

Definição de layout e de modelos de gestão para o armazém de uma unidade industrial de fabrico de elevadores

Catarina Martins de Almeida Camilo

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Jonas Henriques de Lima

Orientador na Schmitt + Sohn Elevadores: Eng.º Eládio Pires



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2021-06-11

Aos meus pais

Resumo

A Schmitt-Elevadores, Lda. é uma empresa que se dedica à produção, montagem e serviço após-venda de ascensores, escadas rolantes e tapetes rolantes. Num mercado globalizado e competitivo, as exigências e os desafios para as empresas são maiores. Apresentando as suas operações distribuídas por duas unidades industriais separadas fisicamente, a Schmitt-Elevadores, Lda. tem a oportunidade de as centralizar numa nova unidade industrial, que fará a unificação não só das duas linhas de produção, mas também de todos os armazéns da empresa.

De forma a aumentar os níveis de eficiência e de serviço ao cliente, as operações de armazenamento são vitais para o sucesso logístico de uma empresa. Assim, os objetivos deste projeto passam pela definição do *layout* para o armazém central na nova unidade industrial e pela proposta de melhorias para os armazéns atuais da empresa, sempre com foco na sua aplicabilidade na nova unidade.

A parte do projeto focada no *layout* para o armazém central exigiu um estudo do que existe no mercado, um contacto constante com fornecedores de soluções de armazenagem e equipamentos de movimentação de cargas e a avaliação das necessidades de armazenagem da empresa. Foram realizadas reuniões semanais com o Departamento de Engenharia de Processo e com a Administração da empresa com a finalidade de serem trocadas ideias e recebido *feedback* no sentido da melhoria das propostas ou do desenvolvimento de novas propostas. Para definição de qual seria o melhor *layout*, foram selecionados os 4 cenários que se mostravam mais promissores e feita a sua avaliação pelo método AHP.

A parte do projeto focada nas propostas de melhoria para os armazéns envolveu um levantamento da situação inicial dos armazéns e dos seus processos e um contacto mais próximo com todos os colaboradores dos armazéns. Com base neste estudo, são propostas no presente documento algumas melhorias: a centralização, ainda antes da passagem para a nova unidade industrial, dos armazéns de material mecânico, a revisão da posição ABC dos artigos nas estantes, a standardização das caixas de armazenagem, o uso de balança no *picking* de artigos de reduzida dimensão, a alteração de uma ferramenta para definir a rota de *picking* de forma a ser possível ser usada nos armazéns de material mecânico e a implementação de auditorias de *housekeeping*.

Definition of layout and management models for the warehouse of an industrial elevator manufacturing unit

Abstract

Schmitt-Elevadores, Lda. is a company dedicated to the production, assembly and after-sales service of elevators, escalators and moving walkways. In a globalized and competitive market, the demands and challenges for companies are bigger. With its operations distributed over two physically separated industrial units, Schmitt-Elevadores, Lda. has the opportunity to centralize them in a new industrial unit, which will unify not only the two production lines, but also all the company's warehouses.

In order to increase efficiency and customer service levels, warehousing operations are vital to a company's logistics success. Thus, the goals of this project include defining the layout for the central warehouse in the new industrial unit and proposing improvements to the company's current warehouses, always focusing on its applicability in the new unit.

The part of the project focused on the layout for the central warehouse required a study of what exists in the market, a constant contact with suppliers of storage solutions and cargo handling equipment and an assessment of the company's storage needs. Weekly meetings with the Department of Process Engineering and with the Administration of the company were held where ideas were exchanged, and feedback received in order to improve the layout proposals or develop new layout proposals. To define which would be the best layout, the 4 scenarios that were most promising were selected and evaluated by the AHP method.

The part of the project focused on the improvement proposals for the warehouses involved the collection of information and a close contact with all warehouse employees to define the initial situation of the warehouses and their processes. Based on this study, some improvements are proposed in this document: the centralization, even before the move to the new industrial unit, of the mechanical material warehouses, the revision of the ABC position of the SKUs on the shelves, the standardization of storage boxes, the use of scales for the picking of small items, the change of a tool to define the picking route so that it can be used in mechanical material warehouses and the implementation of housekeeping audits.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Eng.º Alexander Iken e ao Dr. Miguel Franco pela oportunidade de realização deste projeto na Schmitt-Elevadores e pelo apoio e orientação concedidos.

Quero igualmente agradecer ao Eng.º Eládio Pires por ter sido incansável no apoio fornecido, por se mostrar sempre disponível e pelo companheirismo demonstrado. Agradeço ainda ao Eng.º Tiago Resende e à Eng.ª Sofia Pinto que, não sendo os meus orientadores diretos, apoiaram igualmente este projeto e tiveram sempre uma palavra de apoio e incentivo.

A todos os colaboradores da Schmitt-Elevadores, em especial, ao Leonel Faria, ao Pedro Cardoso, ao Mário Costa, ao Luís Filipe e ao Rui Novais, o meu sincero obrigado por me terem recebido tão bem, com paciência e respeito, e por despendarem do seu tempo para me transmitir a sua sabedoria.

Agradeço ao Professor Jonas Lima por toda a orientação no decorrer deste projeto e pela disponibilidade mostrada.

Quero ainda agradecer à minha tia Emília, por ter sido um pilar nos momentos mais difíceis da minha vida, por estar sempre disponível para me ouvir e guiar e por me ensinar a olhar para os problemas como oportunidades de aprendizagem.

Por último, quero agradecer aos meus pais, por me proporcionarem todos os meios para chegar até aqui, por todos os sacrifícios feitos para que eu me tornasse na pessoa que sou hoje e por serem o meu porto de abrigo agora e sempre.

Índice de Conteúdos

1 Introdução	1
1.1 Apresentação da Schmitt – Elevadores, Lda.	1
1.2 O projeto e objetivos	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura da dissertação	3
2 Enquadramento Teórico.....	4
2.1 Armazéns	4
2.1.1 Atividades em armazém.....	4
2.1.2 Layout do armazém	5
2.1.3 Métodos de armazenamento	7
2.1.4 Equipamentos de manuseamento e movimentação de cargas	9
2.2 Filosofia <i>Lean</i> na armazenagem	10
2.3 Ferramentas <i>Lean</i>	10
2.3.1 Metodologia 5S.....	11
2.3.2 Gestão Visual.....	11
2.3.3 Mapa de Processos.....	12
2.3.4 Relatório A3.....	12
2.4 Método de Análise Hierárquica de Processo (AHP)	13
3 Descrição da situação atual.....	15
3.1 Apresentação dos armazéns da empresa	15
3.2 Apresentação detalhada do armazém S23	20
3.2.1 Layout do armazém	20
3.2.2 Análise visual do armazém	21
3.2.3 Análise ABC dos artigos.....	23
3.3 Análise de causas dos problemas identificados	25
4. Apresentação das soluções propostas	28
4.1 Desenho do <i>layout</i> para o novo armazém central	28
4.1.1 Cálculo das necessidades de área de armazenamento da empresa	28
4.1.2 Identificação das áreas de armazém não destinadas a armazenamento	29
4.1.3 Identificação das restrições do edifício onde ficará o novo armazém central	29
4.1.4 Estudo de alternativas para equipamentos de movimentação de cargas e soluções de armazenamento	30
4.1.5 Desenvolvimento das propostas de <i>layout</i> e avaliação pelo método AHP	32
4.2 Propostas de melhoria para os armazéns	38
4.2.1 Centralização dos armazéns M e S23	38

4.2.2 Revisão da posição ABC dos artigos na estante	43
4.2.3 Standardização das caixas de armazenagem.....	45
4.2.4 Alteração do método de <i>picking</i> para artigos de reduzidas dimensões.....	45
4.2.5 Ferramenta para definir rota de <i>picking</i>	46
4.2.6 Implementação de auditorias de <i>housekeeping</i>	48
5. Conclusões e perspectivas de trabalho futuro.....	49
Referências.....	51
ANEXO A: Tipologia e dimensões das estantes do armazém S23	53
ANEXO B: Método AHP aplicado aos cenários de <i>layout</i> para o novo armazém central..	55
ANEXO C: Análise aos prós e contras das 3 opções de mudança da Academia	60
ANEXO D: Método AHP aplicado aos cenários de <i>layout</i> para a centralização dos armazéns M e S23.....	61
ANEXO E: Excel com as informações de pesos e dimensões de 35 SKUs	66
ANEXO F: Mapa de processo do <i>picking</i> com uso de balança	67
ANEXO G: Gráficos dos tempos de <i>picking</i> com e sem o uso de balança	68
ANEXO H: Auditoria de <i>housekeeping</i> – Armazém S23	69

Siglas

BOL – Bordo de linha

ERP – *Enterprise Resource Planning*

IT – Instrução de trabalho

KPI – *Key Performance Indicator*

NV - *Microsoft Dynamics Navision*

SAV – Serviço Após Venda

SKU – *Stock Keeping Unit*

Índice de Figuras

Figura 1 - Localização das unidades industriais da Schmitt - Elevadores Lda.....	1
Figura 2 - Layout de armazém: a) fluxo direcionado, b) fluxo em U (Fonte: Carvalho 2017, 231).....	6
Figura 3 – Tabela Resumo: Equipamentos de movimentação de cargas (Adaptado: Richards 2018).....	9
Figura 4 - Decomposição de um problema numa hierarquia (Adaptado: Saaty 1990).....	13
Figura 5 - Percurso entre Schmitt 1 e Schmitt 2	15
Figura 6 - Localização dos Armazéns da Schmitt-Elevadores	16
Figura 7 - Carrinho Kanban	17
Figura 8 - Carrinho Kommbox de material mecânico (lado esquerdo) e de material elétrico (lado direito)	17
Figura 9 - Mapa de processo do picking kanban	18
Figura 10 - Mapa de processo do picking kommbox.....	18
Figura 11 - Gráfico da evolução do indicador de erros de inventário	19
Figura 12 - Gráfico da evolução do indicador de ruturas	19
Figura 13 - Gráfico da evolução do indicador referente à auditoria interna dos armazéns	20
Figura 14 - Layout do armazém S23 com indicação das zonas obstruídas	21
Figura 15 - Tipos de etiquetas para identificação de artigos	22
Figura 16 - Exemplos de artigos mal identificados	22
Figura 17 - Tipologia das caixas de armazenamento (Tipo A - lado esquerdo, Tipo B - lado direito).....	22
Figura 18 - Análise ABC com base no número de pickings realizado nos últimos 6 meses	24
Figura 19 - Código de localizações no armazém S23.....	24
Figura 20 - Comparação da classificação ABC com a localização	24
Figura 21 - Análise de causas: Desorganização do armazém/Desatualização do layout.....	26
Figura 22 - Análise de causas: Não normalização de caixas e etiquetas, Incongruências no stock e nos SKUs que se encontram em armazém e Ruturas de stock	27
Figura 23 - Representação da nova unidade industrial ao lado do edifício atual	29
Figura 24 - Planta das áreas destinadas a armazém da nova unidade industrial.....	30
Figura 25 - Esquema das alturas úteis sem viga e com viga.....	30
Figura 26 - Legenda dos cenários de layout	33
Figura 27 - Cenário 1: Armazém central na nova unidade industrial	33
Figura 28 - Cenário 2: Armazém central na nova unidade industrial	34
Figura 29 - Cenário 3: Armazém central na nova unidade industrial	34
Figura 30 - Cenário 4: Armazém central na nova unidade industrial	35
Figura 31 - Método AHP nova unidade industrial - Matriz de Comparação Normalizada	35

Figura 32 - Método AHP nova unidade industrial - Matriz de Prioridades Global.....	36
Figura 33 - Layout atual do armazém M	38
Figura 34 - Cenário 1: Centralização armazéns M e S23	39
Figura 35 - Cenário 2: Centralização armazéns M e S23	40
Figura 36 - Cenário 3: Centralização armazéns M e S23	40
Figura 37 - Cenário 4: Centralização armazéns M e S23	40
Figura 38 - Método AHP Centralização armazém M e S23 - Matriz de Comparação Normalizada.....	41
Figura 39 - Método AHP Centralização armazém M e S23 - Matriz de Comparação Normalizada - Matriz de Prioridades Global.....	41
Figura 40 - Layout Armazém M e S23: estantes originais	43
Figura 41 - Layout Armazém M e S23: estantes originais e novas estantes	43
Figura 42 - Distribuição ABC de uma amostra de artigos S23 numa estante modelo	44
Figura 43 - Caixas standard	45
Figura 44 - Gráfico dos desvios, em percentagem, existentes numa amostra de 35 artigos de picking kanban.....	46
Figura 45 - Exemplo do uso da ferramenta para rota de picking no armazém M	47
Figura 46 - Esquema da rota de picking criada	48

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Escala qualitativa para avaliar a importância relativa de cada critério.....	14
Tabela 2 - Distribuição dos colaboradores pelas várias tarefas desempenhadas em cada um dos armazéns.....	18
Tabela 3 - Tipologia e distribuição dos equipamentos de movimentação de cargas pelos armazéns	19
Tabela 4 - Tipologia e dimensões das caixas de armazenagem.....	23
Tabela 5 - Necessidades para zona palete e zona caixa.....	29
Tabela 6 - Prós e contras dos equipamentos de movimentação de cargas.....	31
Tabela 7 - Resultado da aplicação do método AHP aos layouts da nova unidade industrial	36
Tabela 8 - Considerações feitas para a avaliação de cada Cenário – Nova Unidade Industrial	37
Tabela 9 - Resultado da aplicação do método AHP aos layouts para a centralização Marrocos + S23.....	41
Tabela 10 - Considerações feitas para a avaliação de cada Cenário – Centralização Armazéns M e S23.....	42

1 Introdução

O presente trabalho foi realizado no âmbito da dissertação em ambiente empresarial do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O projeto decorreu no Departamento de Engenharia de Processo da empresa Schmitt-Elevadores, Lda. e incide sobre os armazéns da empresa e a sua futura centralização numa nova unidade industrial.

1.1 Apresentação da Schmitt - Elevadores, Lda.

A empresa Schmitt – Elevadores, Lda. pertence ao grupo multinacional alemão, Schmitt + Sohn, fundado em 1861 e sediado em Nuremberga. A Schmitt + Sohn marca presença em quatro países europeus: Alemanha, Portugal, Áustria e República Checa. As unidades fabris encontram-se apenas na Alemanha e em Portugal.

A empresa dedica-se à produção, montagem e serviço após-venda de ascensores, escadas rolantes e tapetes rolantes e é, atualmente, gerida pela sexta geração da família Schmitt. Defende a filosofia empresarial “Aprendizagem diária – Qualidade – Seriedade empresarial” e concentra os seus esforços em três competências principais: colaboradores, produtos e processos inteligentes. Os seus valores são a orientação e a exigência, que se veem refletidos no facto de a empresa possuir um passivo bancário nulo, o que permite transmitir confiança nos relacionamentos tanto com os seus fornecedores como com os seus clientes.

Como é possível observar na Figura 1, a empresa está dividida em dois espaços físicos: a Schmitt 1, onde se encontra a sede da empresa, os serviços administrativos, os gabinetes técnicos e a produção de componentes elétricos, e a Schmitt 2, onde se encontra a produção de componentes mecânicos, onde a maior parte dos componentes físicos do elevador, como a cabina, as portas e o equipamento de caixa, são produzidos.



Figura 1 - Localização das unidades industriais da Schmitt - Elevadores Lda.

Quanto aos indicadores de atividade, o grupo produz mais de 2000 elevadores anualmente, tendo já mais de 90 000 elevadores fabricados, conta com mais de 1600 colaboradores e tem cerca de 40 000 elevadores em manutenção anualmente.

1.2 O projeto e objetivos

A Schmitt-Elevadores tem vindo a ver o seu volume de negócios a crescer e a exigência dos seus clientes a aumentar. Atualmente, a empresa possui os seus armazéns fisicamente separados uns dos outros, o que origina desafios logísticos muito grandes. Por estes motivos, a empresa tem a necessidade de unificar os armazéns existentes, tendo a oportunidade de os centralizar numa nova unidade industrial.

O projeto aqui apresentado passa pelo estudo de *layouts* para o armazém central na nova unidade industrial. Este estudo envolveu a identificação das necessidades de armazenagem da empresa, a identificação dos problemas existentes nos *layouts* atuais, o contacto direto com fornecedores de soluções de armazenagem e equipamentos de movimentação de carga e, por fim, o desenho de possíveis alternativas de *layout* para o armazém central e a escolha da melhor opção através da avaliação das diferentes alternativas pelo método AHP.

Em simultâneo, pretendeu-se também identificar oportunidades de melhoria nos armazéns atuais da empresa, identificando problemas existentes e propondo soluções. Este processo de reconhecimento do estado atual, identificação de problemas e proposta de soluções foi focado essencialmente nos armazéns de material mecânico da empresa (especialmente o armazém S23), pelo facto de que seria um trabalho muito exaustivo de se fazer a todos os armazéns da empresa no período de tempo no qual decorreu o trabalho. No entanto, é importante salientar que todas as propostas de melhoria são alargáveis a todos os armazéns de matéria-prima da empresa e, acima de tudo, alargáveis ao futuro armazém central.

Dentro deste enquadramento, o presente projeto tem os seguintes objetivos:

- tornar o *layout* mais eficiente;
- reduzir o número de ruturas;
- aumentar o rigor na identificação dos artigos e na arrumação;
- colocar a equipa do armazém piloto no quadro de excelência de práticas 5S;
- reduzir os desperdícios no armazém;
- reduzir os erros de inventário permanente.

De seguida é apresentada a metodologia seguida ao longo do projeto.

1.3 Metodologia

Numa fase inicial, foi necessário conhecer a empresa e a sua cultura e proceder a uma pesquisa de artigos e livros científicos relacionados com os temas em análise, de forma a aprofundar o conhecimento nestas áreas e a atingir os objetivos propostos no projeto.

Paralelamente, foi feito um levantamento da situação inicial através da recolha de dados, observação e diálogo com os colaboradores da empresa.

Após ter sido obtido o panorama atual dos armazéns, foram identificados problemas e oportunidades de melhoria existentes e, posteriormente, desenhadas soluções para os enfrentar. As soluções desenhadas, possíveis de testar, foram testadas num pequeno armazém já existente, o armazém S23, de forma a serem validadas.

Por fim, de salientar que ao longo de todo o projeto foi utilizada uma ferramenta, denominada A3, que permite a visualização do estado atual do projeto e que se divide em nove secções: definição do problema, estado inicial, objetivos do projeto, análise de causas raiz dos problemas, desenho de soluções, validação de soluções, plano de ações, resultados obtidos e lições aprendidas e ações futuras.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação foi elaborada ao longo do projeto e encontra-se dividida em cinco capítulos.

Neste primeiro capítulo foi feita uma breve apresentação da empresa onde decorreu o projeto, o respetivo enquadramento e motivações deste na empresa e, ainda, a metodologia seguida para alcançar os objetivos finais.

No segundo capítulo, Enquadramento Teórico, é feito um enquadramento teórico dos conceitos, métodos e ferramentas usados para suportar a análise da situação inicial bem como das soluções propostas.

No terceiro capítulo, Descrição da Situação Atual, é feita a descrição e análise do estado atual dos armazéns existentes e são identificados os problemas existentes e as oportunidades de melhoria encontradas, com especial foco nos armazéns de material mecânico.

No quarto capítulo, Apresentação das Soluções Propostas, são apresentadas as propostas de solução para os problemas descritos no capítulo anterior. Para as soluções possíveis de serem testadas são ainda apresentados os resultados desses testes.

No quinto e último capítulo, Conclusões e Perspetivas de Trabalho Futuro, são apresentadas as conclusões do projeto bem como sugestões para trabalhos futuros.

2 Enquadramento Teórico

Para a elaboração da presente dissertação foi realizado um levantamento da literatura existente relativa aos temas mais relevantes do projeto. Este capítulo começa por explorar alguns temas relativos aos armazéns. De seguida, aborda-se o tema da filosofia *Lean* na armazenagem e das ferramentas *Lean* utilizadas ao longo do projeto. Por fim, é apresentado o método usado para a análise e avaliação das propostas de *layout* feitas: o método AHP.

2.1 Armazéns

O bom funcionamento de qualquer rede de distribuição é amplamente determinada pela eficiência dos seus nós, isto é, dos armazéns (Rouwenhorst et al. 2000). Embora os armazéns sejam essenciais para garantir o nível de serviço ao cliente pretendido, também têm um papel significativo do ponto de vista dos custos. Segundo Baker e Canessa (2009), os custos de capital e operacionais dos armazéns representam 22% dos custos de logística.

De acordo com Lambert et al (1998), os armazéns contribuem para um conjunto de objetivos das empresas na área industrial e logística, sendo algumas delas:

- alcançar economias de transporte e de produção;
- atender às mudanças e incertezas do mercado (como a sazonalidade);
- poder oferecer ao cliente (externo ou interno) um conjunto de produtos por cada pedido em vez de apenas um;
- fornecer armazenamento temporário de material a ser descartado ou reciclado (logística inversa).

É assim essencial para o sucesso de uma empresa que os seus armazéns sejam desenhados de forma a serem o mais eficiente possível. Segundo Rouwenhorst et. al (2000), isto é particularmente importante, visto que os custos de armazenamento são, em grande parte, determinados na fase do desenho do *layout*.

2.1.1 Atividades em armazém

Segundo Carvalho (2010), o processo de armazenagem engloba seis atividades: *receção*, *conferência*, *arrumação*, *picking*, *preparação* e *expedição*. A chegada de produtos desencadeia as primeiras três e o pedido de clientes as últimas três.

Na *receção* e *conferência*, estão incluídos o descarregamento físico do material, a sua verificação, o registo dos recibos e a decisão de onde irão ser colocadas as mercadorias. Nesta etapa, podem ainda estar incluídas atividades como desempacotar e reembalar, controlo de qualidade e o armazenamento em quarentena até haver libertação da mercadoria por parte do controlo de qualidade (Rushton, Croucher, and Baker 2010). Por fim, é necessário que o stock informático seja atualizado de acordo com a mercadoria recebida (Carvalho 2017).

Na *arrumação*, o material deve ser depositado no local designado e este deve estar bem identificado. O método escolhido para o armazenamento depende não só da dimensão e da quantidade dos artigos, mas também das características próprias de manuseamento (Frazelle 2002). Assim, segundo Rouwenhorst et al (2000), podem existir duas áreas distintas de armazenagem: a área de reserva, onde os produtos são armazenados da forma mais económica e que, normalmente, implica o uso de porta-paletes; e a área de *picking*, onde os produtos são armazenados em quantidades mais pequenas e de fácil acesso, normalmente em prateleiras.

Após os produtos terem sido rececionados e arrumados, a atividade de *picking* é despoletada pela encomenda dos clientes (Carvalho 2017). No *picking*, os produtos são recolhidos da zona onde estão armazenados nas quantidades necessárias e no tempo necessário para atender às encomendas. O *picking* é muito importante para prestar um bom serviço ao cliente, mas também

exige uma grande proporção do tempo despendido em atividades de armazém e é caro (Rushton, Croucher, and Baker 2010). De facto, segundo Tompkins et al. (2010), cerca de 55% de todos os custos operacionais de um armazém são atribuídos ao *picking*.

