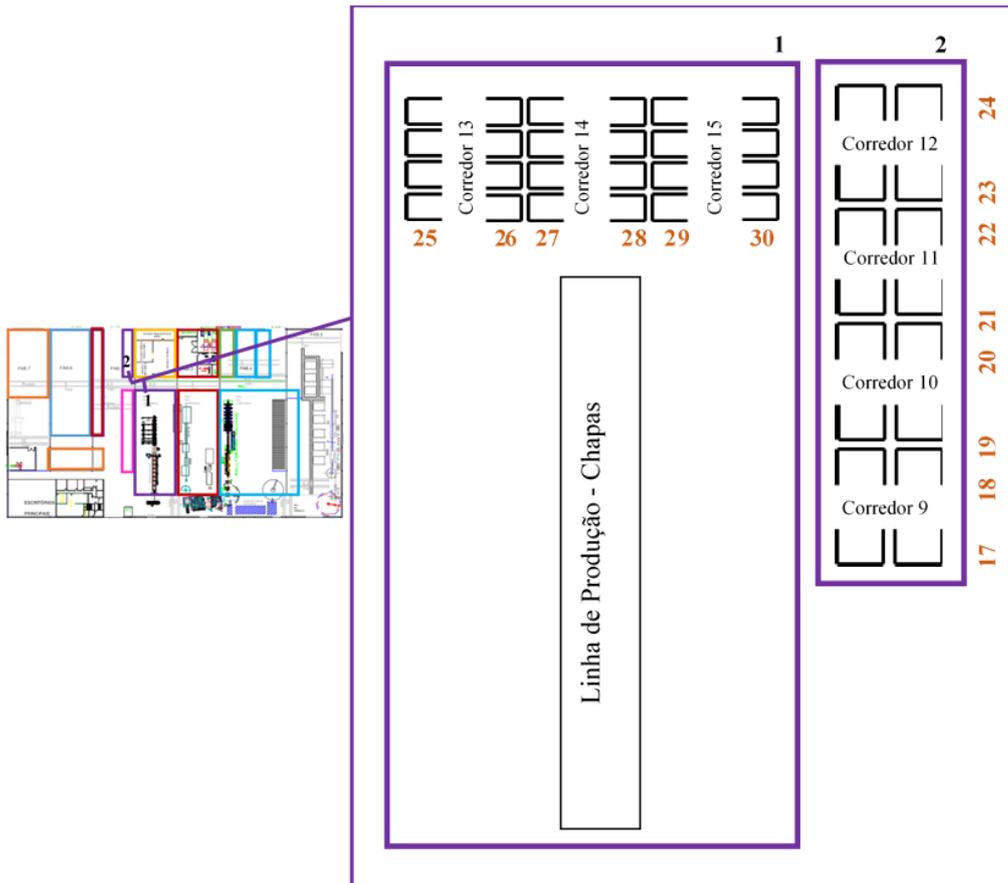


Figura I.1 - Cantiléveres - chapa

5. Tubos (vermelhos)