Existem quatro métodos de *picking*: *picking by order*, *picking by line*, *zone picking* e *batch picking* (Carvalho 2017):

- *picking by order*: o operador é responsável por recolher todos os itens de uma encomenda, deslocando-se a todas as localizações de referências contidas na encomenda.
- *picking by line*: é definida uma sequência de recolha dos itens no armazém, em que o operador recolhe em cada localização a quantidade de artigo necessária para satisfazer várias encomendas.
- *zone picking*: a área de *picking*, que pode ser o armazém todo ou uma área dedicada apenas a esta atividade, está dividida em zonas, com um operador alocado a cada zona. O operador recolhe todos os artigos para cada encomenda que estão localizados na sua zona e estes são depois consolidados numa área de consolidação para completar as encomendas.
- *batch picking*: o operador trabalha sobre um grupo de encomendas em simultâneo, uma linha de cada vez. Quando um artigo aparece em mais do que uma encomenda, o operador recolhe a quantidade total para todas as encomendas e, posteriormente, separa por encomenda.

Na *preparação*, são colocados os produtos da encomenda na paleta respetiva, preparando-a para a fase de expedição. As paletes devem, depois, ser consolidadas junto ao cais onde se irá efetuar a carga do veículo. O critério LIFO (*last in, first out*) deve ser usado, ou seja, a primeira paleta a entrar no veículo deve ser a que corresponde ao último cliente a ser visitado na rota de distribuição (Carvalho 2017).

Finalmente, na *expedição*, os bens agrupados e embalados são posicionados para os veículos e estes são enviados para o próximo “nó” da cadeia de abastecimento, que pode ser um centro de distribuição intermediário, outro meio de transporte (como um navio ou um avião, por exemplo) ou o cliente final (Rushton, Croucher, and Baker 2010). Assim como com a receção dos materiais, é importante que exista um espaço dedicado a esta atividade e onde se possam realizar todas as operações ligadas a ela, como a separação e verificação dos materiais, o embalamento e o carregamento dos camiões (Tompkins et al. 2010).

2.1.2 Layout do armazém

Um armazém que não é totalmente utilizado não faz um bom uso do capital investido nele, mas um que armazena demasiado material origina desperdícios de tempo e mão-de-obra. Assim, o cerne da questão é descobrir qual o grau de concentração de material mais alto para o grau de acesso aceitável mais baixo (Burton 1973).

O desenvolvimento de um *layout* de armazém é um projeto complexo, visto que apresenta diversas restrições que têm de ser atendidas, tais como (Mulcahy 1993):

- o espaçamento entre colunas e tamanho bem definidos;
- a altura do teto bem definida;
- as localizações da porta e da doca de receção;
- a forma do edifício e as condições do terreno;
- a área geográfica.

Segundo Mulcahy (1993), o primeiro passo para a elaboração do *layout* consiste na recolha e análise de dados, no estabelecimento de parâmetros do *design* (custos, desenho, materiais, risco,...) e na consideração de várias alternativas para o equipamento de manuseamento de materiais. Este primeiro passo inclui:

- a identificação do equipamento de manuseamento de material existente;
- a medida (largura, altura, peso) e catalogação de todos os SKUs;
- a classificação do tipo de armazenamento para cada SKU baseado nas suas características;
- a projecção dos níveis de inventário para cada SKU (nível médio e máximo);
- a revisão das alternativas para o manuseamento dos materiais.

O segundo passo para a elaboração do *layout*, ainda segundo o mesmo autor, é a definição dos *layouts* das restantes zonas necessárias num armazém que não se referem ao armazenamento dos artigos. Estas zonas são:

- a zona de estacionamento dos camiões e parque automóvel;
- a zona de receção dos materiais;
- a zona para abrir, classificar, contar e embalar os materiais;
- a zona de devoluções;
- a zona para transporte dentro do próprio armazém;
- a zona para *picking* e distribuição;
- a zona de expedição.

O desafio na definição de um *layout* é o de encontrar a organização mais eficiente do espaço disponível, avaliar as diferentes alternativas encontradas e seleccionar a melhor. Para a avaliação das diferentes alternativas e seleção da melhor é necessário definir um conjunto de critérios, que podem ser qualitativos ou quantitativos. Alguns exemplos de critérios que podem ser usados são (Besbes et al. 2018):

- espaço disponível para as diferentes operações do armazém;
- flexibilidade de mudança no futuro;
- acessibilidade;
- diminuição de fluxos
- custo.

O *layout* de um armazém é, geralmente, categorizado de acordo com o fluxo de material, isto é, a movimentação de produtos desde a sua entrada no armazém até à sua expedição (Rushton, Croucher, and Baker 2010). Se a zona de expedição se localizar no extremo oposto à zona de receção e a zona de armazenagem se localizar entre estas, então estamos perante uma configuração de fluxo direccionado. Se as zonas de receção e expedição se localizarem na mesma zona, estamos perante um *layout* de fluxo em U (Carvalho 2017).

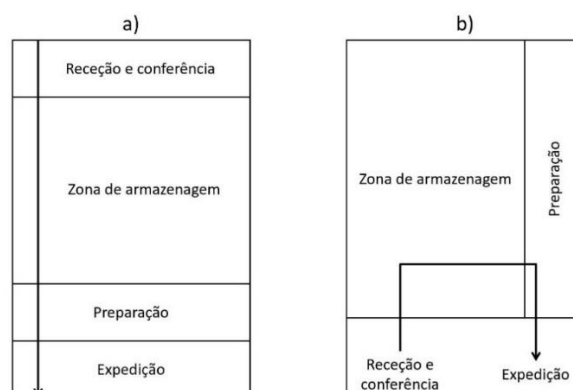


Figura 2 - Layout de armazém: a) fluxo direccionado, b) fluxo em U (Fonte: Carvalho 2017, 231)

O *layout* de fluxo direcionado permite uma melhor circulação dos produtos dentro do armazém, visto que apresenta as zonas para a realização das tarefas de forma sequencial. Por outro lado, por apresentar as zonas de receção e expedição em locais separados, exige a duplicação de recursos para estas atividades, incluindo docas, equipamentos e colaboradores.

Já o *layout* de fluxo em U apresenta como principal vantagem a possibilidade de aproveitar as mesmas docas, os mesmos equipamentos e os mesmos colaboradores para as atividades de receção e expedição, sendo particularmente vantajoso em armazéns onde estas atividades são realizadas em alturas diferentes do dia. Outra vantagem é a maior facilidade de organização dos artigos com base na sua rotatividade, originando reduções nas distâncias percorridas nas atividades de armazenamento e *picking*. No entanto, o *layout* de fluxo em U nem sempre é possível de implementar devido a limitações físicas do armazém (Rushton, Croucher, and Baker 2010).

2.1.3 Métodos de armazenamento

Como já foi descrito anteriormente, existem quatro processos principais num armazém. No processo de armazenamento os artigos são armazenados em localizações no armazém e, para isso, existem vários métodos. De acordo com Manzini (2012), o objetivo de qualquer método de armazenamento é o de determinar uma localização para armazenar o material a fim de minimizar o esforço de manuseamento dos materiais e o custo tanto de armazenamento como de posterior *picking*. Alguns dos métodos mais usados serão apresentados de seguida.

Armazenamento dedicado

Neste método os artigos são armazenados em localizações fixas. Isto exige que cada localização tenha espaço suficiente para o *stock* máximo do artigo que aí se armazena, mesmo que em certos momentos não exista *stock* desse artigo. Assim, a utilização do espaço é mais baixa. Por outro lado, uma vantagem é que os operadores do armazém ficam familiarizados com as localizações dos artigos, o que simplifica as operações de receção, armazenamento e *picking* (de Koster, Le-Duc, and Roodbergen 2007).

Outro aspeto interessante deste tipo de armazenamento é que considera certas características do artigo, como o peso, permitindo a alocação dos artigos mais pesados em pontos mais baixos e os artigos mais leves em pontos mais altos do armazém (Manzini and Goetschalckx 2012).

Armazenamento aleatório

Neste método de armazenamento, a alocação de SKUs é dinâmica. O local de armazenamento é atribuído sem ter em conta o tipo de artigo. Cada localização disponível é considerada como igualmente provável de ser selecionada para o armazenamento do artigo, resultando em atividades uniformemente distribuídas pelas localizações (Manzini and Goetschalckx 2012).

Isto resulta numa alta taxa de utilização de espaço, mas aumenta as distâncias percorridas (de Koster, Le-Duc, and Roodbergen 2007). Além disso, a aplicação de um método de armazenamento deste tipo envolve a necessidade de um sistema de informação adequado para rastrear a localização de cada artigo no armazém, visto que o mesmo local pode ser atribuído a diferentes SKUs ao longo do tempo (Fumi, Scarabotti, and Schiraldi 2013).

Armazenamento no local livre mais próximo

Este método tem algumas semelhanças com o anterior, exceto que neste caso o local escolhido para armazenar os produtos é o local vazio mais próximo encontrado pelo operador. Isto dá origem a um armazém em que, normalmente, as estantes mais próximas da receção dos artigos estão cheias e, à medida que nos afastamos da receção, as estantes vão ficando gradualmente mais vazias (de Koster, Le-Duc, and Roodbergen 2007).

Apesar de geralmente originar uma redução das distâncias percorridas comparativamente com o armazenamento aleatório, este fator pode ser desvalorizado se o operador tiver de perder muito tempo à procura de um local vazio ou à procura de um lote de artigos de um determinado SKU. Assim, é também essencial a existência de um mapa de inventário em tempo real para tornar o trabalho dos operadores mais eficiente (Manzini and Goetschalckx 2012).

Armazenamento baseado em classes

Este método combina alguns dos métodos descritos anteriormente. Os artigos são distribuídos por classes, em função da sua procura ou rotatividade, e para cada classe é reservada uma zona do armazém. Um artigo que entre no armazém é armazenado numa localização vazia arbitrária dentro da zona da sua classe.

O objetivo de um armazenamento baseado em classes é reduzir os tempos de movimentação tanto no processo de armazenamento como no de *picking*, armazenando os artigos com maior procura em localizações de fácil acesso. No entanto, um dos desafios é o de determinar o tamanho de cada zona de acordo com os produtos que serão armazenados nela (Manzini and Goetschalckx 2012).

- **Classificação ABC:**

Uma das formas mais comuns de criar as classes para distribuição dos artigos é através da classificação ABC. Esta classificação permite a separação dos SKUs em, normalmente, três classes diferentes (A, B e C), utilizando como critério de separação o valor da procura, de venda dos materiais, do consumo anual dos materiais, do valor de *stock*, do custo total anual do material, entre outros (Liu et al. 2016). Esta classificação baseia-se na regra de Pareto, que afirma que, na maioria dos casos, cerca de 80% dos efeitos são consequência de 20% das causas, ou seja, que a maior parte do valor investido se concentra num número reduzido de artigos (de Koster, Le-Duc, and Roodbergen 2007).

A classificação ABC faz sentido quando os artigos a serem classificados são relativamente homogéneos e a principal diferença entre os artigos é o valor do critério pré-definido. No entanto, em grande parte das empresas, os artigos não são, geralmente, homogéneos, pelo que a classificação ABC pode não originar uma boa classificação dos mesmos (Liu et al. 2016). Apesar disso, este método de classificação, quando usado de forma correta, permite o foco nos artigos mais relevantes (artigos da classe A), que exigem uma análise mais detalhada e um controlo mais apertado (Braglia, Grassi, and Montanari 2004).

Armazenamento por família

Este último método de armazenamento baseia-se nas possíveis relações existentes entre artigos. Certos artigos podem ter a tendência de serem pedidos junto com outros e, nestes casos, pode ser interessante alocar artigos relacionados, ou que tenham tendência a serem pedidos juntos, na mesma área de armazenamento (de Koster, Le-Duc, and Roodbergen 2007).

Apesar deste tipo de armazenamento também reduzir os tempos de movimentação, exige mais espaço comparativamente com o armazenamento aleatório. Além disso, é necessário saber ou ter a capacidade de prever a correlação existente entre os artigos (Manzini and Goetschalckx 2012).

Em conclusão, e como é possível constatar após a exposição de métodos feita, cada tipo de armazenamento tem as suas vantagens e desvantagens e, por vezes, pode ser interessante aplicar mais do que um método no mesmo armazém. Por exemplo, o armazenamento dedicado pode ser mais direcionado para as áreas de *picking*, e o armazenamento aleatório para as áreas reservadas para reabastecimento (Manzini and Goetschalckx 2012).

2.1.4 Equipamentos de manuseamento e movimentação de cargas

Existem vários sistemas e equipamentos de manuseamento e movimentação de material disponíveis atualmente. Aquando da sua seleção é necessário considerar todos os aspetos que envolvem a operação de movimentação de cargas, como o tipo de mercadorias, as dimensões do armazém e a altura ou distâncias percorridas. É importante ainda ter em conta os fatores ergonómicos de modo a minimizar a carga física dos trabalhadores e a possibilidade de acidente (Tompkins et al. 2010).

De seguida são apresentados, de forma resumida, alguns dos equipamentos de movimentação de cargas mais utilizados na indústria, segmentados pelo tipo de movimentação da paleta, que pode ser na horizontal ou na vertical, sendo que os equipamentos de movimentação vertical são, na maioria das vezes, também de movimentação horizontal.

Equipamentos de movimentação horizontal		Equipamentos de movimentação vertical	
Nome do equipamento	Descrição	Nome do equipamento	Descrição
Porta paletes manual	Este equipamento possui uma bomba hidráulica capaz de levantar a paleta o suficiente para ser possível movê-la ao longo do chão do armazém. É útil para mover paletes em pequenas distâncias e a sua carga máxima é de, aproximadamente, 2500kg.	<i>Stacker</i>	É um tipo de equipamento muito utilizado para a movimentação de paletes em armazém em corredores com largura reduzida, podendo elevar cargas, geralmente, até um máximo de 6 metros.
Porta paletes elétrico	Este equipamento possui uma bateria. A escolha deste equipamento em detrimento do anterior é baseada nas distâncias percorridas no armazém. A sua carga máxima varia entre 1500kg e 2500kg.	Empilhador contrabalançado	É um equipamento rápido, flexível e versátil que opera bem tanto no interior como no exterior do armazém. No entanto, exigem mais espaço do que o <i>stacker</i> . Consegue atingir alturas de elevação de 7,5 metros.
Trator de reboque	Este equipamento é usado quando as distâncias a percorrer no armazém são maiores ou quando há a necessidade de transportar várias paletes ao mesmo tempo. São especialmente necessários para movimentações entre fábrica e armazém.	Empilhador retrátil	Este equipamento é ideal para corredores mais estreitos, conseguindo trabalhar em corredores com apenas 2,7 metros de largura. Devido a esta característica, tem vindo a substituir os empilhadores contrabalançados. Consegue atingir alturas de elevação até 13 metros.
Automated Guided Vehicles (AGV)	Os AGVs podem ser guiados por circuitos de fita magnética, pinos magnéticos ou através de uma nova geração de sistemas óticos, podendo ainda ter a capacidade de gravar os seus movimentos e memorizá-los para a próxima rota. A grande vantagem deste tipo de equipamento é que não necessita de nenhum operador. No entanto, exige um elevado investimento inicial e necessita de uma área de circulação especialmente desenhada para ele.	Empilhador trilateral	Este tipo de equipamento é desenhado para trabalhar em corredores com pouco mais do que a sua própria largura. Existem dois tipos de modelo: um em que o operador não se movimenta em altura, estando sempre sentado ao nível do chão e outro em que o operador se movimenta em altura. Consegue atingir alturas de elevação de 17 metros.

Figura 3 – Tabela Resumo: Equipamentos de movimentação de cargas (Adaptado: Richards 2018)

É importante ter um conhecimento sólido dos equipamentos de movimentação de cargas existentes atualmente no mercado de forma a poder adequar a sua escolha ao tipo de operações realizadas em armazém.

2.2 Filosofia *Lean* na armazenagem

A filosofia *Lean* teve origem nos fabricantes japoneses, especialmente da Toyota Motor Company e surgiu como resultado da escassez de recursos e da intensa competitividade no mercado automóvel. Esta filosofia assenta na redução de desperdícios e custos e no aumento contínuo do valor oferecido ao cliente, ou seja, o seu foco principal é aumentar a performance eliminando certas atividades, dependendo se estas acrescentam valor ou não (Anđelković, Radosavljević, and Stošić 2017).

Os princípios *Lean* devem ser prioridade quando uma empresa deseja manter e melhorar a sua vantagem competitiva. No entanto, não basta aplicar os conceitos *lean* na área da produção. Todos os processos envolvidos na empresa devem ter o mesmo entendimento para que o objetivo principal da filosofia *Lean* seja atingido, reduzindo atividades que não acrescentam valor (Yudha Prasetyawan et al. 2020). Assim, o armazém é um dos muitos aspetos importantes onde a filosofia *Lean* deve ser aplicada e, para isso, é preciso estabilidade, continuidade e melhorias mensuráveis envolvendo todos os funcionários (Y. Prasetyawan and Ibrahim 2020).

De forma similar à produção, podem ser reconhecidos sete tipos de desperdícios na armazenagem (Anđelković, Radosavljević, and Stošić 2017):

- defeitos: engloba atividades de retrabalho, devoluções devido ao mau manuseamento dos produtos e ao envio de produtos defeituosos, discrepâncias de inventário ou falta de materiais.
- sobreprodução: engloba o reabastecimento, embalamento e separação de produtos antes de estes serem necessários.
- espera: engloba tempos de espera para inspeção e controlo, *picking*, expedição, dados, etc.
- movimentação: engloba movimentação desnecessária dos operadores devido a rotas ineficientes.
- inventário: engloba qualquer situação que cause excesso ou falta de inventário e um uso não otimizado do espaço disponível.
- transporte: engloba transporte interno desnecessário de inventário (materiais ou produtos acabados).
- processamento desnecessário: engloba atividades de inspeção, *picking* e embalamento de encomendas que não são necessárias e não acrescentam valor.

Ao analisar a lista apresentada, é possível perceber que o armazém, além da produção, é também uma área ideal para a implementação de estratégias *lean*, contribuindo para o aumento da vantagem competitiva de uma empresa com foco na eliminação de ineficiências e na consequente redução de custos (Anđelković, Radosavljević, and Stošić 2017).

2.3 Ferramentas *Lean*

São inúmeras as ferramentas *Lean* usadas atualmente nas empresas, sendo de extrema importância não só a sua aplicação, mas também qual a ferramenta mais indicada para cada situação existente na empresa e quais as oportunidades de melhoria que ela cria. Neste capítulo será feito apenas o estudo das ferramentas usadas ao longo do projeto em questão.

2.3.1 Metodologia 5S

O termo 5S deriva das palavras japonesas para as 5 práticas que levam a uma área de trabalho limpa, organizada e de alto desempenho: *Seiri* (triagem), *Seiton* (arrumação), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (normalização) e *Shitsuke* (disciplina) (Womack and Jones 2003).

As 5 práticas consistem em (McCarty et al. 2004):

- Triagem – envolve a classificação e organização dos itens de trabalho de acordo com a sua frequência de utilização. As ferramentas ou materiais que não são usados são removidos da área de trabalho, sobrando apenas os itens essenciais ao processo.
- Arrumação – os itens de trabalho são identificados de forma a serem visíveis, facilmente encontrados, facilmente arrumados sem muita movimentação desnecessária e em locais adequados. Cada item de trabalho tem o seu lugar e este deve estar bem definido e identificado para que qualquer colaborador o possa facilmente utilizar.
- Limpeza – a sujidade deve ser removida do local de trabalho. Todo o material deve ser mantido limpo e pronto a usar por todos os colaboradores. Esta limpeza deve ser feita diariamente, como parte da rotina dos colaboradores.
- Normalização – é a prática que permite manter os 3 primeiros S's. A normalização é a prática que permite descrever a forma mais fácil de realizar uma determinada tarefa e atingir os requisitos de qualidade da mesma com segurança. Foca-se em eliminar passos que não acrescentam valor.
- Disciplina – a última prática consiste em avaliar de forma contínua as práticas 5S, de forma a sustentar a metodologia e a criar a rotina nos colaboradores de adotarem as práticas corretas. É a etapa mais complexa, visto que implica a existência de uma forte autodisciplina por parte de toda a organização. Apenas com consistência e esforço continuado é possível promover uma melhoria contínua, tentando alcançar objetivos cada vez mais ambiciosos.

Esta ferramenta *Lean* é muito simples e, no entanto, muito poderosa. Muitas organizações aplicam a metodologia 5S para orientar um processo inteiro, visto ser uma metodologia muito prática e de baixo custo de implementação. No entanto, é preciso referir que não origina impactos imediatos, levando algum tempo a mostrar resultados (McCarty et al. 2004).

2.3.2 Gestão Visual

A gestão ou controlo visual é uma ferramenta que tem como objetivo sinalizar e disponibilizar informação para ajudar a analisar, identificar e controlar processos. Inclui ainda o conceito de que tudo o que está exibido deve ser marcado e documentado de modo a que qualquer indivíduo possa entrar na fábrica e perceber grande parte do que se passa (Feld 2001).

A importância desta ferramenta é evidenciada na visibilidade que cria, trazendo para a linha da frente problemas que de outra forma estariam ocultos. Dessa forma é mais fácil tomar ações corretivas imediatas, atuando na resolução dos problemas, ao invés dos problemas não serem sequer identificados e, muito menos, resolvidos a tempo de evitar consequências negativas (Feld 2001).

São exemplos de gestão visual a marcação das localizações, as instruções de trabalho, o uso de cores, as etiquetas, *kanbans* visuais e o uso de quadros de comunicação (dias sem acidentes, planos de produção, controlo de desempenho, etc.) (McCarty et al. 2004).

Esta ferramenta deve melhorar a comunicação e tornar mais fácil que os colaboradores realizem o seu trabalho da forma correta. No entanto, é importante definir o nível de detalhe

que desejamos, para não incorrer no erro de fazer um uso excessivo desta ferramenta, perdendo os seus benefícios devido a um excesso de informação fornecida. De facto, o desafio no uso desta ferramenta é a escolha dos melhores controlos visuais a usar em cada situação ou local (McCarty et al. 2004).

2.3.3 Mapa de Processos

O elemento que está na base da reengenharia de processos é o conhecimento aprofundado do processo em si. Uma das formas de o alcançar é mapeando o processo de forma sequencial. Esta técnica, que fornece uma representação visual do processo, com a representação das atividades, dos intervenientes e das respetivas interações, permite não só a compreensão de como os processos ocorrem atualmente, mas também de como e onde atuar no sentido de os otimizar (Thomsett 2005).

O mapa de processos é uma ferramenta muito simples e fácil de usar. No entanto, é preciso ter em atenção o nível de detalhe necessário aquando do seu uso, visto que quanto maior o nível de detalhe mais informação é fornecida, tornando a sua leitura mais difícil e aumentando o tempo necessário à elaboração do mapa e, consequentemente, o seu custo (Soliman 1998).

2.3.4 Relatório A3

A fase de análise é, normalmente, a fase que ocupa mais tempo num processo de resolução de problemas. O objetivo principal da análise é compreender as relações causais e encontrar causas suficientes que, quando corrigidas, originarão melhorias suficientes para resolver o problema. O relatório A3 foi desenvolvido pela Toyota com o objetivo de guiar o processo de resolução de problemas, através da descrição do problema, das propostas de solução e dos resultados obtidos numa única página A3 (Liker and Meier 2005).

Esta ferramenta acompanhou todo o projeto descrito na presente dissertação e permitiu, não só a organização de ideias ao longo do projeto e um pensamento estruturado, como também a fácil comunicação do estado do projeto a qualquer pessoa da empresa que visualizasse o relatório. De facto, um dos desafios da utilização desta ferramenta é manter a informação apresentada de forma sucinta, mas capaz de esclarecer os pontos principais do projeto de forma fácil e rápida.

Existem várias formas de dividir e organizar um relatório A3 em secções, mas geralmente todas incluem as seguintes (Gnanaguru et al. 2011)

1. Título/Tema: o título do relatório A3 deve ser curto e simples, representando o problema a ser resolvido. Não deve referir qualquer tipo de possível solução.
2. Estado inicial: deve fornecer a informação necessária à compreensão da importância do problema. Devem ser usados diagramas ou imagens para um melhor entendimento e deve ser quantificada a extensão do problema (percentagem de retrabalho, número de defeitos, por exemplo). Para isso é necessário recorrer à observação direta ou a dados históricos existentes. Esta secção é importantíssima, visto que se o estado inicial não for bem analisado, as soluções encontradas e propostas não serão as mais adequadas e não levarão aos resultados esperados.
3. Análise de causas: depois de analisada a situação inicial, é preciso perceber quais as causas que levam aos problemas identificados. Para isso, o método normalmente usado é o dos “5 Porquês”. Neste método, é normalmente criada uma equipa multidisciplinar, a abranger vários níveis, e é necessário conhecer e descrever o problema que se deseja resolver. A equipa questiona “porquê” repetidamente, de modo a chegar à causa raiz do problema e a ser mais facilmente identificada a direção

a seguir na resolução do mesmo. A experiência tem mostrado que parar antes das cinco, geralmente, significa que não se foi ao fundo do problema.

4. Desenho de soluções: nesta secção é feita a proposta para alcançar o estado futuro desejado. São identificadas contramedidas aos problemas identificados, com o objetivo de eliminar as causas raiz que estão na origem dos problemas e que foram identificadas na secção anterior.
5. Plano de implementação: descreve as etapas que devem ser cumpridas a fim de atingir o estado futuro desejado. Nesta secção é importante não só definir os passos necessários a dar, mas também quando precisam de ser dados e quem é o responsável por os dar.
6. Plano de follow up: inclui atividades que não são concluídas no tempo definido e obstáculos esperados. É também aqui que são definidas como e quando serão medidas as melhorias no processo, com o objetivo de perceber se a implementação das soluções propostas está a trazer os resultados esperados.
7. Resultados obtidos e ações futuras: esta secção é tratada já na conclusão do projeto, focando-se na integridade dos resultados e na sua avaliação. É também nesta secção que são consideradas possíveis ações de melhoria a realizar no futuro.

2.4 Método de Análise Hierárquica de Processo (AHP)

Existem várias técnicas para a tomada de decisão a envolver vários (e, às vezes, opostos) critérios de decisão. No âmbito deste projeto, foi usado o método AHP pela sua capacidade de analisar um número discreto de alternativas e fornecer, baseado na importância relativa de cada critério, um *ranking* das alternativas.

O primeiro passo é decompor o problema numa hierarquia de objetivo, critérios e alternativas, como representado na Figura 4, com um exemplo da compra de uma casa (Bhushan and Rai 2004).

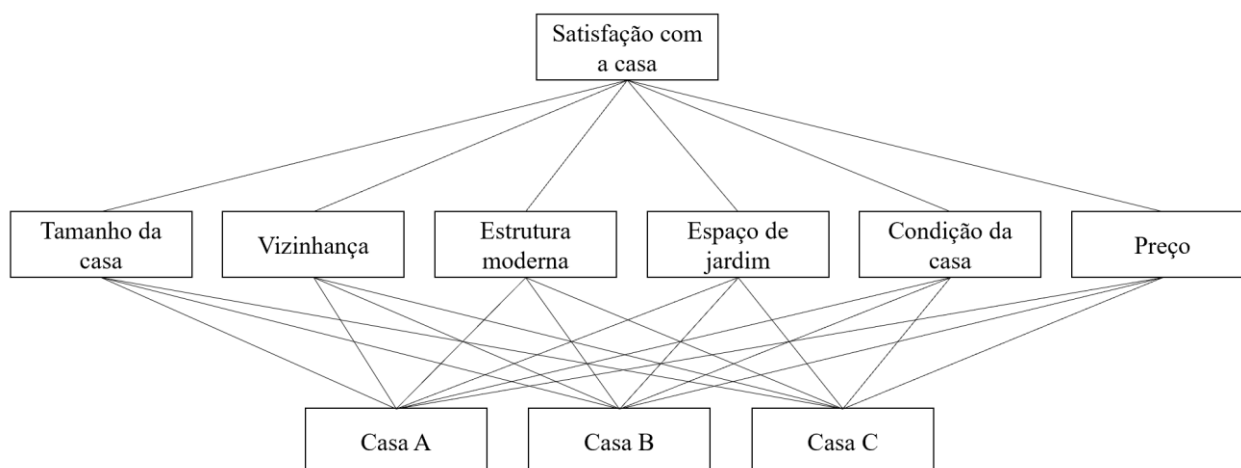


Figura 4 - Decomposição de um problema numa hierarquia (Adaptado: Saaty 1990)

O segundo passo é especificar a importância relativa de cada critério no que toca ao seu contributo para o alcance do objetivo global (Bhushan and Rai 2004). É comum fazer-se uso de uma escala qualitativa como a representada na Tabela 1.

Tabela 1 - Escala qualitativa para avaliar a importância relativa de cada critério

Avaliação qualitativa	Ranking numérico
Extremamente mais importante	9
	8
Muitíssimo mais importante	7
	6
Muito mais importante	5
	4
Moderadamente mais importante	3
	2
Igualmente importante	1

De seguida, é necessário organizar essa classificação numa matriz normalizada de forma a serem obtidos os pesos para cada critério. Os pesos de cada critério são obtidos através da média de cada linha da matriz. É necessário, no entanto, avaliar a consistência da matriz através de um Rácio de Consistência. Se este Rácio for inferior a 0,10 então o procedimento pode continuar.

Este procedimento continua fazendo uma matriz semelhante à descrita anteriormente, mas desta vez para as alternativas segundo um determinado critério. Daqui obtém-se a prioridade de cada alternativa para cada critério. Para obter a prioridade global de cada uma das alternativas multiplica-se a prioridade de cada alternativa num critério pela prioridade do critério em si. Daqui resulta o *ranking* final das alternativas (Bhushan and Rai 2004).

Este método foi utilizado no presente projeto de forma a avaliar cada um dos cenários de *layout* e identificar qual poderia ser o melhor e mais indicado a implementar no futuro.

3 Descrição da situação atual

Neste capítulo é apresentada a situação atual dos armazéns da empresa. Primeiro, é feita uma descrição geral de todos os armazéns existentes, seguida de uma análise mais detalhada dos armazéns de material mecânico (especialmente o armazém S23), onde será o maior foco do projeto aqui apresentado. Por fim, são identificados os problemas existentes e é feita a respetiva análise de causas raiz.

3.1 Apresentação dos armazéns da empresa

Como já foi referido no capítulo da apresentação da empresa, a Schmitt-Elevadores possui duas unidades industriais fisicamente separadas: a Schmitt 1, responsável pelo fabrico dos componentes elétricos e a Schmitt 2, responsável pelo fabrico dos componentes mecânicos.

Na Figura 5 é possível visualizar a distância e o tempo necessário para percorrer de carro o percurso entre a Schmitt 1 e a Schmitt 2.

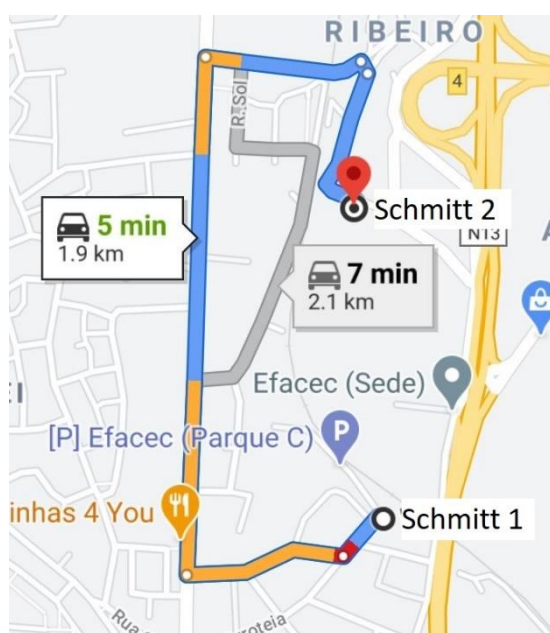


Figura 5 - Percurso entre Schmitt 1 e Schmitt 2

A empresa possui armazéns tanto na Schmitt 1 como na Schmitt 2 e são os seguintes:

- P05.1.1 – armazém de material elétrico, localizado na Schmitt 1. Abastece a linha de produção de componentes elétricos na Schmitt 1.
- P05.1.2 – armazém de material mecânico. Apesar da denominação ser única, este armazém divide-se em dois: o armazém M, localizado na Schmitt 1 e o armazém S23, localizado na Schmitt 2, que é abastecido pelo armazém M. Estes armazéns abastecem a linha de produção de componentes mecânicos na Schmitt 2.
- P05.1.3 – armazém de chapa, localizado na Schmitt 2.
- P05.1.4 – armazém SAV, localizado na Schmitt 1.
- Armazém de expedição – armazém de produto acabado, localizado na Schmitt 1.

De forma a ser mais facilmente compreendida a distribuição geográfica dos armazéns, foi elaborado o mapa apresentado na Figura 6. É importante destacar que o que é denominado de Schmitt 1 não é um edifício apenas, mas sim um conjunto de edifícios, sendo estes o edifício principal onde estão localizados os escritórios, a linha de produção de material elétrico e os

armazéns P05.1.1 e P05.1.4, o edifício onde está localizado o armazém M e o edifício onde está localizado o armazém de expedição.

Os desafios inerentes à separação física das diferentes infraestruturas da empresa são a maior motivação para o investimento que será feito na construção da nova unidade industrial, permitindo a centralização de toda a empresa.

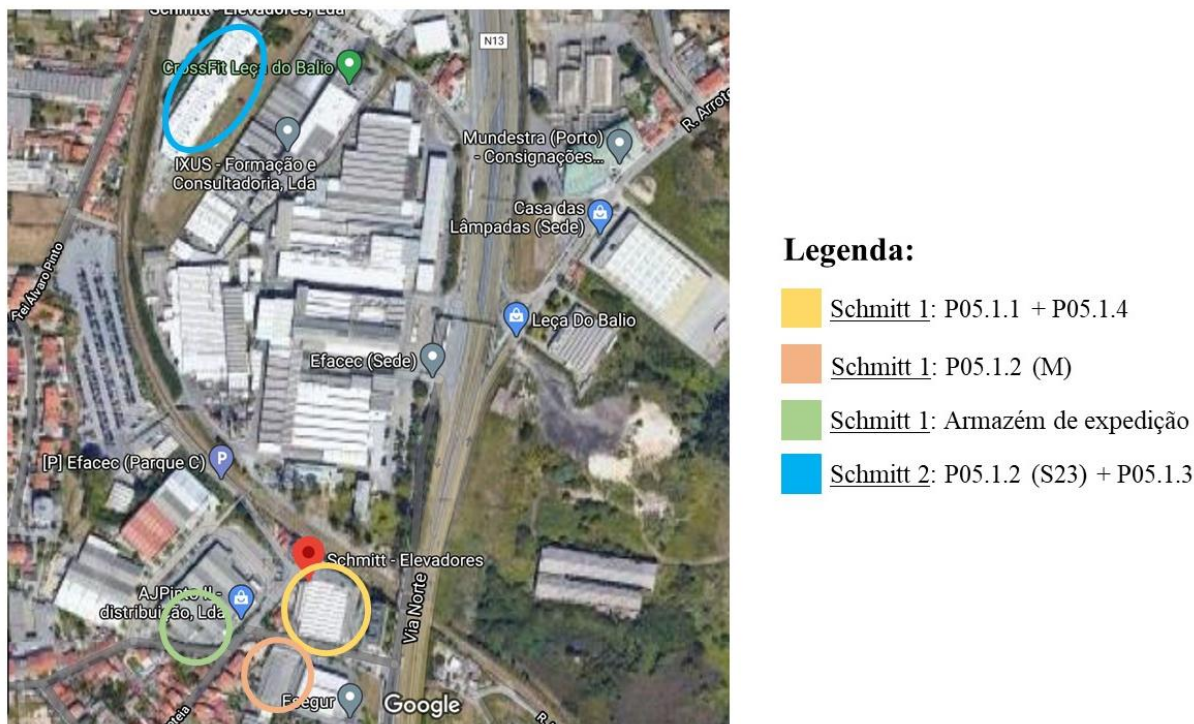


Figura 6 - Localização dos Armazéns da Schmitt-Elevadores

Universo de artigos em armazém

Os armazéns englobam um universo de artigos que podem ser artigos de compra (artigos comprados a fornecedores) ou artigos de fabrico (artigos fabricados internamente). Quanto ao método de requisição do artigo, estes podem ser:

- artigos *buy to stock* – artigos encomendados para *stock*;
- artigos *buy to order* – artigos encomendados obra a obra;
- artigos *make to stock* – artigos fabricados para *stock*;
- artigos *make to order* – artigos fabricados obra a obra;
- artigos *kanban*.

O ERP da empresa, o *Microsoft Dynamics Navision*, permite aceder, na secção “Produtos” a qualquer informação específica de determinado artigo, tal como o seu tipo, o local principal de armazenamento, o seu valor de *stock* atual, o seu *stock* máximo, ponto de encomenda e múltiplos de encomenda.

Existe ainda um ficheiro *Excel*, que surgiu da necessidade de os colaboradores saberem a localização dos artigos na prateleira, informação que o ERP não permite guardar. Este *Excel* possui a localização detalhada de todos os artigos em armazém e necessita de ser atualizado manualmente sempre que há uma alteração na localização de um artigo.

Tipos de abastecimento à linha de produção

O abastecimento à linha de produção é feito de duas formas: sistema *kanban* e sistema *kommbox*. O sistema *kanban* é usado para artigos de alta rotatividade e baixo custo, comuns a praticamente todos os elevadores. Este sistema é usado no armazém P05.1.1 para abastecimento

da secção elétrica e nos armazéns M e S23 para abastecimento da secção mecânica. O sistema *kanban* faz uso de caixas mais pequenas, como as mostradas na Figura 7, que permanecem no bordo de linha. Quando um determinado artigo acaba no fabrico, a sua caixa vazia é enviada para o armazém para abastecimento e reposta, posteriormente, no fabrico.



Figura 7 - Carrinho Kanban

O sistema *kommbox* é usado para artigos específicos de determinada obra (encomenda de elevador), que têm uma menor rotatividade. Este sistema é usado no armazém P05.1.1 para abastecimento da secção elétrica e no armazém M para abastecimento da secção mecânica. Para cada obra é gerada uma lista dos artigos necessários, as respetivas quantidades e localizações. Alguns artigos não têm localização associada no ERP, o que significa que esse campo fica vazio na lista e o operador necessita de ir verificar a localização do artigo ao ficheiro *Excel* anteriormente referido. Como é possível verificar na Figura 8, ao contrário das *kommbox* de material elétrico, as *kommbox* de material mecânico são fechadas, visto que têm de ser transportadas da Schmitt 1 para a Schmitt 2 e necessitam de um melhor acondicionamento do material.



Figura 8 - Carrinho Kommbox de material mecânico (lado esquerdo) e de material elétrico (lado direito)

Os mapas de processo do *picking kanban* e do *picking kommbox* podem ser consultados nas Figuras 9 e 10, respetivamente.

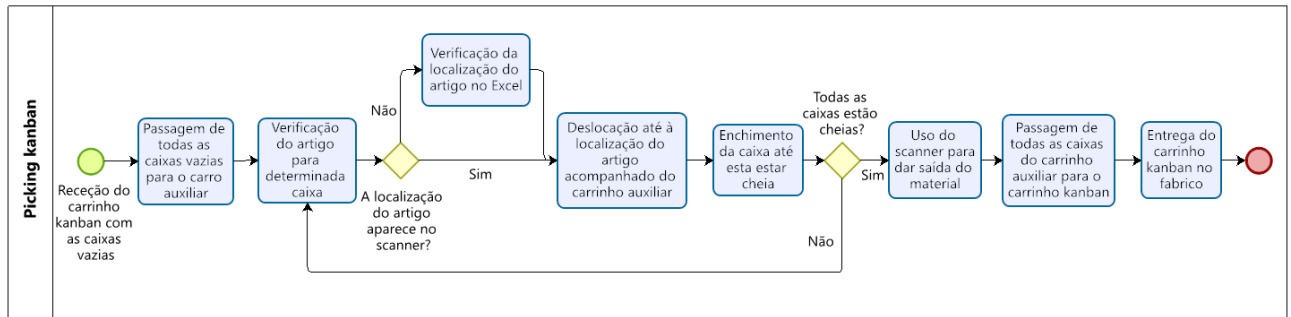


Figura 9 - Mapa de processo do picking kanban

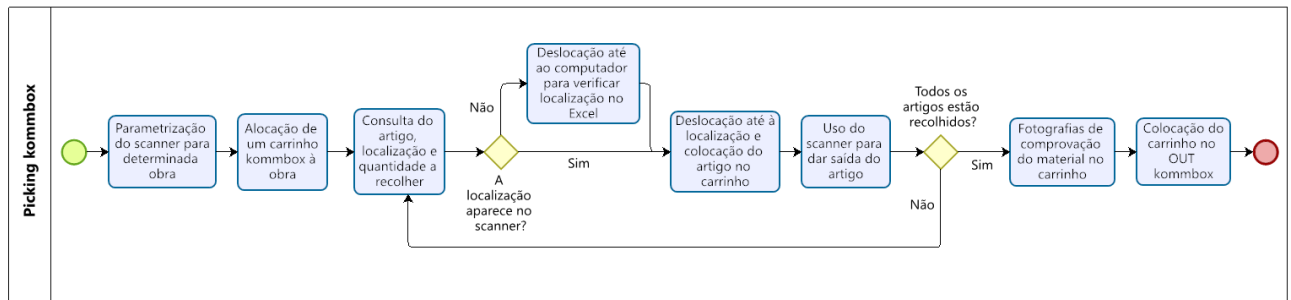


Figura 10 - Mapa de processo do picking kommbbox

Equipa de trabalho dos armazéns

A equipa de trabalho dedicada aos armazéns é constituída por 16 colaboradores, sendo que existe um responsável de armazém que supervisiona todos os armazéns e depois um responsável pelos armazéns de material elétrico e SAV e outro pelos armazéns de material mecânico. Na Tabela 2 é possível ver a distribuição dos colaboradores pelos armazéns e o número de colaboradores que realiza cada tarefa principal no respetivo armazém.

Tabela 2 - Distribuição dos colaboradores pelas várias tarefas desempenhadas em cada um dos armazéns

Armazém	Número total de colaboradores	Tarefas Principais				
		Receção e Controlo de Qualidade	Arrumação do Material Rececionado	Picking	Registo do Indicador	Limpeza
P05.1.1	5	1	2	3	1	1
M (P05.1.2)	4	2	3	3	1	4
S23 (P05.1.2)	2	1	2	2	1	2
P05.1.3	2	2	2	2	1	2
P05.1.4	2	2	2	2	1	2

Equipamentos de movimentação de carga existentes

Quanto ao equipamento de movimentação de cargas, a empresa faz uso de porta-paletes, *stackers* e empilhadores elétricos, sendo a sua distribuição pelos armazéns feita da seguinte forma:

Tabela 3 - Tipologia e distribuição dos equipamentos de movimentação de cargas pelos armazéns

Armazém	Equipamento de movimentação de cargas		
	Porta-paletes	Stacker	Empilhador elétrico
P05.1.1 + P05.1.4	2	1	1
M (P05.1.2)	2	1	1
S23 (P05.1.2)	1	1	0

KPIs para avaliação do desempenho dos armazéns

A empresa possui um conjunto de KPIs para avaliar a situação dos armazéns e da gestão de *stocks*, sendo que os mais interessantes no âmbito deste projeto são os de erros de inventário e de ruturas. De seguida são apresentados os valores para estes KPIs nos últimos 6 meses, no momento de iniciação do projeto (setembro de 2020 a fevereiro de 2021). É possível visualizar pelos gráficos apresentados nas Figuras 11, 12 e 13 que, apesar de serem KPIs mensais, em alguns meses não foi feita a sua atualização.

O KPI de erros de inventário teve uma média de 24% nos últimos 6 meses e é calculado pela relação entre o inventário real e o do ERP da empresa, em valor absoluto e em euros.

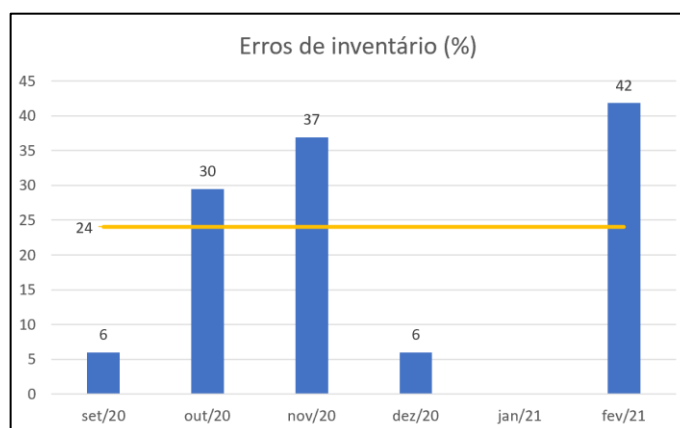


Figura 11 - Gráfico da evolução do indicador de erros de inventário

Quanto ao KPI de ruturas, este é calculado com base no número de artigos que atingem o *stock* zero. Este KPI teve uma média de 34 ruturas mensais nos últimos 6 meses.