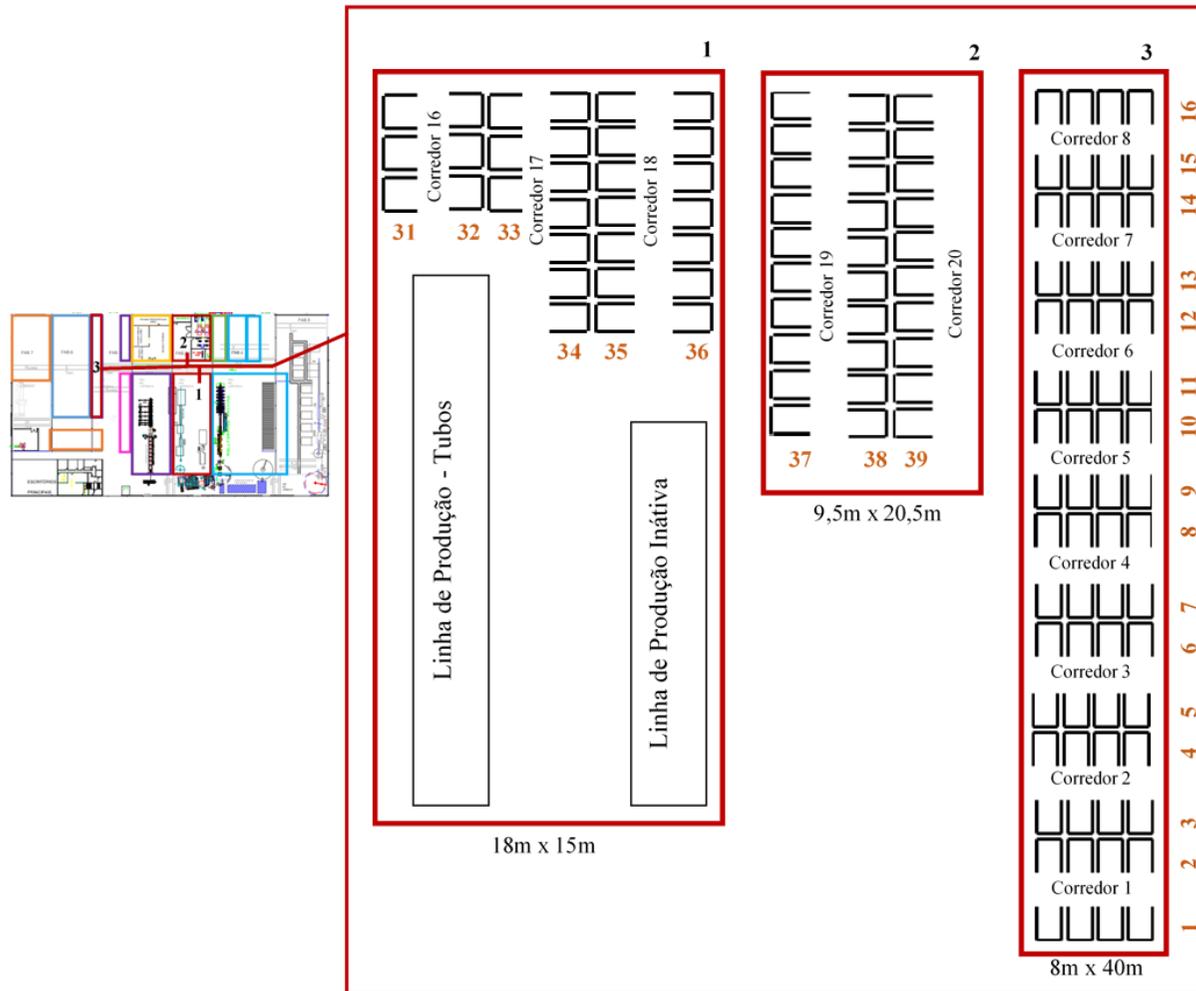


Figura I.2 - Cantiléveres - tubos (vermelho)