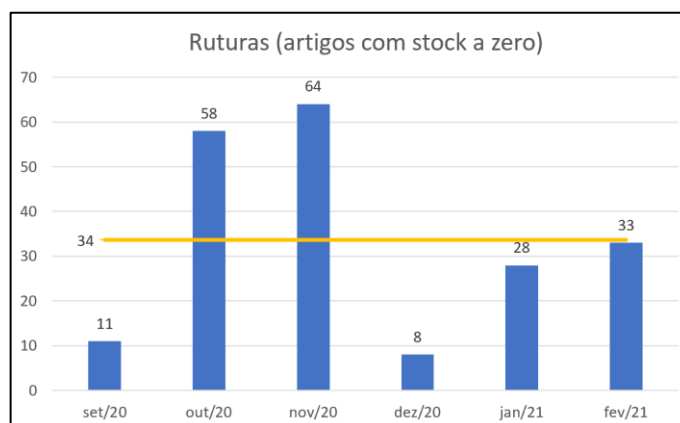


Figura 12 - Gráfico da evolução do indicador de ruturas

Na altura de iniciação deste projeto o nível de 5S dos armazéns era definido pela avaliação numa auditoria interna, desenvolvida no âmbito de um projeto anterior da empresa de melhoria

contínua. Esta auditoria, no entanto, não se focava exclusivamente na análise ao nível de 5S dos armazéns. A evolução deste indicador pode ser observada no gráfico da Figura 13, onde se pode verificar que nos últimos 6 meses a média foi de 67%. Nos meses de dezembro e janeiro a auditoria não foi realizada.

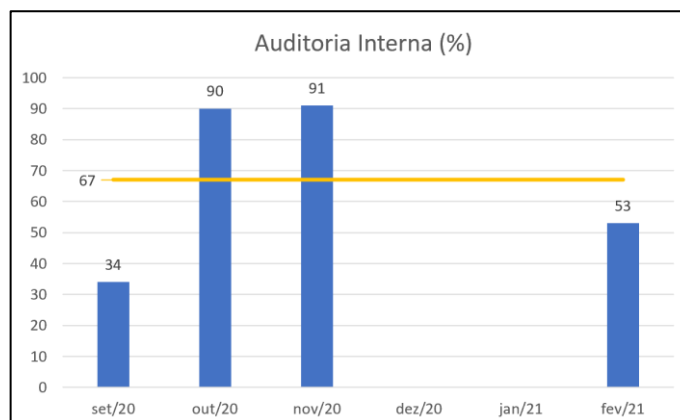


Figura 13 - Gráfico da evolução do indicador referente à auditoria interna dos armazéns

3.2 Apresentação detalhada do armazém S23

Pelo facto de o armazém S23 ser um dos armazéns da empresa de menor dimensão e com mais oportunidades de melhoria, foi definido em conjunto com a Administração da empresa e com o Departamento de Engenharia de Processo, que este seria o armazém piloto para a implementação das propostas de melhoria. Assim, fez sentido fazer um estudo mais aprofundado deste armazém. Este capítulo serve, então, para expor a realidade do armazém aquando da iniciação do projeto.

3.2.1 Layout do armazém

O armazém S23 é um armazém de material mecânico com 100 m² próximo da assemblagem final, localizado na Schmitt 2, que abastece a secção de portas em sistema *kanban*. Este armazém engloba um universo de 627 SKUs que são provenientes do armazém M e também do próprio fabrico. De modo a analisar a situação inicial do armazém e a auxiliar o futuro desenho de soluções, foi feito o desenho do seu *layout*.

É possível ver no *layout* desenhado, Figura 14, que este armazém faz uso de 11 estantes, sendo que 4 destas são estantes *Fabory* (material de fixação como parafusos, porcas e anilhas). Estas estantes têm um funcionamento especial, visto que possuem sensores para controlo de *stock* e são abastecidas em sistema *kanban* pelo próprio fornecedor. Os tipos de estantes, as suas dimensões e informações adicionais encontram-se disponíveis no Anexo A.

O *layout* deste armazém foi sendo atualizado ao longo do tempo com base nas necessidades da empresa, mas sem grande planeamento: as estantes eram adicionadas consoante a necessidade crescente de capacidade de armazenagem por parte da empresa, mas não era feita uma reorganização do armazém. Isso é visível no facto de o armazém apresentar estantes tanto no sentido transversal como longitudinal.

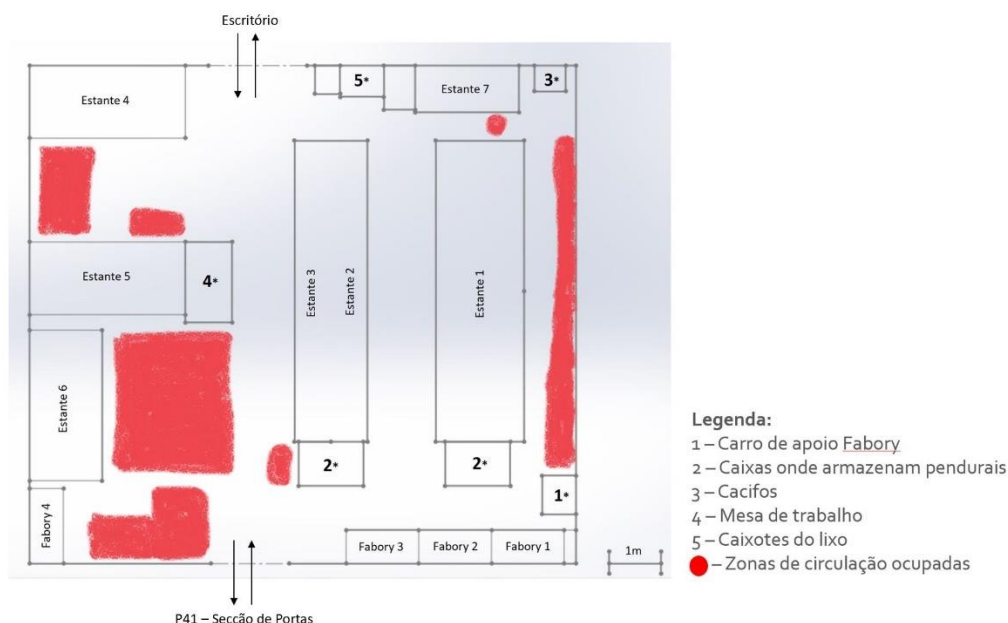


Figura 14 - Layout do armazém S23 com indicação das zonas obstruídas

A vermelho estão representadas as áreas que estão ocupadas indevidamente. Todas estas áreas se referem a zonas de circulação que apresentam material arrumado no chão ou equipamentos fora do seu lugar de arrumação (como carrinhos ou escadotes). É importante salientar que a estante 1 (de rolos inclinada) não é atualmente usada devidamente (fazendo *picking* pela frente e abastecimento por trás). De facto, ela encontra-se afastada da parede para ser usada dessa forma, mas é usada como uma estante normal e o espaço entre a parede e a estante é atualmente ocupado por artigos armazenados no chão ou caixas de armazenamento vazias, limitando a circulação nessa área.

As atividades de receção, arrumação e *picking* são um desafio neste armazém, visto que a circulação entre algumas estantes é impossível de ser feita com um *stacker*. O próprio carrinho usado para o *picking kanban* não consegue passar entre as estantes, sendo usado um carrinho mais pequeno auxiliar na tarefa. Um exemplo desta dificuldade fácil de visualizar através do *layout* é o *picking* feito na estante 6. Qualquer artigo que tenha de ser retirado da estante 6 obriga, necessariamente, à remoção dos artigos que se encontram no chão à frente da estante o que, além de ser pouco prático para o colaborador, origina tempos de *picking* muito elevados.

Aquando da reformulação de *layouts* por parte da empresa, surge ainda uma dificuldade acrescida que passa pelo facto de faltarem informações essenciais relativas aos SKUs armazenados, tais como:

- o peso e a dimensão por unidade;
- o tipo de armazenamento (palete, meia palete ou caixa) usado para armazenar cada SKU e respetivas dimensões;
- as unidades de cada SKU que cabem na respetiva caixa de armazenamento.

Essas informações seriam a base para perceber, para o *stock* máximo de cada SKU, quantas caixas são necessárias, qual a área ocupada e qual o peso máximo. Sem essas informações, o redesenho de um *layout* torna-se um desafio ainda maior.

3.2.2 Análise visual do armazém

A primeira coisa que se destaca numa primeira análise é a fraca identificação dos artigos. De facto, não existe uma etiqueta *standard* sendo usados vários tipos de etiquetas, cada uma com diferentes informações, como é possível ver na Figura 15.



Figura 15 - Tipos de etiquetas para identificação de artigos

Existem ainda casos em que os artigos não são sequer identificados com etiquetas, mas sim apenas com o código de artigo escrito na caixa de armazenagem ou na estante onde estão armazenados. Esses casos estão evidentes na Figura 16.



Figura 16 - Exemplos de artigos mal identificados

Quanto ao armazenamento dos artigos em estante, estes são armazenados em paletes, em caixas internas ou em caixas de fornecedores. Foi feito um levantamento dos diferentes tipos de caixas internas existentes, tendo sido agrupados em dois grupos: as caixas de abertura superior e frontal (tipo A) e as caixas de abertura superior (tipo B), como é possível ver na Figura 17.



Figura 17 - Tipologia das caixas de armazenagem (Tipo A - lado esquerdo, Tipo B - lado direito)

Na Tabela 4 são apresentadas as medidas das caixas existentes, sendo que a sua designação é dada pela letra correspondente ao tipo de abertura e um número que é crescente conforme as dimensões da caixa.

Tabela 4 - Tipologia e dimensões das caixas de armazenagem

Tipo de caixa	Dimensões (Largura x Profundidade x Altura) [mm]
A1	95 x 140 x 75
A2	140 x 200 x 130
A3	200 x 300 x 155
A4	290 x 410 x 195
A5	300 x 450 x 200
A6	450 x 650 x 300
B1	135 x 200 x 120
B2	185 x 310 x 145
B3	310 x 460 x 200
B4	390 x 600 x 190

O facto de existir um número tão elevado de caixas diferentes dificulta a organização do armazém, especialmente a arrumação dos artigos em estante, visto que não há um aproveitamento tão bom de espaço quando caixas de diferentes tamanhos são armazenadas na mesma prateleira.

Através da análise visual do armazém foi possível constatar algumas situações que não seriam expectáveis num armazém:

- várias caixas vazias no chão que não estão a ser utilizadas;
- corredores constantemente obstruídos com artigos que não cabem nas prateleiras;
- equipamentos fora do sítio como carrinhos e escadotes;
- estantes não identificadas;
- artigos mal identificados ou sem qualquer tipo de identificação;
- artigos armazenados em localizações erradas;
- o princípio de que as cargas mais pesadas se encontram no primeiro nível de acondicionamento não é sempre cumprido;
- a utilização do último nível de armazenamento para artigos de grande volume, podendo originar problemas de segurança;
- a inadequação da estante utilizada para as características do produto (estantes com 1,2m de profundidade, específicas para armazenamento de euro paletes, usadas para armazenamento de caixas);
- a falta de preenchimento do plano de limpeza e o não cumprimento dos períodos de limpeza definidos no plano.

Apesar destes problemas terem sido identificados no armazém S23, muitos deles são comuns a todos os armazéns.

3.2.3 Análise ABC dos artigos

A realização do *picking* é muito facilitada por uma boa distribuição dos artigos pelo armazém, alocando os artigos com maior frequência de *picking* às localizações mais acessíveis para o operador.

De forma a analisar se o armazém S23 cumpria com esta boa prática, foi feita uma análise ABC dos artigos com base no número de *pickings* dos últimos 6 meses, ou seja, com base no número de vezes que o operador tem de se deslocar à localização de um determinado artigo.

A curva ABC obtida está representada na Figura 18, de onde se conclui que, aproximadamente, 27% dos SKUs representam 80% do número de *pickings* realizados.

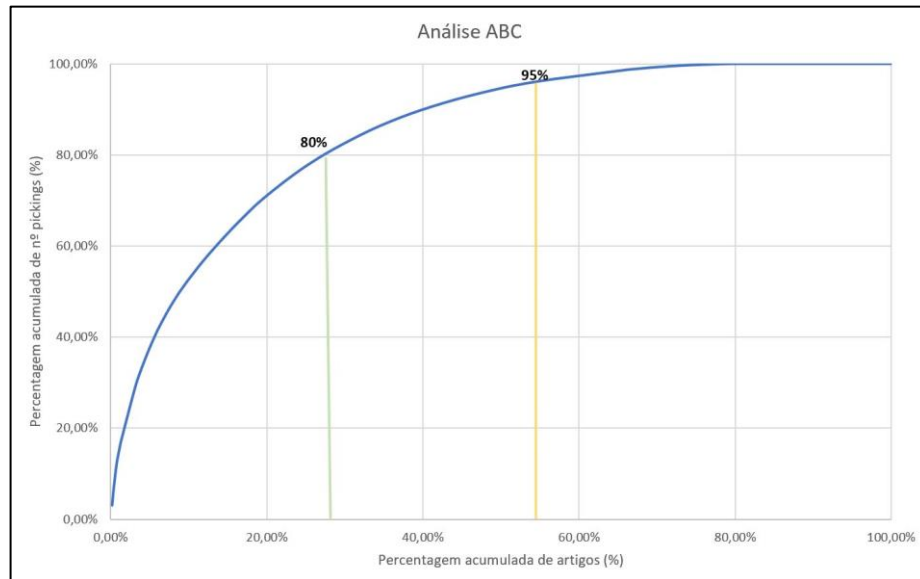


Figura 18 - Análise ABC com base no número de pickings realizado nos últimos 6 meses

O código de localizações no armazém S23 é composto por 3 caracteres, sendo que o primeiro representa o número da estante onde está localizado o artigo e os restantes representam a prateleira dentro dessa estante, sendo o nível A o mais alto da estante. Não existe distinção de localização dentro da própria prateleira.

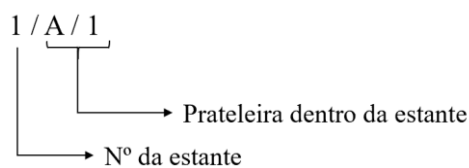


Figura 19 - Código de localizações no armazém S23

É possível verificar através dos dois exemplos representados na Figura 20 que o método de armazenar os artigos com maior movimentação nas localizações de maior acesso não é aplicado na generalidade dos artigos. De facto, no exemplo a), verifica-se que numa das prateleiras com maior acessibilidade existem apenas 2 artigos do tipo A. No exemplo b), verifica-se a situação oposta, na estante 6, referida anteriormente como estando constantemente obstruída com material armazenado no chão, existem 2 artigos do tipo A, que exigem que se remova todo o material existente no chão para conseguir aceder aos mesmos.

a)			b)		
Cód. NV	Classificação	Localização	Cód. NV	Classificação	Localização
194747	A	3 / C / 2	193719	A	6 / D / 1
194760	A	3 / C / 2	193718	A	6 / D / 1
187229	B	3 / C / 2	186778	B	6 / E / 1
194746	C	3 / C / 2	194086	B	6 / D / 1
115926	C	3 / C / 2	194085	B	6 / D / 1
189628	C	3 / C / 2	194083	C	6 / D / 1
192233	C	3 / C / 2	187121	C	6 / E / 1
192234	C	3 / C / 2	187358	C	6 / B / 1
194763	C	3 / C / 2	187460	C	6 / C / 1
194749	C	3 / C / 2	177459	C	6 / D / 1
			177464	C	6 / D / 1
			187462	C	6 / D / 1

Figura 20 - Comparação da classificação ABC com a localização

3.3 Análise de causas dos problemas identificados

Nesta fase, após várias semanas de observação e contacto direto com os colaboradores dos armazéns, foi feita a análise de causas dos problemas identificados, usando o método dos “5 Porquês”. Esta análise foi essencial, visto que permitiu chegar à causa raiz que está na origem do problema e sem este passo não teria sido possível partir para o desenho de soluções.

Para esta análise, foi feita uma sessão de *brainstorming* que envolveu uma equipa multidisciplinar composta pelo Departamento de Engenharia de Processo, as chefias dos Armazéns, a chefia do Departamento de *Supply Chain* e a Administração da empresa. Esta sessão foi uma mais-valia, porque possibilitou a troca de ideias entre pessoas de diferentes áreas da empresa, originando *feedback* valioso para o projeto.

Nesta sessão de *brainstorming* foi possível agrupar os problemas identificados em 4 áreas: desorganização do armazém/desatualização do *layout*, não normalização de caixas e etiquetas, incongruências no *stock* e nos SKUs que se encontram em armazém e ruturas de *stock*.

No decorrer deste capítulo foram já mencionados alguns dos problemas encontrados, especialmente problemas de fácil identificação visual. Faz-se agora a exposição de todos os problemas identificados aquando da realização da sessão de *brainstorming* para a análise de causas.

Na área da desorganização do armazém/desatualização do *layout* incluem-se os problemas relacionados, maioritariamente, com uma má ocupação do espaço. O mau aproveitamento do armazém em altura e o espaçamento excessivo definido entre prateleiras relativamente ao tamanho das caixas promovem a existência de artigos que, por não terem espaço de armazenagem dedicado nas estantes, estão armazenados no chão. Isto cria problemas de circulação, originando engarrafamentos quando há receção de material no armazém, impedindo que o *stacker* consiga aceder às prateleiras superiores por falta de mobilidade nos corredores e provocando dificuldades na movimentação do próprio carrinho *kanban* que é demasiado grande para o espaço livre existente nos corredores. Existem ainda problemas nas localizações dos artigos, que em muitos casos não são atualizadas quando os artigos mudam de localização.

Na área da não normalização de caixas e etiquetas incluem-se os problemas relacionados, maioritariamente, com a falta de método e disciplina. De facto, não existe um processo estabelecido na empresa de abertura de caixas e manutenção das mesmas, sendo possível encontrar artigos armazenados em caixas de cartão em mau estado e caixas internas não identificadas ou identificadas com vários códigos de artigos diferentes. Considera-se ainda que existem demasiados tipos de caixas internas para a variabilidade de materiais existente.

Nas incongruências no *stock* e nos SKUs que se encontram em armazém incluem-se problemas, maioritariamente, relacionados com diferenças entre o *stock* real e o *stock* em NV e com o facto de existirem dois armazéns de material mecânico em dois locais diferentes e com denominações diferentes. Este último origina situações em que um artigo se encontra no armazém S23, mas por não haver denominação deste armazém em NV, não aparece em sistema como estando lá.

Já relativamente às ruturas de *stock* é, como o nome indica, a englobar os problemas de ruturas que a empresa tem vindo a ter, como verificado no KPI de ruturas, visível na Figura 12.

Após os problemas terem sido agrupados em 4 áreas, estes foram escritos em *post-its* e foi questionado “porquê” a cada um deles, sendo que a resposta a esse “porquê” era escrita em *post-its* colocados por baixo do respetivo problema. A pergunta só se deixava de colocar quando já nenhum membro da equipa conseguia encontrar mais nenhuma causa para esse problema, chegando assim à causa raiz.

Nas Figuras 21 e 22 é possível visualizar um esquema da análise de causas dos problemas identificados, que pretende replicar o quadro final obtido na sessão de *brainstorming*.

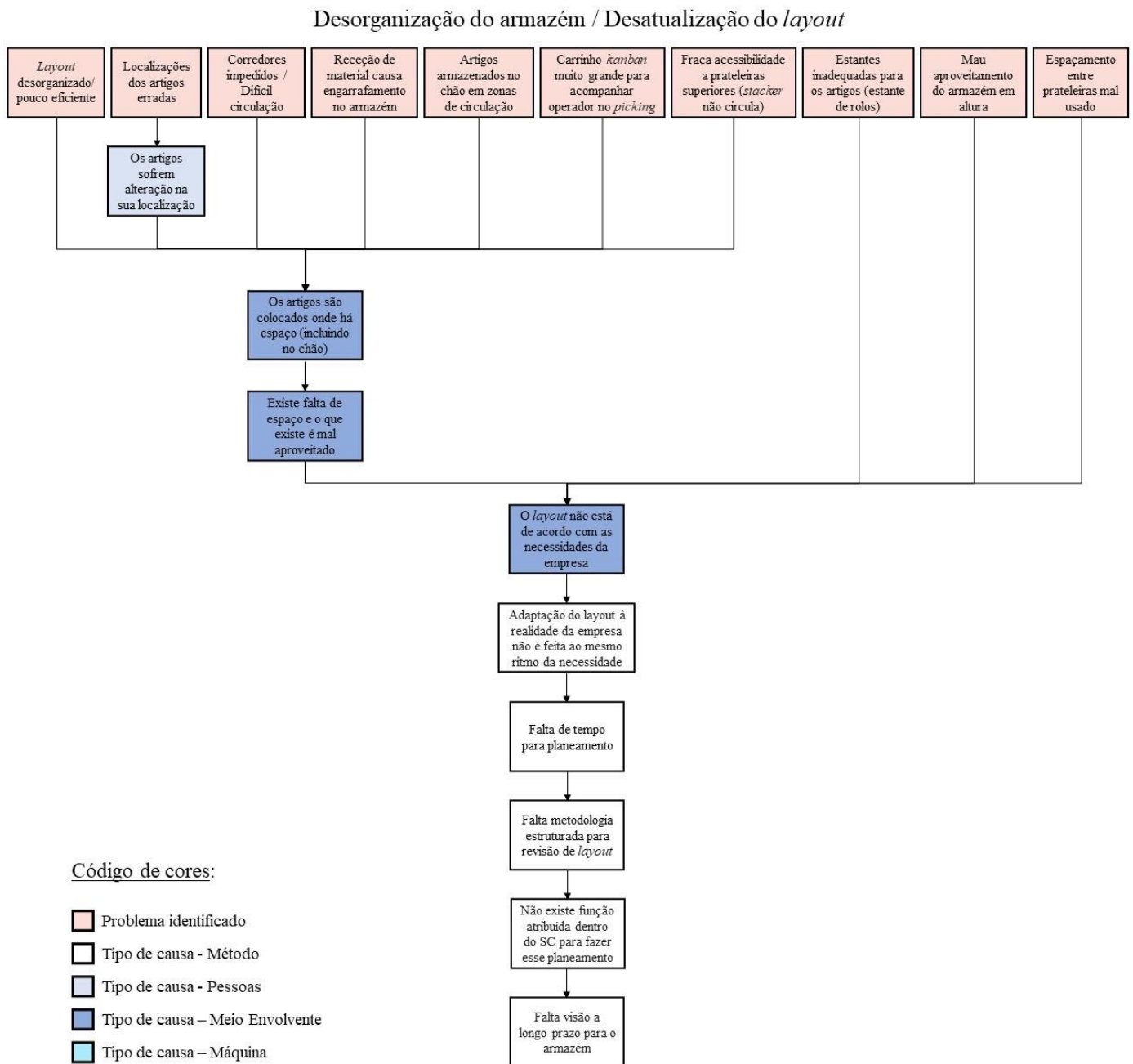


Figura 21 - Análise de causas: Desorganização do armazém/Desatualização do *layout*

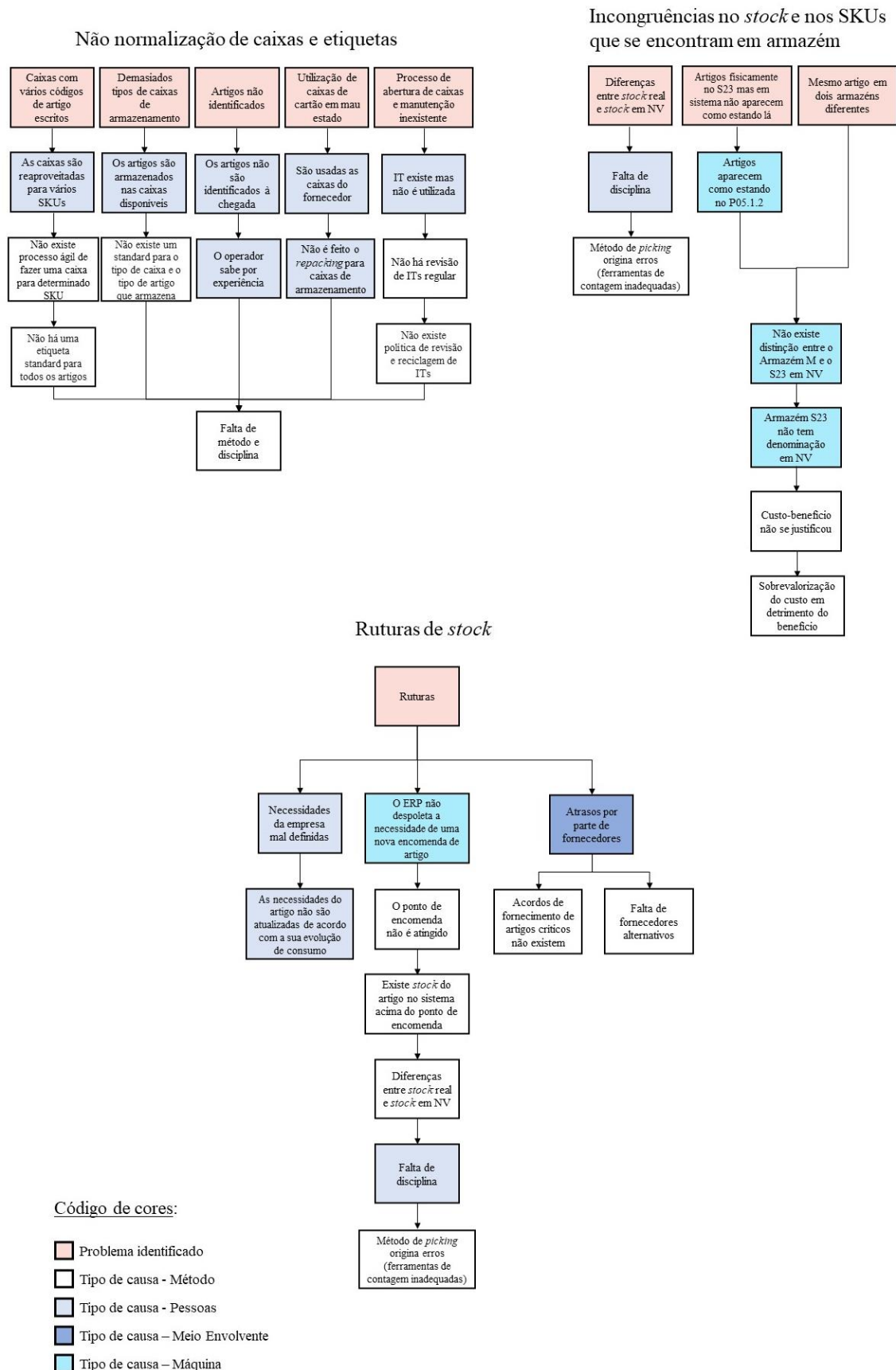


Figura 22 - Análise de causas: Não normalização de caixas e etiquetas, Incongruências no stock e nos SKUs que se encontram em armazém e Ruturas de stock

A análise de causas apresentada permitiu uma melhor organização da informação, facilitando o desenho de soluções apresentado no capítulo seguinte.

4. Apresentação das soluções propostas

Neste capítulo é descrito o processo de elaboração do *layout* do armazém central na nova unidade industrial e são apresentadas as propostas de *layout* relevantes. É também identificada e analisada a necessidade de centralizar os armazéns M e S23 como fase intermédia entre o estado atual e a finalização da nova unidade industrial, desenvolvendo-se um *layout* para o efeito. Por fim, são desenvolvidas propostas de melhoria para os armazéns, com o fim de serem aplicadas no novo armazém central.

4.1 Desenho do *layout* para o novo armazém central

A elaboração de propostas de *layout* para o novo armazém central passou pelas seguintes etapas:

1. cálculo das necessidades de área de armazenamento da empresa;
2. identificação das áreas de armazém não destinadas a armazenamento;
3. identificação das restrições do edifício onde ficará o novo armazém central;
4. pesquisa, análise e contacto com fornecedores de equipamentos de movimentação de cargas;
5. pesquisa, análise e contacto com fornecedores de soluções de armazenamento;
6. elaboração de propostas de *layout*;
7. avaliação das propostas de *layout* pelo método AHP.

4.1.1 Cálculo das necessidades de área de armazenamento da empresa

Dos armazéns existentes na empresa, apenas o P05.1.1, de material elétrico, divide as zonas de armazém em zona palete (zonas de estante pesada para armazenar paletes e meias paletes) e zona caixa (zonas de estante leve para armazenar caixas). Os restantes armazéns não fazem esta distinção, sendo possível encontrar estantes com dimensões para armazenar paletes que são usadas também para armazenar caixas.

No armazém da nova unidade industrial pretende-se criar estas duas zonas, zona palete e zona caixa, de forma a atingir os seguintes objetivos:

- evitar o desperdício de espaço existente quando se usam estantes pesadas para armazenamento de caixas;
- evitar a existência de zonas de circulação comuns para homem e máquina, criando duas zonas de circulação: uma para circulação de equipamentos de movimentação de carga (*picking* máquina) e outra para movimentação dos colaboradores (*picking* homem).

Como a empresa não possui dados sobre as dimensões e os pesos dos diferentes artigos, foi necessário fazer uma medição manual das áreas atualmente ocupadas para artigos armazenados em palete e artigos armazenados em caixa de todos os armazéns. Os resultados são apresentados na Tabela 5. Estes valores contemplam não só a área bruta de estante, mas também a área de artigos que, por não terem espaço nas estantes, são armazenados no chão.

É importante salientar que, para este projeto, foram considerados apenas os armazéns P05.1.1, P05.1.2 e P05.1.4, visto que o projeto se debruça nos armazéns de matéria-prima. O armazém P05.1.3, apesar de ser de matéria-prima, irá manter-se no mesmo local, junto ao fabrico, não sendo também considerado por esse motivo.

Tabela 5 - Necessidades para zona palete e zona caixa

	Material Mecânico (Armazéns M + S23)	Material Elétrico (Armazém P05.1.1)	Material SAV (Armazém P05.1.4)
Área Paleta [m ²]	564,9	396,6	-
Área Caixa [m ²]	309,0	273,6	148,6
Total [m ²]	873,9	670,2	148,6

4.1.2 Identificação das áreas de armazém não destinadas a armazenamento

Para o desenho do *layout* de um armazém é preciso ter em conta, não só as áreas destinadas ao armazenamento, mas todas as áreas necessárias para as operações inerentes ao armazém. As zonas necessárias são as seguintes:

- zona de receção;
- zona de controlo de qualidade;
- zona para arrumação dos equipamentos de movimentação de carga;
- zona para o out dos carros *kommbox*;
- zona para o out dos carros *kanban*;
- ponto de limpeza;
- ecocentro.

4.1.3 Identificação das restrições do edifício onde ficará o novo armazém central

A nova unidade industrial vai consistir num edifício ao longo de todo o comprimento do edifício já existente na Schmitt 2, como representado na Figura 23 em planta. Este novo edifício vai englobar não só as áreas de armazém como vai permitir expandir as áreas de fabrico, inclusivamente passando a incluir a produção de componentes elétricos.

No que toca às áreas de armazém, o piso 1, ao nível do edifício da Schmitt 2, será para o material mecânico e o piso 2 para o material elétrico, sendo que neste piso será também incluído o material SAV por uma questão de distribuição igualitária de áreas de armazenamento pelos dois pisos.



Figura 23 - Representação da nova unidade industrial ao lado do edifício atual

As áreas destinadas a espaço de armazém nos dois pisos encontram-se representadas na Figura 24, em planta.

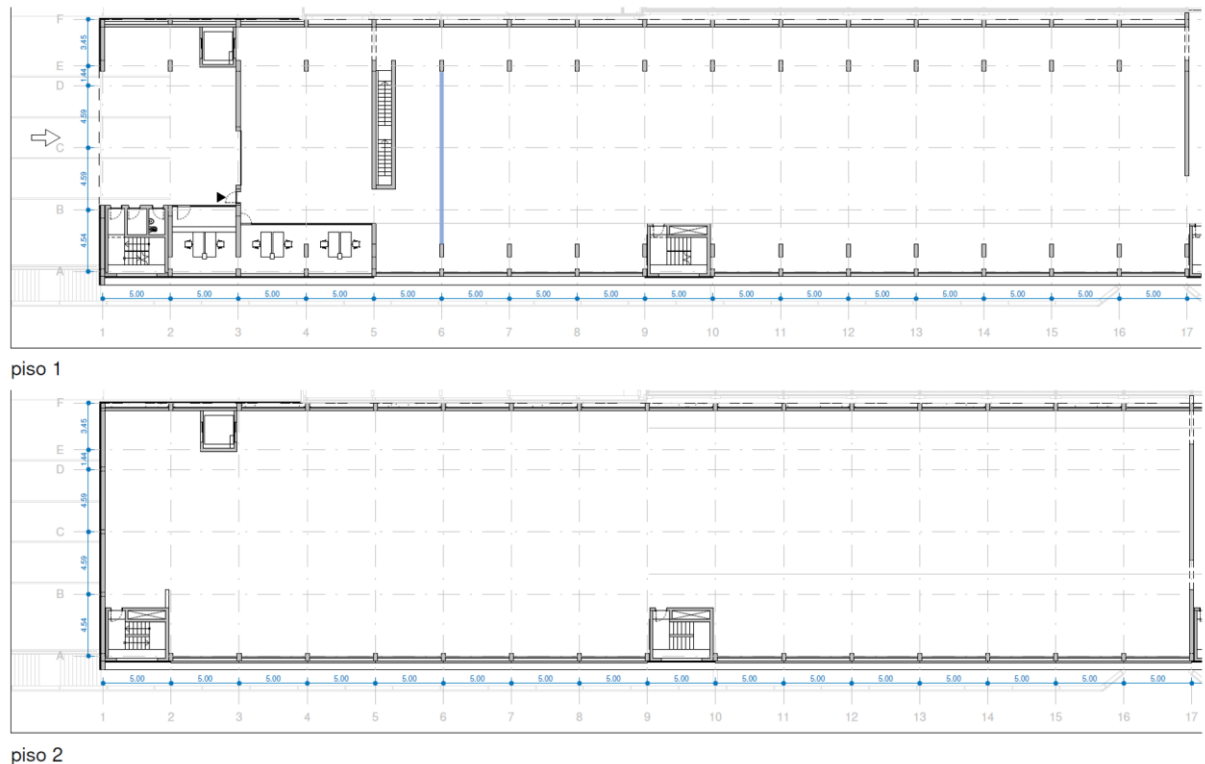


Figura 24 - Planta das áreas destinadas a armazém da nova unidade industrial

Uma das maiores restrições no desenho do *layout* para a nova unidade foi a limitação em altura do edifício. De facto, quando comparado com o armazém M, por exemplo, este edifício apresenta uma diminuição em altura útil de cerca de 46%. Outra condicionante foi a existência de vigas transversais (como a representada na Figura 24 com uma linha azul) ao longo de todo o comprimento do edifício, em espaços de 5 em 5 metros. As zonas atravessadas pelas vigas tinham a sua altura reduzida em 85cm, como é possível verificar no esquema da Figura 25.

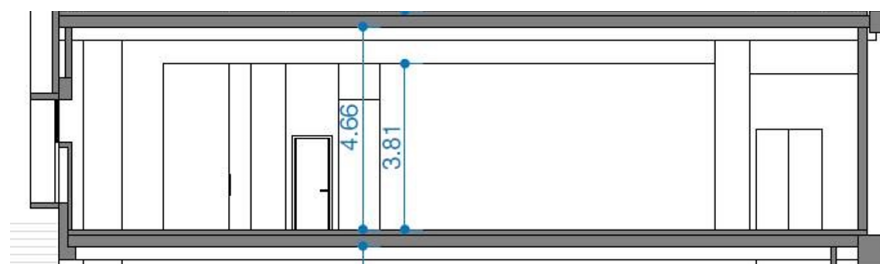


Figura 25 - Esquema das alturas úteis sem viga e com viga

4.1.4 Estudo de alternativas para equipamentos de movimentação de cargas e soluções de armazenamento

Aquando da elaboração das propostas de *layout* foi necessário estudar o que existe atualmente no mercado. Para isso foram contactados vários fornecedores e avaliado o que poderia ser do interesse da empresa, promovendo, na maior parte das vezes, uma visita aos armazéns da empresa para melhor avaliação das necessidades da mesma.

Para os equipamentos de movimentação de cargas foram identificados dois equipamentos que poderiam acrescentar valor: o empilhador trilateral para corredores estreitos e o empilhador retrátil.

Na Tabela 6 é feita uma análise dos prós e contras dos dois equipamentos.

Tabela 6 - Prós e contras dos equipamentos de movimentação de cargas

Empilhador trilateral para corredores estreitos	
Prós	Contras
Capacidade para circular em corredores com apenas 2 metros de largura	Necessita de guias para circulação
Capacidade de elevação até 15 metros	Necessita que o chão esteja absolutamente plano e nivelado
O colaborador sobe em altura	Investimento elevado: 100 000€ – 120 000€ por máquina
	Não pode circular fora do armazém
	Velocidades muito lentas em curvas (é uma máquina pouco eficiente quando os corredores de circulação são curtos)
Empilhador retrátil	
Prós	Contras
Capacidade de elevação até 8 metros	Necessita de corredores com, pelo menos, 2,8 metros de largura
Tem livre circulação (não necessita de guias)	O colaborador não sobe em altura
Capacidade para circular fora do armazém	
Investimento mais baixo: 50 000€ - 60 000€ por máquina	

Relativamente às soluções de armazenagem, foram analisadas soluções convencionais como estantes planas com 1,2 metros de profundidade para armazenagem de euro paletes e estantes planas com menor profundidade para armazenagem de caixas, mas também soluções “chave na mão”, isto é, soluções em que o fornecedor não só fornece toda a estrutura para armazenagem como também o equipamento de movimentação de cargas e o *software* necessário à realização das operações.

Uma das soluções que se mostrou ser mais interessante para o contexto da empresa foi a do transelevador. Um transelevador é uma máquina usada em armazéns automáticos que, fazendo uso de *software*, permite a realização de operações de localização e extração dos artigos, transporte e entrega no posto de *picking*. No caso da Schmitt-Elevadores, esta solução seria mais interessante para a área caixa (transelevador do tipo “*mini load*”).

Apesar de se apresentar como um investimento avultado, este tipo de solução apresenta vantagens impossíveis de ignorar:

- permite maximizar o espaço de armazenagem (os corredores só necessitam de largura suficiente para a circulação do transelevador e o pé direito do armazém pode ser aproveitado na sua totalidade);
- permite aumentar a taxa de transferência dos artigos;
- aumenta a eficiência do *picking*;
- reduz os erros;
- elimina o problema das localizações erradas dos artigos.

4.1.5 Desenvolvimento das propostas de *layout* e avaliação pelo método AHP

O estudo e desenho de *layouts* foi um processo que esteve presente ao longo de todo o período de tempo em que decorreu o projeto. Os *layouts* eram desenvolvidos e apresentados à Administração da empresa e ao Departamento de Engenharia de Processo, sendo feita uma troca de ideias e recebido *feedback* no sentido da melhoria das propostas ou do desenvolvimento de novas propostas. Na fase final do projeto foram selecionados os 4 cenários que se mostravam mais promissores e feita a sua avaliação usando o método AHP, com o objetivo de definir qual seria o melhor *layout*.

Foi escolhido o método AHP para a avaliação dos *layouts* visto tratar-se de uma ferramenta muito usada para problemas de seleção, sendo capaz de estruturar o problema dentro de uma hierarquia, comparar julgamentos e sintetizar prioridades.

Após ter selecionado as 4 alternativas de cenários para avaliação pelo método AHP, é necessário definir os critérios que são considerados relevantes nessa avaliação. Os critérios definidos, tendo em conta o que a empresa valoriza mais para o seu futuro armazém central, foram os seguintes:

- Capacidade de armazenagem – é a capacidade máxima de armazenagem que o armazém possui. É avaliado pelo aumento percentual de área disponível para armazenagem comparativamente à área disponível atualmente nos armazéns da empresa.
- Flexibilidade da máquina – é a flexibilidade na escolha do equipamento de movimentação de cargas. Corredores mais estreitos, por exemplo, não permitem uma escolha tão livre do equipamento de movimentação de cargas.
- Flexibilidade de alteração do *layout* – é a facilidade com que, no futuro, se podem fazer alterações do *layout* de modo a dar resposta a possíveis mudanças nas operações da empresa.
- Investimento – é o nível de investimento necessário para a concretização do *layout*.
- Eficiência do *picking* – é o nível de eficiência do *picking*. É avaliado pela redução de fluxos.
- Recursos humanos – é o número de colaboradores necessários no armazém: se são necessários mais ou menos do que os que a empresa tem atualmente.
- Redundância – é o grau de redundância que o armazém apresenta, isto é, a capacidade de continuar as operações normais no caso de falha de algum equipamento.
- Arquitetura – é o grau de conformidade do *layout* com a arquitetura do edifício inicialmente definida.

Os 4 cenários serão apresentados de seguida, com uma breve descrição, e a legenda de apoio à interpretação dos *layouts* encontra-se na Figura 26.

- R – Receção
- CQ – Controlo de Qualidade
- E – Ecocentro (zona com dois ecopontos)
- PL – Ponto de Limpeza
- EMC - St – Equipamentos de Movimentação de Carga (Stackers)
- EMC - PP - Equipamentos de Movimentação de Carga (Porta-Paletes)
- EMC - Retrátil – Equipamentos de Movimentação de Carga (Empilhador Retrátil)
-  - Estante para palete
-  - Estante para caixa
-  - Out dos carrinhos kommbox e kanban (o número representa o número de carrinhos)
-  - Zona de circulação para máquinas
-  - Zona de circulação para pessoas

Figura 26 - Legenda dos cenários de layout

O Cenário 1, apresentado na Figura 27, evita a restrição de altura das vigas através do uso de estantes duplas: a viga passa no “interior” da estante dupla possibilitando o aproveitamento da altura total dos pisos. Isto implica, no entanto, que os corredores terão apenas 2 metros de largura na zona paleta, obrigando a que o equipamento de movimentação de cargas seja um empilhador trilateral para corredores estreitos.

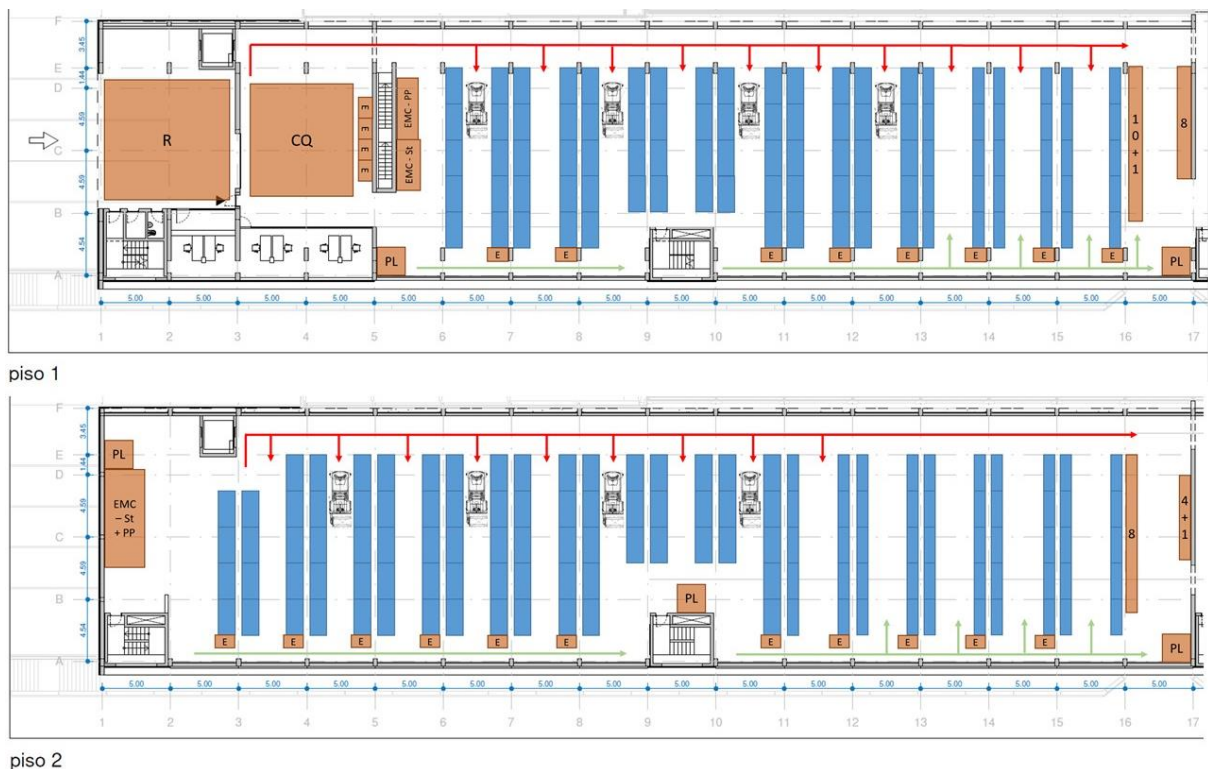


Figura 27 - Cenário 1: Armazém central na nova unidade industrial

O Cenário 2, apresentado na Figura 28, evita também a restrição de altura das vigas e não faz uso de estantes duplas na zona paleta permitindo uma melhor circulação e uma maior flexibilidade na escolha do equipamento de movimentação de cargas, mas reduz a capacidade de armazenagem.