6. Tubos (azul)

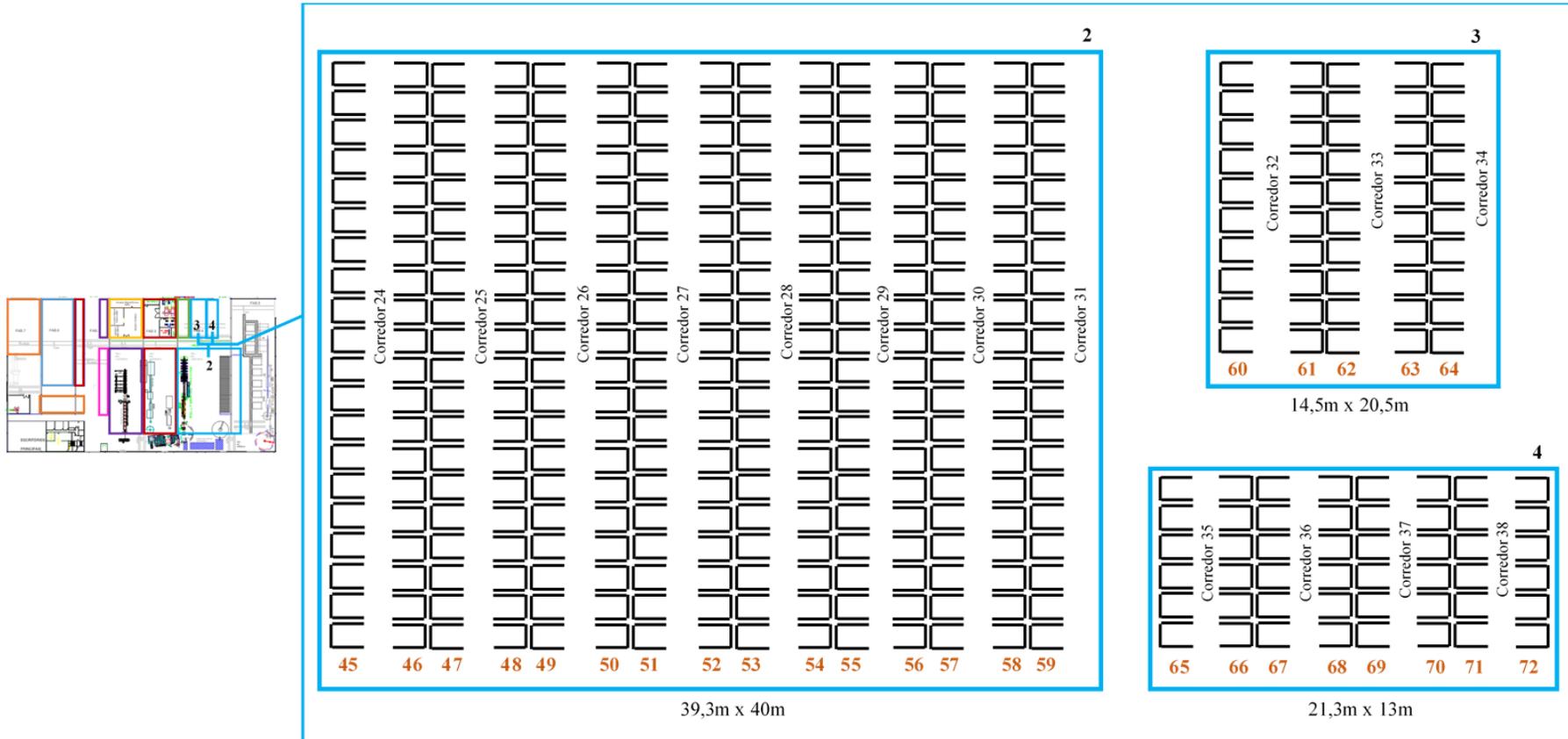


Figura I.3 - Cantiléveres - tubos (azul)

- Calha

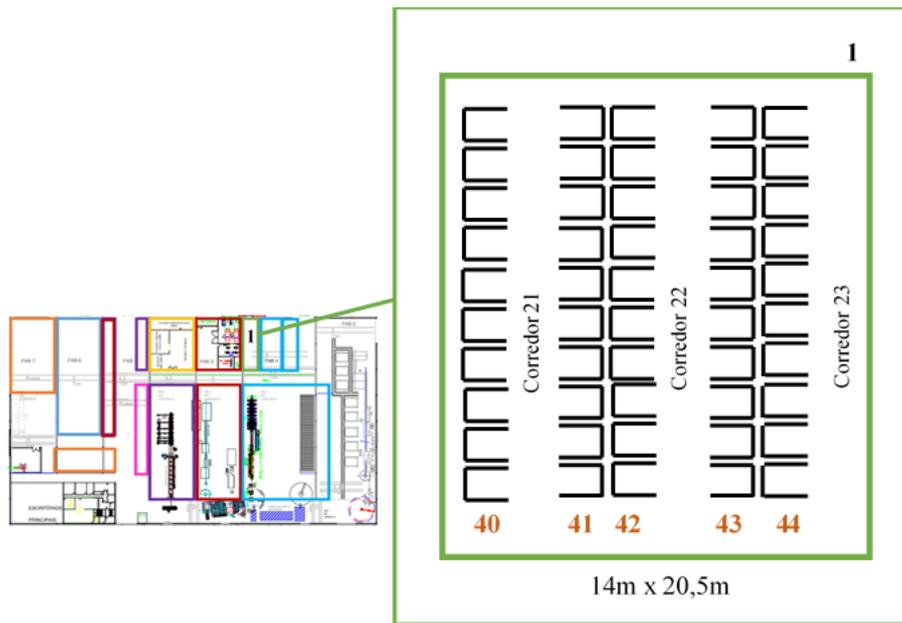


Figura I.4 - Cantiléveres - calha

Anexo J – Proposta 2

A Tabela J.1 é referente à comparação entre as movimentações internas e consequentes distâncias, em metros, entre o atual *layout* e o *layout* da Proposta 2. Existe uma diminuição percentual total de 35%, sendo a chapa e os tubos (azul) as famílias com maior diminuição das distâncias desde a sua linha de produção até às áreas de armazenagem correspondentes.