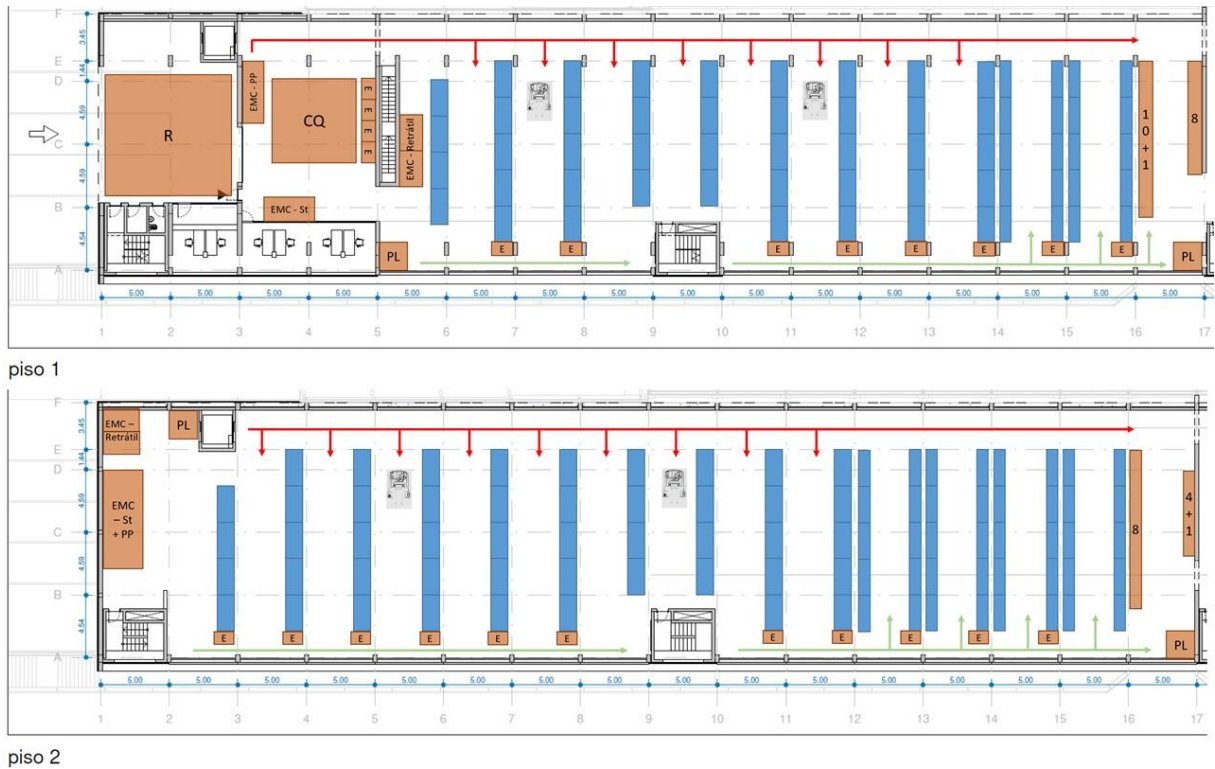


Figura 28 - Cenário 2: Armazém central na nova unidade industrial

O Cenário 3, apresentado na Figura 29, não evita a restrição de altura das vigas sendo que as estantes atravessam perpendicularmente as vigas, limitando o aproveitamento em altura. No entanto, a disposição das estantes neste sentido origina *pickings* mais eficientes e permite também uma maior flexibilidade na escolha do equipamento de movimentação de cargas.



Figura 29 - Cenário 3: Armazém central na nova unidade industrial

O Cenário 4, apresentado na Figura 30, é o mais disruptivo de todos. A zona delimitada a amarelo representa o aproveitamento da altura total do edifício da nova unidade industrial (a totalidade dos 4 pisos, incluindo os 2 pisos inferiores inicialmente não dedicados a área de

armazém), para a criação de um armazém vertical. A zona caixa é composta por 3 conjuntos de transelevadores, sendo um dedicado a material mecânico, outro a material elétrico e outro a material SAV. A zona paleta é composta por estantes até uma altura de 13 metros, que obriga necessariamente a um empilhador trilateral de corredores estreitos para aceder às últimas prateleiras, em que o operador sobe em altura, não sendo necessário retirar a paleta para realizar o *picking*.



Figura 30 - Cenário 4: Armazém central na nova unidade industrial

Após terem sido definidos os critérios de avaliação dos cenários e os cenários mais promissores, procedeu-se à avaliação da importância relativa entre os critérios, através de uma Matriz de Comparação. Para obter a prioridade de cada critério, é necessário normalizar a Matriz de Comparação, seguindo os passos apresentados na Secção 2.4. A Matriz de Comparação Normalizada e a prioridade de cada critério encontram-se na Figura 31.

Crítérios	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Flexibilidade Alteração Layout	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Arquitetura	Prioridade
Capacidade Armazenagem	0,34	0,23	0,25	0,33	0,44	0,18	0,33	0,21	0,29
Flexibilidade Máquina	0,06	0,04	0,02	0,03	0,04	0,07	0,02	0,06	0,04
Flexibilidade Alteração Layout	0,09	0,12	0,06	0,04	0,06	0,11	0,04	0,12	0,08
Investimento	0,17	0,19	0,25	0,16	0,11	0,16	0,25	0,18	0,19
Eficiência Picking	0,17	0,23	0,25	0,33	0,22	0,18	0,25	0,21	0,23
Recursos Humanos	0,04	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Redundância	0,09	0,15	0,13	0,05	0,07	0,18	0,08	0,18	0,12
Arquitetura	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,09	0,01	0,03	0,03

Figura 31 - Método AHP nova unidade industrial - Matriz de Comparação Normalizada

É possível verificar que os 3 critérios com maior peso são, por esta ordem, a capacidade de armazenagem, a eficiência do *picking* e o investimento.

De seguida, para verificar se o grau de consistência da matriz é aceitável, é necessário determinar o Rácio de Consistência. O Rácio de Consistência obtido foi de 0,061 (inferior a 0,10), pelo que se pode concluir que o grau de consistência é aceitável. Os passos seguidos para o cálculo deste Rácio encontram-se detalhados no Anexo B.

Procedeu-se, então, de forma similar, à avaliação da importância relativa entre cenários, para cada critério. Daqui obtiveram-se as prioridades de cada cenário para cada critério. Na Tabela 8 encontra-se um resumo das considerações feitas para cada cenário aquando do preenchimento das Matrizes de Comparação dos cenários para cada critério.

Por fim, é obtida a Matriz de Prioridades Global, representada na Figura 32. É esta matriz que nos permite obter o resultado para cada cenário e perceber qual o melhor, de acordo com os critérios e prioridades definidos.

	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Flexibilidade Alteração Layout	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Arquitetura
Cenário 1	0,28	0,04	0,45	0,13	0,05	0,13	0,20	0,37
Cenário 2	0,05	0,41	0,25	0,27	0,15	0,13	0,37	0,37
Cenário 3	0,15	0,41	0,25	0,55	0,28	0,25	0,37	0,21
Cenário 4	0,51	0,14	0,05	0,05	0,51	0,50	0,06	0,04
Prioridade	0,29	0,04	0,08	0,19	0,23	0,02	0,12	0,03

Figura 32 - Método AHP nova unidade industrial - Matriz de Prioridades Global

Todos os passos detalhados seguidos no método AHP para avaliação dos *layouts* (Matriz de Comparação dos critérios, Matrizes de Comparação dos cenários para cada critério, Matriz de Prioridades Global e o cálculo do Rácio de Consistência) se encontram no Anexo B.

O resultado obtido pelo método AHP foi o seguinte:

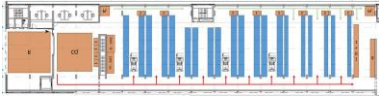
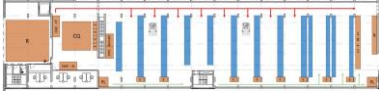
Tabela 7 - Resultado da aplicação do método AHP aos layouts da nova unidade industrial

Cenário	Resultado
Cenário 1	0,194
Cenário 2	0,197
Cenário 3	0,306
Cenário 4	0,304

É possível constatar que os Cenários 3 e 4 obtêm uma classificação muito próxima, podendo levantar algumas dúvidas sobre qual o cenário a escolher como sendo o melhor. Essa decisão foi desbloqueada tendo em conta que, apesar do Cenário 4 ser muito forte no que se refere à capacidade de armazenagem, o Cenário 3 satisfaz as necessidades de armazenagem da empresa e ainda oferece uma margem de crescimento, envolvendo um investimento muito inferior ao Cenário 4. Assim, conclui-se que o Cenário 3 é a melhor opção.

Definição de layout e de modelos de gestão para o armazém de uma unidade industrial de fabrico de elevadores

Tabela 8 - Considerações feitas para a avaliação de cada Cenário – Nova Unidade Industrial

Critério	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Capacidade armazenagem	 Piso 1: - Área palete: 746,6 m² (+34,7%) - Área caixa: 499,8 m² (+61,7%) Piso 2: - Área palete: 918,0 m² (+131,5%) - Área caixa: 714,0 m² (+69,1%) <u>Área Total 2 Pisos:</u> 2878,4 m² (+71,1%)	 Piso 1: - Área palete: 615,1 m² (+10,9%) - Área caixa: 285,6 m² (-7,6%) Piso 2: - Área palete: 575,3 m² (+45,1%) - Área caixa: 571,2 m² (+35,3%) <u>Área Total 2 Pisos:</u> 2047,1 m² (+21,7%)	 Piso 1: - Área palete: 599,8 m² (+8,2%) - Área caixa: 442,7 m² (+43,3%) Piso 2: - Área palete: 734,4 m² (+85,2%) - Área caixa: 642,6 m² (+52,2%) <u>Área Total 2 Pisos:</u> 2419,4 m² (+43,8%)	 - Área palete: 1927,8 m² (+102,7%) - Área caixa: 1312,0 m² (+79,4%) <u>Área Total:</u> 3239,8 m² (+92,6%)
Flexibilidade máquina	Nenhuma flexibilidade. Devido aos corredores terem uma largura tão reduzida, a máquina tem de ser um empilhador trilateral.	Flexibilidade elevada. Corredores largos e altura de elevação reduzida permitem vários tipos de máquina.	Flexibilidade elevada. Corredores largos e altura de elevação reduzida permitem vários tipos de máquina.	Flexibilidade mediana. Corredores largos permitem vários tipos de máquina, mas para aceder às prateleiras superiores é preciso uma máquina que atinja os 13m.
Flexibilidade alteração layout	Flexibilidade alta. Fácil de mudar a localização das estantes e como é feito investimento no trilateral existe também flexibilidade na largura dos corredores.	Flexibilidade média-alta. Fácil de mudar a localização das estantes, mas como a máquina usada exige corredores mais largos não existe tanta flexibilidade na largura dos corredores.	Flexibilidade média-alta. Fácil de mudar a localização das estantes, mas como a máquina usada exige corredores mais largos não existe tanta flexibilidade na largura dos corredores.	Flexibilidade muito baixa. Muito difícil alterar a disposição dos transelevador e das estantes em altura após a sua instalação. A criação de um piso único para armazém é inalterável no futuro.
Investimento	<u>Edifício:</u> como planeado – 4 pisos, 2 para armazém. Investimento elevado. <u>Estantes:</u> estantes convencionais. Investimento baixo. <u>Máquinas:</u> necessidade de vários empilhadores trilaterais para criar eficiência de <i>picking</i> , tendo em conta o número de corredores e a sua largura. Investimento elevado.	<u>Edifício:</u> como planeado – 4 pisos, 2 para armazém. Investimento elevado. <u>Estantes:</u> estantes convencionais, em menor quantidade que no Cenário 1. Investimento baixo. <u>Máquinas:</u> não existe necessidade de empilhadores trilaterais. Investimento menor.	<u>Edifício:</u> como planeado – 4 pisos, 2 para armazém. Investimento elevado. <u>Estantes:</u> estantes convencionais. Investimento baixo. <u>Máquinas:</u> não existe necessidade de empilhadores trilaterais, nem de tantas máquinas como no Cenário 2, visto que os corredores são mais compridos (menos curvas). Investimento menor.	<u>Edifício:</u> piso único a aproveitar a altura útil do edifício. Investimento menor. <u>Estantes:</u> estantes convencionais para <i>picking</i> máquina. Investimento baixo. <u>Máquinas:</u> armazém automático vertical com sistema de 3 transelevadores. Para a zona palete há ainda a necessidade de empilhadores trilaterais para aceder às prateleiras mais altas. Investimento muito elevado.
Eficiência picking	Eficiência baixa. O empilhador trilateral é muito lento nas curvas e há muitos corredores neste cenário.	Eficiência média-alta. Os corredores largos permitem a fácil circulação da máquina.	Eficiência alta. Só há dois corredores no <i>picking</i> máquina, o que permite criar uma rota de <i>picking</i> em U. <i>Picking</i> caixa com corredores curtos permite ser rápido e não percorrer grandes distâncias a pé.	Eficiência muito alta. Só há dois corredores no <i>picking</i> máquina o que permite criar uma rota de <i>picking</i> em U. <i>Picking</i> caixa feito com transelevador.
Recursos humanos	Semelhante ao atual.	Semelhante ao atual.	Com uma boa rota de <i>picking</i> , como há menos corredores, poderia ser possível ter menos gente.	<i>Picking</i> caixa com transelevador, não seria necessário ter tanta gente.
Redundância	Existe redundância caso haja investimento em empilhadores trilaterais suficientes para o fazer. Caso contrário, no caso de avaria, não é possível usar outro tipo de empilhador naqueles corredores.	Existe redundância, mesmo não investimento em muitos empilhadores retráteis. Naquela largura de corredor todas as máquinas possuídas pela empresa circulam bem.	Existe redundância, mesmo não investimento em muitos empilhadores retráteis. Naquela largura de corredor todas as máquinas possuídas pela empresa circulam bem.	Não existe redundância na <i>picking</i> caixa. Em caso de avaria de um dos transelevadores, o <i>picking</i> não pode ser feito - obrigatório reparar de imediato para proceder as operações.
Arquitetura	Os pisos são usados de acordo com o objetivo inicial definido. A orientação das vigas é respeitada.	Os pisos são usados de acordo com o objetivo inicial definido. A orientação das vigas é respeitada.	Os pisos são usados de acordo com o objetivo inicial definido. A orientação das vigas não é respeitada.	O desenho inicial de como os pisos de armazém seriam feitos é totalmente alterado.

4.2 Propostas de melhoria para os armazéns

Nesta secção serão apresentadas as propostas de melhoria para os armazéns atualmente existentes, com especial foco nos armazéns de material mecânico.

4.2.1 Centralização dos armazéns M e S23

Para proceder ao desenho de soluções para os problemas identificados no Capítulo 3, foi feita uma nova sessão de *brainstorming* semelhante à realizada para a análise de causas. Desta sessão surgiu a possibilidade de centralizar os armazéns M e S23.

No armazém M existe uma área dedicada à manutenção que, no momento da mudança para a nova unidade industrial, ficará precisamente a ocupar a área atualmente utilizada para o armazém S23. Assim, foi decidido que faria sentido fazer já essa mudança e aproveitar os benefícios de ter os dois armazéns de material mecânico juntos enquanto a nova unidade industrial não fica operacional.



Figura 33 - Layout atual do armazém M

A centralização destes dois armazéns vem resolver vários dos problemas já mencionados:

- a existência do mesmo artigo em dois armazéns diferentes;
- a existência de uma designação única (P05.1.2) em *Navision* que representa simultaneamente dois armazéns diferentes;
- a dificuldade em saber, exatamente, quais os SKUs que se encontram no armazém S23;
- a existência de artigos armazenados no armazém S23 que aparecem em sistema como estando armazenados no armazém M;
- incongruências no *stock* dos artigos, visto que a saída de alguns artigos é dada não no momento da sua ida para o fabrico, mas sim na saída do armazém M para o armazém S23.

A única desvantagem que poderia surgir da centralização dos armazéns é que o abastecimento por *kanban* deixa de ser feito num armazém adjacente ao fabrico e passa a ser feito num armazém mais afastado. No entanto, esse sistema já é usado para o abastecimento por *kommbox* e, além disso, a maior parte do material que se encontra no armazém S23 é rececionado no armazém M e enviado posteriormente para o S23, pelo que estas viagens entre armazéns já existiam.

Como é possível ver na Figura 33 existe ainda uma zona no edifício do armazém M, não dedicada a armazenagem, denominada Academia, que é usada para formações. Foi analisada a possibilidade de mover a Academia de sítio, possibilitando a utilização total do edifício para armazenagem. As opções encontradas foram as seguintes:

- Opção 1: a Academia passa para o lugar do armazém SAV e o material SAV passa a ser armazenado no edifício do armazém M.
- Opção 2: a Academia passa para a zona de *picking* da P05.1.1, a zona de *picking* da P05.1.1 passa para a zona do armazém SAV e o material SAV passa a ser armazenado no edifício do armazém M.
- Opção 3: a Academia passa para a zona de *picking* da P05.1.1 e o material armazenado na zona de *picking* da P05.1.1 passa a ser armazenado no edifício do armazém M.

A análise aos prós e aos contras destas 3 opções encontra-se detalhada no Anexo C, sendo que a conclusão é que a opção mais fiável seria a Opção 1 (trocar a Academia com o armazém SAV).

O procedimento seguido para a elaboração das propostas de *layout* para a centralização destes dois armazéns foi semelhante ao realizado aquando da elaboração de propostas para o armazém central na nova unidade industrial.

No entanto, na avaliação dos *layouts* com o método AHP, os critérios usados foram os seguintes:

- Capacidade de armazenagem
- Flexibilidade da máquina
- Investimento
- Eficiência do *picking*
- Recursos humanos
- Redundância
- Flexibilidade para a nova unidade – é a facilidade com que se poderá usar o investimento feito neste *layout* na nova unidade industrial (estantes, equipamentos de movimentação de carga, etc)
- Esforço da mudança – é o grau de esforço da alteração do *layout* atual para o *layout* proposto em determinado cenário.

A legenda apresentada na Figura 26 permanece válida para os cenários apresentados de seguida.

O Cenário 1, apresentado na Figura 34, mantém a Academia e faz uso apenas do espaço libertado pela área de manutenção que fica reservado para a zona caixa. A zona palette passa a ocupar a zona anteriormente dedicada a armazém, fazendo uso de estantes que aproveitam a altura útil do edifício. É importante referir que o edifício possui um pé direito de 8,5m na zona central (entre as filas de estantes 3 e 4), mas nas extremidades o pé direito tem apenas 6,3m.

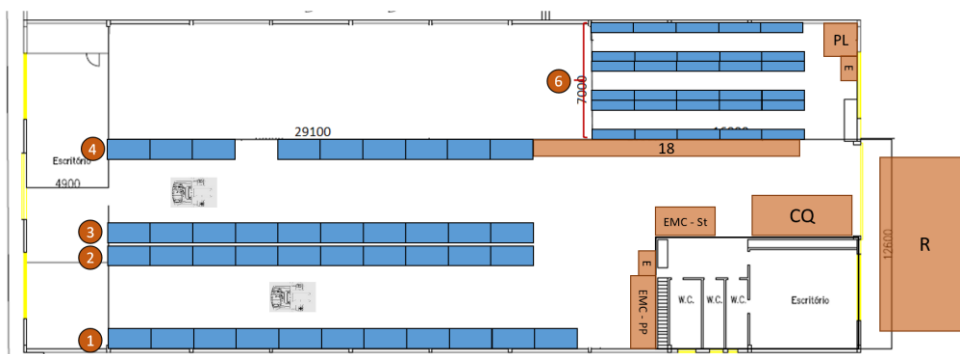


Figura 34 - Cenário 1: Centralização armazéns M e S23

O Cenário 2, apresentado na Figura 35, altera a Academia de sítio que passa a ocupar a zona dedicada ao armazém SAV e passa o armazém SAV para o armazém M. Neste cenário temos

na mesma a zona paleta com estantes a aproveitar a altura do edifício e duas zonas caixa, para *picking* SAV e de material mecânico.

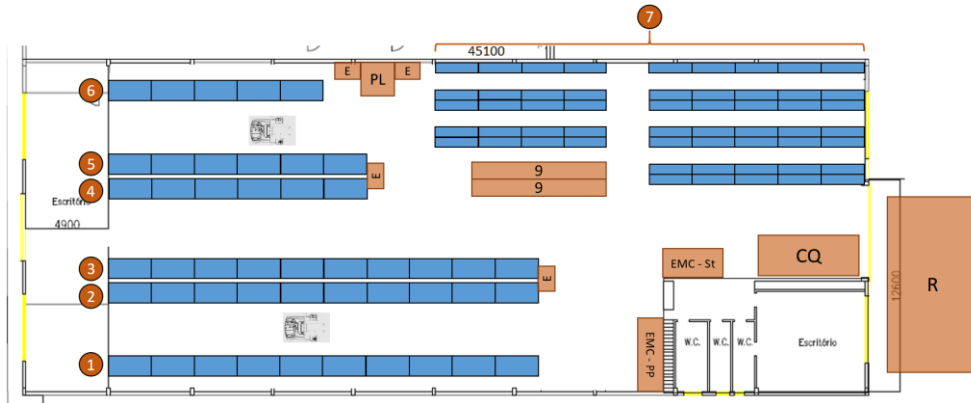


Figura 35 - Cenário 2: Centralização armazéns M e S23

O Cenário 3, apresentado na Figura 36, também troca a zona da Academia pelo armazém SAV e faz uso de um transelevador (representado na fila 6) para o *picking* caixa, que permite o aproveitamento de toda a altura do edifício.

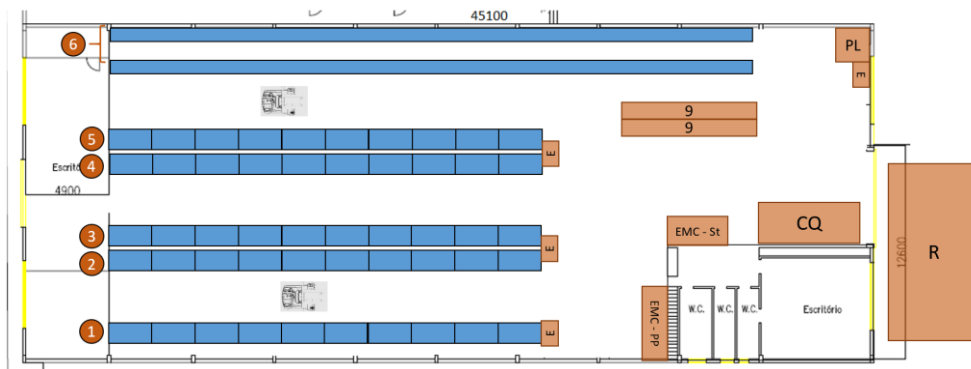


Figura 36 - Cenário 3: Centralização armazéns M e S23

O Cenário 4, apresentado na Figura 37, também troca a zona da Academia pelo armazém SAV e possui as estantes na zona paleta dispostas transversalmente ao comprimento do edifício, o que limita o seu crescimento em altura mas, por outro lado, permite corredores mais curtos.

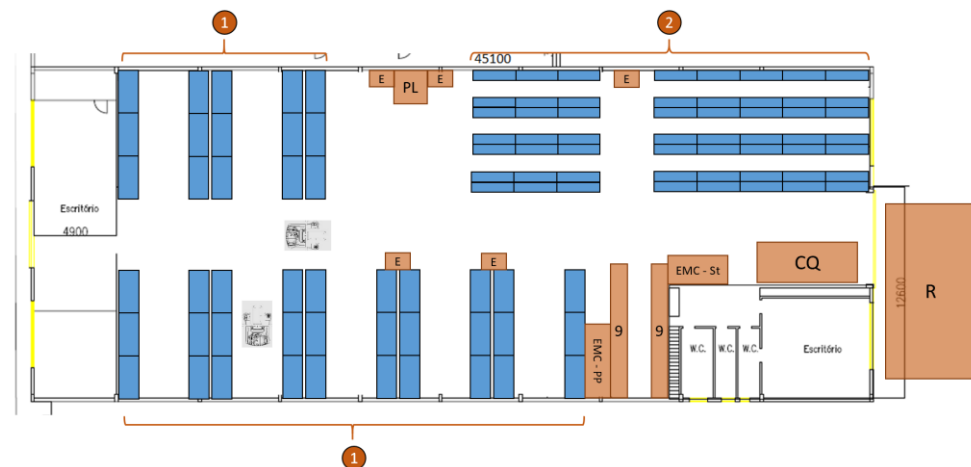


Figura 37 - Cenário 4: Centralização armazéns M e S23

Os Cenários 2, 3 e 4 incluem a armazenagem do material SAV, pelo que os cálculos realizados para os ganhos de capacidade de armazenagem tiveram em conta as necessidades de armazenagem deste armazém.

Após terem sido definidos os critérios de avaliação dos cenários e os cenários mais promissores, procedeu-se à avaliação da importância relativa entre os critérios, através de uma Matriz de Comparação, à semelhança do realizado para os cenários da nova unidade industrial. A Matriz de Comparação Normalizada e a prioridade de cada critério encontram-se na Figura 38.

Critérios	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Flexibilidade Nova Unidade	Esforço Mudança	Prioridade
Capacidade Armazenagem	0,21	0,18	0,22	0,20	0,17	0,18	0,14	0,37	0,21
Flexibilidade Máquina	0,05	0,05	0,02	0,03	0,13	0,09	0,06	0,05	0,06
Investimento	0,05	0,14	0,06	0,03	0,13	0,13	0,05	0,06	0,08
Eficiência Picking	0,10	0,18	0,17	0,10	0,15	0,18	0,07	0,09	0,13
Recursos Humanos	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02
Redundância	0,05	0,02	0,02	0,03	0,06	0,04	0,07	0,05	0,04
Flexibilidade Nova Unidade	0,41	0,23	0,34	0,40	0,17	0,18	0,29	0,18	0,27
Esforço Mudança	0,10	0,18	0,17	0,20	0,17	0,18	0,29	0,18	0,18

Figura 38 - Método AHP Centralização armazém M e S23 - Matriz de Comparação Normalizada

É possível verificar que os 3 critérios com maior peso são, por esta ordem, a flexibilidade para a nova unidade, a capacidade de armazenagem e o esforço da mudança.

O Rácio de Consistência obtido foi de 0,066 (inferior a 0,10), pelo que se pode concluir que o grau de consistência é aceitável. Os passos seguidos para o cálculo deste Rácio encontram-se detalhados no Anexo D.

À semelhança do realizado para os cenários da nova unidade industrial, procedeu-se à avaliação da importância relativa entre cenários, para cada critério. Daqui obtiveram-se as prioridades de cada cenário para cada critério. Na Tabela 10 encontra-se um resumo das considerações feitas para cada cenário aquando do preenchimento das Matrizes de Comparação dos cenários para cada critério.

Por fim, é obtida a Matriz de Prioridades Global, representada na Figura 39.

	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Flexibilidade Nova Unidade	Esforço Mudança
Cenário 1	0,13	0,29	0,59	0,18	0,14	0,32	0,32	0,59
Cenário 2	0,25	0,29	0,18	0,10	0,14	0,32	0,32	0,16
Cenário 3	0,50	0,14	0,05	0,62	0,57	0,05	0,05	0,09
Cenário 4	0,13	0,29	0,18	0,10	0,14	0,32	0,32	0,16
Prioridade	0,21	0,06	0,08	0,13	0,02	0,04	0,27	0,18

Figura 39 - Método AHP Centralização armazém M e S23 - Matriz de Comparação Normalizada - Matriz de Prioridades Global

Todos os passos detalhados seguidos no método AHP para avaliação dos layouts (Matriz de Comparação dos critérios, Matrizes de Comparação dos cenários para cada critério, Matriz de Prioridades Global e o cálculo do Rácio de Consistência) se encontram no Anexo D.

O resultado obtido pelo método AHP foi o seguinte:

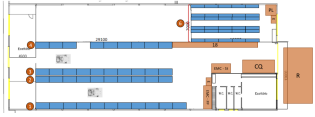
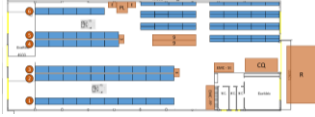
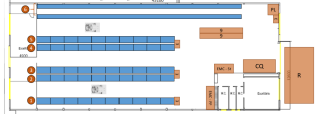
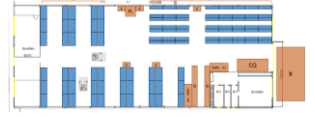
Tabela 9 - Resultado da aplicação do método AHP aos layouts para a centralização Marrocos + S23

Cenário	Resultado
Cenário 1	0,327
Cenário 2	0,228
Cenário 3	0,242
Cenário 4	0,202

Conclui-se que o melhor cenário é o Cenário 1. De facto, é o cenário que mostra o melhor equilíbrio entre os benefícios esperados desta mudança e a taxa de esforço para a fazer, tendo em conta que a centralização dos armazéns M e S23 neste edifício será uma solução temporária, até a nova unidade estar pronta.

Definição de layout e de modelos de gestão para o armazém de uma unidade industrial de fabrico de elevadores

Tabela 10 - Considerações feitas para a avaliação de cada Cenário – Centralização Armazéns M e S23

Critério	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Capacidade armazenagem	 - Área palete: 911,9 m² (+64,5%) - Área caixa: 321,3 m² (+4,0%) - Área Total: 1233,2 m² (+42,8%)	 - Área palete: 997,6 m² (+79,9%) - Área caixa: 589,1 m² (+28,9%) - Área Total: 1586,6 m² (+56,9%)	 - Área palete: 1101,6 m² (+98,7%) - Área caixa: 668,8 m² (+46,3%) - Área Total: 1770,4 m² (+75,0%)	 - Área palete: 826,2 m² (+49,0%) - Área caixa: 599,8 m² (+31,2%) - Área Total: 1426,0 m² (+41,0%)
Flexibilidade máquina	Os corredores são suficientemente largos para qualquer tipo de máquina, incluindo todas as que a empresa já possui.	Os corredores são suficientemente largos para qualquer tipo de máquina, incluindo todas as que a empresa já possui.	Os corredores são suficientemente largos para qualquer tipo de máquina, incluindo todas as que a empresa já possui, mas o <i>picking</i> caixa está dependente do transelevador.	Os corredores são suficientemente largos para qualquer tipo de máquina, incluindo todas as que a empresa já possui.
Investimento	Investimento relativamente baixo. Estantes convencionais. Corredores largos – qualquer máquina da empresa circula e para aceder às prateleiras mais altas bastava investir num empilhador retrátil, não havendo necessidade de um trilateral.	Investimento médio. A mudança da academia já implica um investimento maior (tempo e dinheiro). Estantes convencionais. Corredores largos – qualquer máquina da empresa circula e para aceder às prateleiras mais altas bastava investir num empilhador retrátil, não havendo necessidade de um trilateral.	Investimento elevado. A mudança da academia já implica um investimento maior (tempo e dinheiro). A instalação de um transelevador para o <i>picking</i> caixa implica custos mais elevados.	Investimento semelhante ao Cenário 2
Eficiência picking	<i>Picking</i> palete muito eficiente: poucos corredores e largos (fácil circulação). <i>Picking</i> caixa menos eficiente: as filas de estante não permitem “circulação em S”.	<i>Picking</i> palete eficiente, mas não tanto como no Cenário 1 (existem mais corredores). <i>Picking</i> caixa SAV (lado esquerdo das filas de estante 7) muito eficiente, permite “circulação em S”. <i>Picking</i> caixa material mecânico (lado direito das filas de estante 7) menos eficiente, não permite “circulação em S”.	<i>Picking</i> palete eficiente. <i>Picking</i> caixa com transelevador muito eficiente. Cenário com melhor eficiência de <i>picking</i> .	<i>Picking</i> palete exige realização de mais curvas com o empilhador (muitos corredores e curtos). <i>Picking</i> caixa semelhante ao Cenário 2.
Recursos humanos	Semelhante ao atual.	Semelhante ao atual.	<i>Picking</i> caixa com transelevador – possibilidade de ter menos gente, dependendo do <i>throughput rate</i> deste.	Semelhante ao atual.
Redundância	Existe redundância: com largura de corredor de 3m todas as máquinas possuídas pela empresa circulam sem problemas.	Existe redundância: com largura de corredor de 3m todas as máquinas possuídas pela empresa circulam sem problemas.	<i>Picking</i> caixa dependente do transelevador: em caso de avaria a única opção é a reparação rápida do equipamento.	Existe redundância: com largura de corredor de 3m todas as máquinas possuídas pela empresa circulam sem problemas.
Flexibilidade nova unidade	Desde que as estantes da área palete sejam em módulos desmontáveis a flexibilidade é total.	Desde que as estantes da área palete sejam em módulos desmontáveis a flexibilidade é total.	A instalação do transelevador não cria tanta flexibilidade, apesar de ser possível transpor o transelevador na nova unidade (mas teria de haver uma redução em altura).	Desde que as estantes da área palete sejam em módulos desmontáveis a flexibilidade é total.
Esforço da mudança	Muito reduzido. Não é preciso alterar o edifício, não é preciso tirar a academia de sítio. A única movimentação de material é do S23 para o armazém M. Único esforço é adquirir e montar as estantes necessárias.	É necessário alterar o edifício (remover paredes academia, trocar academia de sítio, trazer material SAV, etc).	É necessário alterar o edifício (remover paredes academia, trocar academia de sítio, trazer material SAV, etc) e ainda proceder à instalação do transelevador.	É necessário alterar o edifício (remover paredes academia, trocar academia de sítio, trazer material SAV, etc).

Apesar dos *layouts* desenvolvidos para a centralização dos armazéns M e S23, o primeiro passo, de forma a colocar os dois armazéns operacionais com as vantagens da sua centralização o mais rápido possível, é fazer a passagem do armazém S23 para o edifício do armazém M com as estantes que atualmente ocupam o armazém S23.

Assim, a disposição das estantes originais no novo espaço passaria pelo representado na Figura 40, a azul. As estantes “2+3” são estantes com dimensões para euro paletes, mas que são utilizadas para armazenar caixas, pelo que é feito *picking* dos dois lados, obrigando a que se encontrem no centro do espaço definido, mantendo a sua acessibilidade dos dois lados. Com as estantes organizadas desta forma, é possível movimentar o *stacker* entre estantes e aceder a todas as estantes que armazenam paletes, o que não é possível de ser feito atualmente no armazém S23.

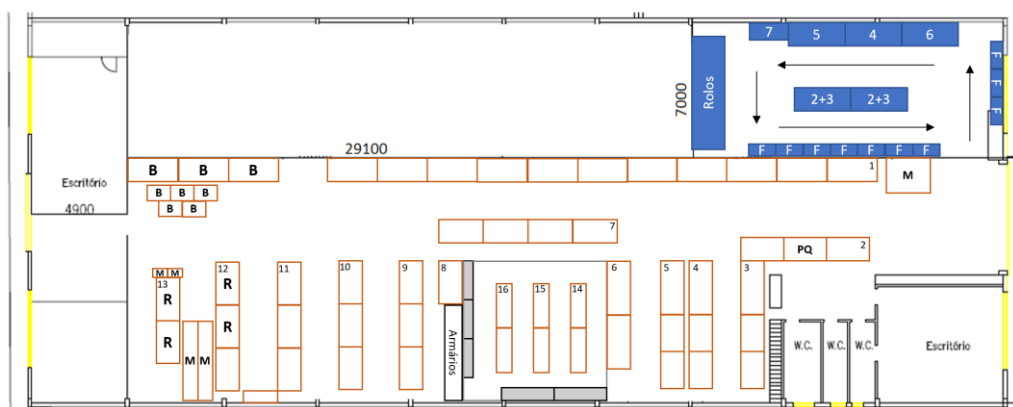


Figura 40 - Layout Armazém M e S23: estantes originais

Foi ainda pensada uma versão alternativa para esta fase inicial de transição (Figura 41) que seria a aquisição de três estantes com dimensões para armazenar paletes, substituindo a estante de rolos por duas dessas estantes e adicionando uma estante adjunta das estantes “2+3” para criar maior capacidade de armazenagem, evitando as situações de artigos armazenados no chão. A substituição da estante de rolos justifica-se pelo facto de que esta não é usada da forma correta e maior parte dos rolos encontram-se partidos tirando grande parte da funcionalidade esperada.

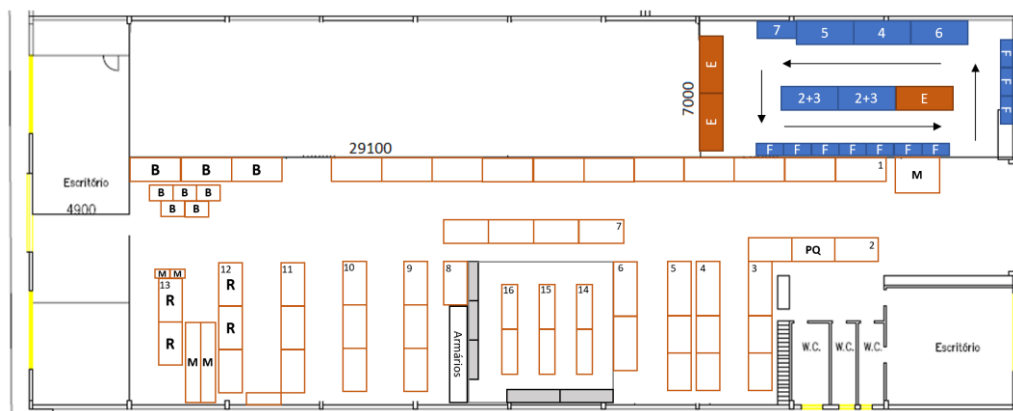


Figura 41 - Layout Armazém M e S23: estantes originais e novas estantes

4.2.2 Revisão da posição ABC dos artigos na estante

Como referido anteriormente, a empresa não possui informações sobre o peso e dimensões dos diferentes SKUs, o que dificulta o processo de definição de *layouts* e da projeção da disposição dos artigos nas estantes.

De futuro, pretende-se que a empresa possua esse tipo de informação. Para isso foi criado um ficheiro em *Excel* para reunir esses dados. Os *inputs* necessários são:

- o tipo de armazenamento do SKU (palete ou caixa) e no caso de ser caixa qual o tipo de caixa usada;
- a área ocupada pela unidade de armazenamento;
- a quantidade que cabe na unidade de armazenamento;
- o peso por unidade de SKU.

Destes *inputs* obtém-se, através do valor de *stock* máximo fornecido pelo *Navision*, o peso por unidade de armazenamento, a quantidade de unidades de armazenamento necessárias, o peso máximo e a área necessária para armazenar o *stock* máximo.

O objetivo de possuir este tipo de informação será o de projetar os armazéns para terem capacidade de armazenagem para o *stock* máximo dos diferentes SKUs e distribuir os artigos pelas estantes de acordo com a sua classificação ABC.

Como prova de conceito, foram recolhidas as informações necessárias ao preenchimento do *Excel* para uma amostra de 35 artigos do armazém S23 (Anexo E) e feita a sua distribuição numa estante modelo, como a representada na Figura 42, sendo que os dois critérios para a distribuição dos artigos pela estante são:

1. classificação ABC do artigo;
2. peso da unidade de armazenamento do artigo (unidades mais pesadas acondicionadas nos patamares mais próximos do chão).

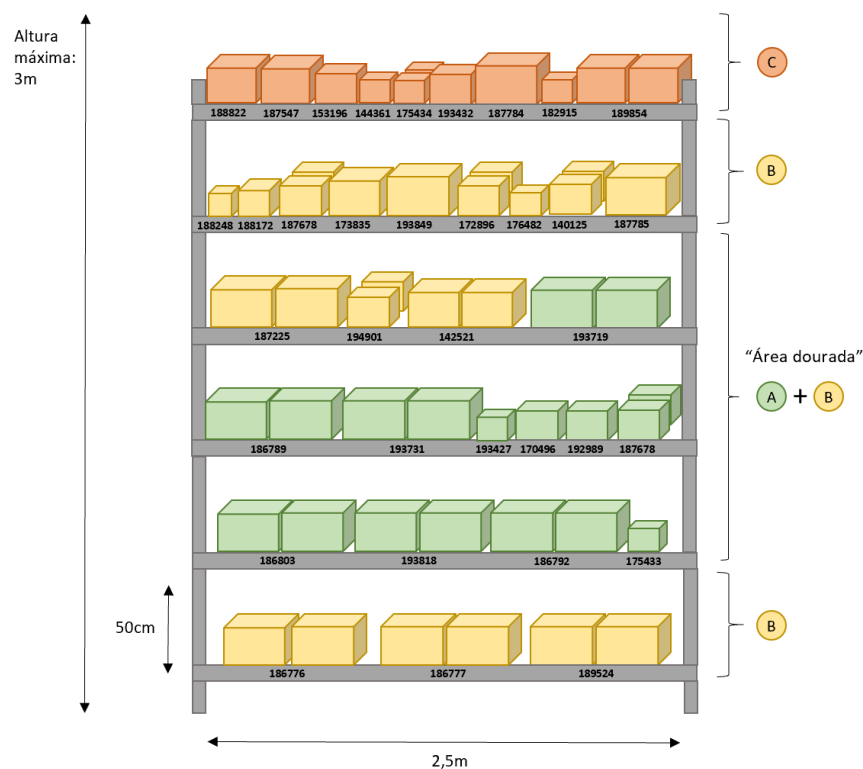


Figura 42 - Distribuição ABC de uma amostra de artigos S23 numa estante modelo

A estante modelo não foi concretizada fisicamente aquando da finalização do projeto na empresa, visto que o armazém S23 irá ser realocado no edifício do armazém M. No entanto, o objetivo é, na data dessa mudança, ter já a informação necessária de todos os SKUs, fazendo uma realocação dos artigos segundo o método descrito.

Acredita-se que esta solução trará dois grandes benefícios:

- o uso do valor de *stock* máximo como referência para o cálculo da área necessária de armazenamento de um SKU evita que, quando um artigo existe nessa quantidade em

armazém, tenha de ser armazenado em duas localizações diferentes por falta de espaço na localização habitual;

- a distribuição dos artigos nas estantes seguindo a sua classificação ABC facilita o acesso aos artigos no momento do *picking*.

4.2.3 Standardização das caixas de armazenagem

De modo a facilitar a arrumação das caixas em armazém e a criar uma imagem mais organizada e harmonizada, foi definido que o tipo de caixas de armazenagem diferentes seria reduzido de dez para três. As três caixas definidas encontram-se representadas na Figura 43.



Figura 43 - Caixas standard

A escolha destas caixas teve por base a contagem do número de caixas de cada tipo que existia nos armazéns, sendo que a soma destes três tipos contabiliza 50% do total de caixas usadas. Além disso, a sua amplitude de dimensões permite a armazenagem dos mais variados artigos, desde os mais pequenos aos maiores, pelo que os tamanhos intermédios existentes entre estes três tipos não acrescentam valor.

A escolha de manter a abertura frontal na caixa de tamanho mais pequeno justifica-se pela maior facilidade em aceder aos artigos de menor dimensão, cujo *picking* normalmente engloba a recolha de maiores quantidades, além de que por serem mais pequenas existe a possibilidade de as empilhar na mesma prateleira e com a abertura frontal manter o acesso ao artigo sem ter de levantar as caixas que se encontram por cima. Nas caixas maiores optou-se por não ter a abertura frontal, visto que os artigos armazenados neste tipo de caixa são de maiores dimensões e mais pesados, sendo mais instável e perigoso movimentar as caixas caso elas tivessem esse tipo de abertura.

4.2.4 Alteração do método de *picking* para artigos de reduzidas dimensões

O *picking* para artigos *kanban*, anteriormente descrito no Capítulo 3, é feito de forma a encher completamente as caixas de bordo de linha que chegam vazias ao armazém. Isto significa que não há uma quantidade pré-definida para cada caixa, sendo que o operador que realiza o *picking* enche a caixa até cima e dá saída da quantidade de material que inseriu na caixa. Na teoria, à medida que o operador enche a caixa, este deveria contar quantas peças estão a ser colocadas. No entanto, no caso dos artigos de reduzida dimensão, existem caixas de bordo de linha que chegam a conter quantidades na ordem das centenas de unidades. Nestes casos, o que acontece na prática é que o operador enche a caixa e dá saída do material sem o contar, inserindo um valor que considera aproximado tendo em conta a sua experiência.

Este método origina desvios entre a quantidade que sai, efetivamente, do armazém e o que é dado como saída no sistema, resultando em erros de inventário. Para verificar a dimensão do problema, foi feito um teste que englobou a contagem de 35 artigos cujo *picking* tinha sido feito e a comparação com o valor que tinha sido inserido no sistema como saída. Na Figura 44 é

possível verificar que cerca de 23% dos artigos contados apresentavam desvio e mais de 17% apresentavam um desvio superior a 5%.

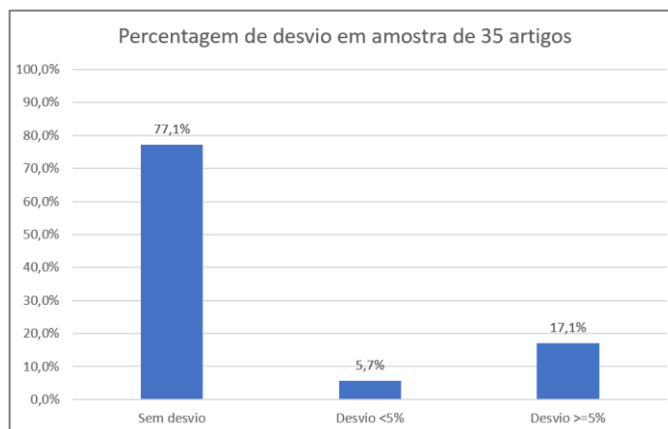


Figura 44 - Gráfico dos desvios, em percentagem, existentes numa amostra de 35 artigos de picking kanban

Se, por um lado, não contar os artigos de reduzidas dimensões origina desvios, por outro, contá-los origina atrasos na entrega dos artigos ao fabrico, visto ser um processo moroso. Além disso, contar manualmente centenas de artigos pequenos pode, ainda assim, originar desvios.