Tabela J.1 - Movimentações internas - Proposta 2

MOVIMENTAÇÕES INTERNAS (m)				
Família	Movimentações	Layout Atual	Layout Proposto 2	Comparação (%)
Matéria-Prima	MP0-MP1	100,20	98,20	-2%
	MP0-MP2	71,85	56,55	-21%
	MP2-MP3	29,35	73,55	151%
	MP2-MP4	53,65	138,55	158%
	MP4-MP5	76,20	-	-
	MP4-MP6	141,20	-	-
Subtotal		472,45	366,85	-22%
Chapa	CH1-CH2	49,80	10,60	-79%
Subtotal		49,80	10,60	-79%
Tubo (Vermelho)	TV1-TV2	5,00	3,50	-30%
	TV1-TV3	31,20	52,20	67%
	TV1-TV4	53,10	-	-
Subtotal		89,30	55,70	-38%
Calha	CLH0-CLH1	1,00	3,50	250%
Subtotal		1,00	3,50	250%
Tubo (Azul)	TA1-TA2	30,00	36,65	22%
	TA1-TA3	47,65	39,65	-17%
	TA1-TA4	58,30	-	-
	TA1-TA5	42,00	-	-
Subtotal		177,95	76,30	-57%
Total		790,50	512,95	-35%

Na Tabela J.2 está detalhada a quantidade média de atados por cada área de armazenagem do PA, referentes à Proposta 2. Relembrando que um conjunto de atados de calhas e tubos tem em média 80 atados e um conjunto de atados de chapas tem em média 15 atados.

Tabela J.2 - Quantidade de atados por área de armazenagem - Proposta 2

PROPOSTA 2				
Corredor (1m)				
Famílias	Área	Conjunto Atados p/Área	Atados p/Área	
Tubos Azul	2	1 572	161	12 880
	3	550	56	4 480
Calha	1	436	50	4 000
Tubos Vermelho	1	402	25	2 000
	2	209	20	1 600
	3	380	35	2 800
Chapa	1	122	179	2 685
	2	110	154	2 310
Total				32 755

Na Figura J.1 está representado o *layout* da Proposta 3 segundo a análise ABC. Tal como na Proposta 1, sugere-se uma arrumação dos produtos mais relevantes, classificados como “A”, mais perto dos corredores principais e das áreas de expedição, para que todo o processo de arrumação e de cargas/descargas seja mais rápido (§2.2.5.)

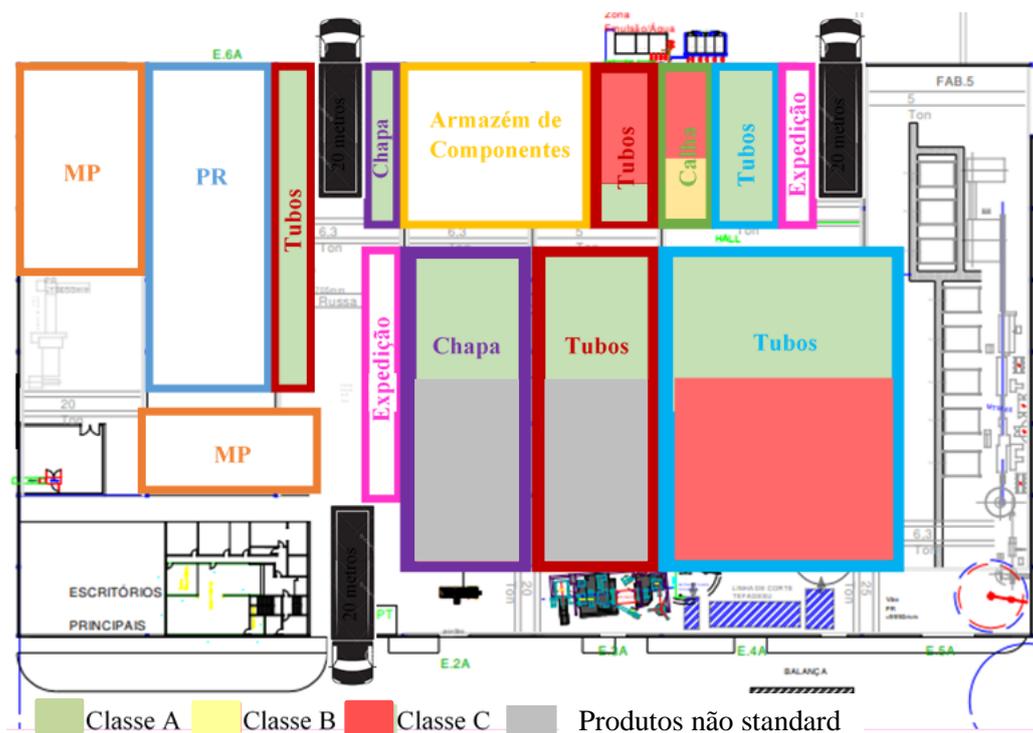


Figura J.1 - *Layout* segundo análise ABC – Proposta 2