De forma a incidir sobre estes dois problemas, os desvios e os elevados tempos de contagem, foi implementado um método de *picking* por peso para artigos de reduzidas dimensões. Com este método, em vez de o operador ter de contar o número de artigos inseridos na caixa, a balança fornece automaticamente o número de artigos inseridos na caixa, com base no peso unitário de cada artigo. No Anexo F pode-se observar o mapa de processo deste novo método.

É possível verificar que este método implica duas deslocações entre a localização do artigo e a balança. No entanto, o tempo despendido nestas deslocações é pouco relevante quando comparado com o tempo poupado aquando da obtenção da quantidade exata de artigo que está inserido na caixa.

Para confirmar esta afirmação, foi feito um teste com diferentes quantidades de artigos, em que se mediu o tempo despendido no *picking* com e sem o uso de balança. É possível verificar pelos resultados desse teste, apresentados no Anexo G, que existem reduções significativas no tempo de realização do *picking*, principalmente com quantidades superiores às 100 unidades, onde as reduções rondam os 60%. Além das reduções de tempo, a balança impede que haja desvios aquando da saída dos artigos do armazém.

Acredita-se que esta mudança ajude a colmatar não só os problemas relacionados com erros de inventário, mas também os de ruturas de artigos, visto que a ocorrência de ruturas está muitas vezes associada a erros de inventário.

4.2.5 Ferramenta para definir rota de *picking*

Aquando do início do projeto, existia uma ferramenta para o armazém P05.1.4 (material SAV) que permitia definir uma rota de *picking* baseada nas localizações dos artigos. Esta ferramenta consistia numa macro em VBA que, uma vez fornecidos os códigos dos artigos a realizar *picking*, os ordenava de forma que o *picking* fosse feito de forma sequencial, evitando que se fosse à mesma prateleira mais do que uma vez. No entanto, esta ferramenta nunca foi expandida para os outros armazéns da empresa.

De forma a poder alargar os benefícios do uso desta ferramenta aos armazéns de material mecânico, foram criadas duas ferramentas, seguindo a mesma lógica que esta, para o armazém M e para o armazém S23.

Esta ferramenta exige apenas que se copiem e colem os códigos de artigos para *picking* na coluna A, como representado na Figura 45, para o exemplo do armazém M. De seguida, basta clicar no botão “Definir rota” e o programa obtém as informações de localização dos artigos através do ficheiro *Excel* de localizações da empresa e ordena os artigos baseando-se na estante (fila) em que estão armazenados.

A ordem das estantes (filas) é pré-definida para cada armazém e é a seguinte:

- Armazém M: estantes 1, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 16, 15, 14, 6, 5, 4, 3, 2
- Armazém S23: estantes 6, 5, 3, 4, 7, 2, 1

Passo 1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Artigo	Localização Armazém	Armazém	Fila								
2	182809											
3	186787											
4	194639											
5	183541											
6	183000											
7	100740											
8	192497											
9	124018											
10	141494											
11	125032											
12	105559											
13	144822											
14	108863											
15	125236											
16	189439											
17	143614											
18												

Ferramenta para definir rota de picking do armazém:

P05.1.2

Definir rota

Passo 2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Artigo	Localização Armazém	Armazém	Fila								
2	182809 01 / A / 7		P05.1.2	1								
3	108863 13 / C / 1		P05.1.2	13								
4	144822 12A / B / 3		P05.1.2	12								
5	105559 11 / B / 1		P05.1.2	11								
6	125032 10A / B / 3		P05.1.2	10								
7	141494 09A / C / 2		P05.1.2	9								
8	124018 08 / C / 1		P05.1.2	8								
9	192497 07 / B / 1		P05.1.2	7								
10	143614 16A / C / 2		P05.1.2	16								
11	189439 15 / C / 1		P05.1.2	15								
12	100740 06 / B / 1		P05.1.2	6								
13	183000 05 / B / 1		P05.1.2	5								
14	183541 04 / C / 2		P05.1.2	4								
15	125236 04 / C / 3		P05.1.2	4								
16	194639 03 / D / 1		P05.1.2	3								
17	186787 02 / C / 1		P05.1.2	2								
18												

Ferramenta para definir rota de picking do armazém:

P05.1.2

Definir rota

Figura 45 - Exemplo do uso da ferramenta para rota de picking no armazém M

Na Figura 46 é possível ver, em esquema, a rota que é criada para o armazém M (lado esquerdo) e para o armazém S23 (lado direito), representada por setas verdes.

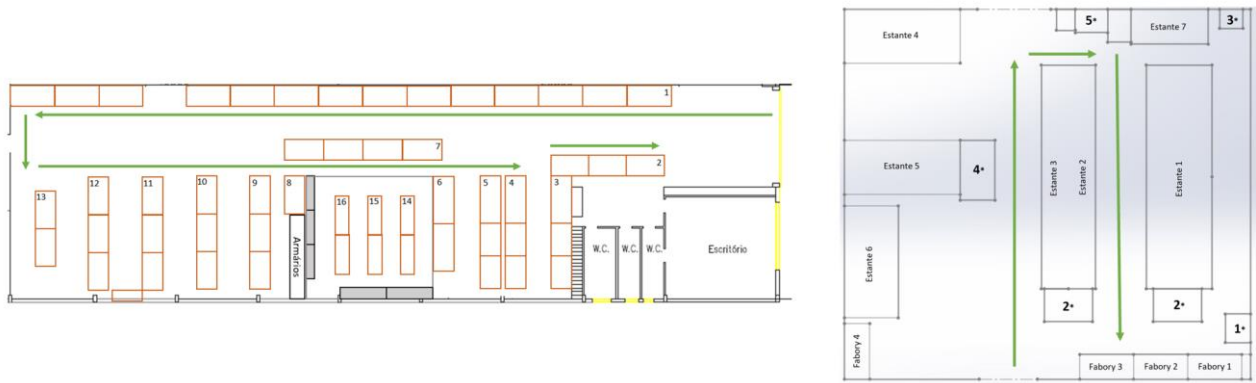


Figura 46 - Esquema da rota de picking criada

4.2.6 Implementação de auditorias de *housekeeping*

Como foi explicado no Capítulo 3, o nível de 5S nos armazéns era avaliado por uma auditoria interna que engloba vários temas, não se focando exclusivamente no nível de 5S. Foi então identificada a necessidade de uma auditoria mais específica que incutisse aos colaboradores a disciplina e método necessários para manter as boas práticas de 5S.

Para isso foi contactado o Departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança com o objetivo de, em conjunto, ser elaborada uma *checklist* para a auditoria. Foi neste ponto que se percebeu que uma *checklist* deste género já tinha sido elaborada, mas nunca tinha sido posta em prática.

Esta situação é um exemplo da falta de método e disciplina, em que as ferramentas muitas das vezes já estão criadas, mas não são implementadas e mantidas, pelo que caem em desuso. Implementar e manter uma auditoria deste género é uma prática simples, que não implica muito tempo nem recursos e que promove uma sensação de dever aos colaboradores de forma a terem uma boa classificação na auditoria, mantendo as boas práticas necessárias a um armazém limpo, organizado e funcional.

Esta auditoria foi implementada e um exemplo do preenchimento da *checklist* para o armazém S23 encontra-se no Anexo H.

5. Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

O presente projeto resultou da decisão da empresa de centralizar as suas operações num só local, investindo numa nova unidade industrial. Com esta mudança, os armazéns que, atualmente, se encontram separados fisicamente, passarão a encontrar-se no mesmo edifício. Esta mudança criou a necessidade de estudar e desenvolver alternativas de *layout* para o armazém da nova unidade e também o de identificar oportunidades de melhoria nos armazéns atuais e propor soluções possíveis de aplicar na nova unidade industrial.

O objetivo principal do projeto, a definição do *layout* para o armazém central, foi atingido. Para atingir este objetivo, foi necessário contactar vários fornecedores de soluções de armazenamento e de equipamentos de movimentação de carga, permitindo à empresa ter uma visão do que existe no mercado e das tecnologias mais usadas atualmente nos armazéns. O *layout* definido como sendo o melhor pelo método AHP permite um aumento na capacidade de armazenagem da empresa de 43,8%. Apesar de ser um plano futuro e ainda não ter sido implementado, não podendo ser medidos os benefícios, acredita-se que este *layout* irá facilitar as operações nos armazéns, facilitando as atividades de receção, arrumação e *picking* e ainda a de fornecimento do material às respetivas linhas de produção.

Quanto às oportunidades de melhoria nos armazéns atuais, a mudança mais disruptiva e que trará os maiores benefícios é, sem dúvida, a mudança a curto prazo do armazém S23 para o edifício do armazém M. Esta mudança permitirá a centralização dos armazéns de material mecânico, deixando de existir dois locais distintos com o mesmo tipo de material e evitando todos os desafios inerentes a essa separação.

A revisão da posição ABC dos artigos na estante mostra-se também de grande importância, juntamente com o Excel criado para inserção dos dados relativos aos pesos e dimensões dos SKUs. O facto de a empresa passar a ter estes dados irá ter um peso considerável tanto na passagem do S23 para o armazém M como para o futuro armazém na nova unidade industrial, permitindo uma melhor alocação dos artigos no armazém e na estante e permitindo perceber as necessidades reais de áreas de armazenagem para os *stocks* máximos dos SKUs.

A redução da tipologia de caixas internas de armazenagem de dez para três origina uma maior facilidade de disposição das caixas nas prateleiras, evitando a existência de espaços não aproveitados nas estantes por falta de compatibilidade entre caixas e não comprometendo a facilidade de arrumação dos artigos nas caixas, visto que a amplitude de tamanhos se mantém, possibilitando a armazenagem de todos os artigos, desde os mais pequenos aos maiores.

O uso de uma balança para o *picking* dos artigos de reduzida dimensão também se mostra uma solução promissora para os erros de inventário e ruturas que ocorrem atualmente. Além de evitar que a quantidade de saída dada pelo colaborador seja diferente da quantidade que efetivamente sai do armazém para um determinado artigo, este método permite ainda reduções significativas no tempo de *picking* quando comparado com o método normal de contagem.

Quanto à ferramenta para definir a rota de *picking* e à implementação das auditorias de *housekeeping*, estas soluções vêm demonstrar uma realidade nos armazéns da empresa: a falta de método e disciplina. De facto, muitas das vezes não é pela inexistência das ferramentas que os problemas ou falta de eficiência existem, mas sim pela falta de implementação e uso das mesmas. A ferramenta para definir a rota de *picking* apenas precisava de ser ajustada aos restantes armazéns, através da alteração do código VBA, para poder ser usada de forma global nos armazéns da empresa. A auditoria de *housekeeping* apenas precisava de passar a ser implementada e mantida, com método, disciplina e rigor.

Relativamente às perspetivas de trabalho futuro, propõe-se para o método de *picking* de artigos de reduzidas dimensões, a aquisição de duas balanças industriais com bases de dados,

uma para cada piso de armazém na nova unidade industrial. Estas balanças facilitam ainda mais o *picking* na medida em que permitem manter uma base de dados com as seguintes informações:

- código do artigo;
- peso unitário do artigo;
- quantidade de *picking*.

Assim, as etapas de enchimento da caixa de BOL com 10 unidades para obtenção do peso unitário do artigo e as movimentações seguintes entre a balança e a localização do artigo (etapas 2, 3, 4 e 5 do mapa de processo do Anexo F), que são etapas que não acrescentam valor e demoram tempo, deixariam de ser necessárias. Este tipo de balança só necessita que se insira o código do artigo e, quando é atingida a quantidade necessária, avisa o colaborador através de um sinal luminoso.

Propõe-se ainda, como investimento para a nova unidade industrial, a adoção de um sistema de *voice picking* (*picking* por voz). Cada colaborador que realiza *picking* usa um dispositivo portátil sem fios com fones e microfone para receber instruções por voz e confirmar verbalmente as suas ações de volta para o sistema. O sistema diz ao colaborador para ir a uma posição de armazenamento e, após o colaborador confirmar a sua chegada ao local, o sistema informa a quantidade necessária do artigo. Quando o colaborador confirma que o *picking* foi feito, o sistema informa a próxima posição.

O *voice picking* iria permitir ao colaborador uma maior liberdade de movimentos, permitindo ter ambas as mãos livres, o que não acontece atualmente, e reduzir os erros de *picking*. Além disso, é um sistema muito fácil de aprender e usar, pelo que não exigiria muito tempo de adaptação, e tem um retorno de investimento bastante rápido graças ao aumento de produtividade que origina.

Referências

- Andelković, Aleksandra, Marija Radosavljević, and Danijela Stošić. 2017. "Effects of Lean Tools in Achieving Lean Warehousing." *Economic Themes* 54 (4): 517–34. <https://doi.org/10.1515/ethemes-2016-0026>.
- Baker, Peter, and Marco Canessa. 2009. "Warehouse Design: A Structured Approach." *European Journal of Operational Research* 193 (2): 425–36. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.11.045>.
- Besbes, Mariem, Roberta Costa Affonso, Marc Zolghadri, Faouzi Masmoudi, and Mohamed Haddar. 2018. "Multi-Criteria Decision-Making Approaches for Facility Layout (FL) Evaluation and Selection: A Survey." In *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 613–22. Springer Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66697-6_59.
- Bhushan, Navneet, and Kanwal Rai. 2004. *Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process*. Springer.
- Braglia, Marcello, Andrea Grassi, and Roberta Montanari. 2004. "Multi-Attribute Classification Method for Spare Parts Inventory Management." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 10 (1): 55–65. <https://doi.org/10.1108/13552510410526875>.
- Burton, J. A. 1973. *Effective Warehousing*. 3rd ed. Macdonald and Evans Publisher.
- Carvalho, José. 2017. *Logística e Gestão Da Cadeia de Abastecimento*. 2ª Edição. Lisboa: Edições Sílabo.
- Feld, William. 2001. *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. St. Lucie Press.
- Frazelle, E. 2002. *Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management*. McGraw Hill.
- Fumi, Andrea, Laura Scarabotti, and Massimiliano M. Schiraldi. 2013. "Minimizing Warehouse Space with a Dedicated Storage Policy." *International Journal of Engineering Business Management* 5 (1): 21. <https://doi.org/10.5772/56756>.
- Gnanaguru, R., K. Puvaneswari, Jogendra Mallick, C. Jegadheesan, V. Mohan Sivakumar, and S. R. Devadasan. 2011. "Toyota's A3 Reports for Improving 6-S Activities: An Aeronautical Industry Case Study." *International Journal of Services and Operations Management* 10 (2): 239–54. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2011.042519>.
- Koster, René de, Tho Le-Duc, and Kees Jan Roodbergen. 2007. "Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review." *European Journal of Operational Research* 182 (2): 481–501. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>.
- Lambert, D. M., J. R. Stock, and L. M. Ellram. 1998. *Fundamentals of Logistics Management*. McGraw-Hill.
- Liker, Jeffrey K., and David P. Meier. 2005. *The Toyota Way Fieldbook*. McGraw Hill.
- Liu, Jiapeng, Xiuwu Liao, Wenhong Zhao, and Na Yang. 2016. "A Classification Approach Based on the Outranking Model for Multiple Criteria ABC Analysis." *Omega (United Kingdom)* 61 (June): 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.07.004>.
- Manzini, R., and M. Goetschalckx. 2012. *Warehousing in the Global Supply Chain: Advanced Models, Tools and Applications for Storage Systems*. Springer.
- McCarty, Thomas, Michael Bremer, Lorraine Daniels, and Praveen Gupta. 2004. *The Six Sigma Black Belt Handbook*. McGraw Hill.

- Mulcahy, David E. 1993. *Warehouse Distribution & Operations Handbook*. McGraw-Hill International Editions.
- Prasetyawan, Y., and N. G. Ibrahim. 2020. "Warehouse Improvement Evaluation Using Lean Warehousing Approach and Linear Programming." In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 847. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/847/1/012033>.
- Prasetyawan, Yudha, Alfia Khairani Simanjuntak, Naufal Rifqy, and Lulu Auliya. 2020. "Implementation of Lean Warehousing to Improve Warehouse Performance of Plastic Packaging Company." In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 852. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012101>.
- Richards, Gwynne. 2018. *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. 3rd ed. Kogan Page Publishers.
- Rouwenhorst, B., B. Reuter, V. Stockrahm, G. J. Van Houtum, R. J. Mantel, and W. H.M. Zijm. 2000. "Warehouse Design and Control: Framework and Literature Review." *European Journal of Operational Research*. Elsevier Science B.V. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00020-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00020-X).
- Rushton, A., P. Croucher, and P. Baker. 2010. *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. Kogan Page Publishers.
- Saaty, Thomas L. 1990. "How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process." *European Journal of Operational Research* 48 (1): 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I).
- Soliman, F. 1998. "Optimum Level of Process Mapping and Least Cost Business Process Re-Engineering." *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443579810225469>.
- Thomsett, Michael C. 2005. *Getting Started In Six Sigma*. John Wiley & Sons, Inc.
- Tompkins, J. A., J. A. White, Y. A. Bozer, and J. M. A. Tanchoco. 2010. *Facilities Planning*. 4th ed. John Wiley & Sons.
- Womack, James P., and Daniel T. Jones. 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. 2nd ed. Free Press.

ANEXO A: Tipologia e dimensões das estantes do armazém S23

Fotografia	Descrição
	<u>Estante 1:</u> - Estante dinâmica de rolos - Área ocupada: 170x580 [cm] - 4 níveis (designação de A a D) - Patamar superior, que não é uma prateleira, usado para armazenar artigos em cartão
	<u>Estante 2:</u> - Estante normal plana - Área ocupada: 120x580 [cm] - 5 níveis (designação de A a E)
	<u>Estante 3:</u> - Estante normal plana - Área ocupada: 120x580 [cm] - 5 níveis (designação de A a E)
	<u>Estante 4:</u> - Estante normal plana - Área ocupada: 120x290 [cm] - 3 níveis (designação de A a C)

Fotografia	Descrição
	<u>Estante 5:</u> - Estante normal plana - Área ocupada: 120x290 [cm] - 5 níveis (designação de A a E)
	<u>Estante 6:</u> - Estante normal plana - Área ocupada: 120x290 [cm] - 5 níveis (designação de A a E)
	<u>Estante 7:</u> - Estante normal plana - Área ocupada: 85x200 [cm] - 6 níveis (designação de A a F) - Último nível não utilizado (difícil acesso)
	<u>Estantes Fabory (x4):</u> - Estante normal inclinada - Área ocupada: 60x140 [cm] - 7 níveis (designação de A a G)

ANEXO B: Método AHP aplicado aos cenários de *layout* para o novo armazém central

Matriz de Comparação

Critérios	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Flexibilidade Alteração Layout	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Arquitetura
Capacidade Armazenagem	1	6	4	2	2	8	4	7
Flexibilidade Máquina	1/6	1	1/3	1/5	1/6	3	1/4	2
Flexibilidade Alteração Layout	1/4	3	1	1/4	1/4	5	1/2	4
Investimento	1/2	5	4	1	1/2	7	3	6
Eficiência Picking	1/2	6	4	2	1	8	3	7
Recursos Humanos	1/8	1/3	1/5	1/7	1/8	1	1/8	1/4
Redundância	1/4	4	2	1/3	1/3	8	1	6
Arquitetura	1/7	1/2	1/4	1/6	1/7	4	1/6	1
	2,93	25,83	15,78	6,09	4,52	44,00	12,04	33,25

Matriz de Comparação Normalizada

Critérios	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Flexibilidade Alteração Layout	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Arquitetura	Prioridade
Capacidade Armazenagem	0,34	0,23	0,25	0,33	0,44	0,18	0,33	0,21	0,29
Flexibilidade Máquina	0,06	0,04	0,02	0,03	0,04	0,07	0,02	0,06	0,04
Flexibilidade Alteração Layout	0,09	0,12	0,06	0,04	0,06	0,11	0,04	0,12	0,08
Investimento	0,17	0,19	0,25	0,16	0,11	0,16	0,25	0,18	0,19
Eficiência Picking	0,17	0,23	0,25	0,33	0,22	0,18	0,25	0,21	0,23
Recursos Humanos	0,04	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
Redundância	0,09	0,15	0,13	0,05	0,07	0,18	0,08	0,18	0,12
Arquitetura	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,09	0,01	0,03	0,03

Definição de layout e de modelos de gestão para o armazém de uma unidade industrial de fabrico de elevadores

Avaliação de cada Cenário consoante o critério

Capacidade Armazenagem	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	6	2	1/2
Cenário 2	1/6	1	1/4	1/8
Cenário 3	1/2	4	1	1/4
Cenário 4	2	8	4	1
	3,7	19,0	7,3	1,9

Flexibilidade Máquina	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1/8	1/8	1/5
Cenário 2	8	1	1	4
Cenário 3	8	1	1	4
Cenário 4	5	1/4	1/4	1
	22,0	2,4	2,4	9,2

Flexibilidade Alteração Layout	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	2	2	8
Cenário 2	1/2	1	1	6
Cenário 3	1/2	1	1	6
Cenário 4	1/8	1/6	1/6	1
	2,1	4,2	4,2	21,0

Investimento	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1/3	1/5	4
Cenário 2	3	1	1/3	7
Cenário 3	5	3	1	8
Cenário 4	1/4	1/7	1/8	1
	9,3	4,5	1,7	20,0

Eficiência Picking	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1/4	1/6	1/8
Cenário 2	4	1	1/2	1/4
Cenário 3	6	2	1	1/2
Cenário 4	8	4	2	1
	19,0	7,3	3,7	1,9

Matrizes normalizadas

Capacidade Armazenagem	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,27	0,32	0,28	0,27	0,28
Cenário 2	0,05	0,05	0,03	0,07	0,05
Cenário 3	0,14	0,21	0,14	0,13	0,15
Cenário 4	0,55	0,42	0,55	0,53	0,51

Flexibilidade Máquina	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,05	0,05	0,05	0,02	0,04
Cenário 2	0,36	0,42	0,42	0,43	0,41
Cenário 3	0,36	0,42	0,42	0,43	0,41
Cenário 4	0,23	0,11	0,11	0,11	0,14

Flexibilidade Alteração Layout	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,47	0,48	0,48	0,38	0,45
Cenário 2	0,24	0,24	0,24	0,29	0,25
Cenário 3	0,24	0,24	0,24	0,29	0,25
Cenário 4	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05

Investimento	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,11	0,07	0,12	0,20	0,13
Cenário 2	0,32	0,22	0,20	0,35	0,27
Cenário 3	0,54	0,67	0,60	0,40	0,55
Cenário 4	0,03	0,03	0,08	0,05	0,05

Eficiência Picking	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,05	0,03	0,05	0,07	0,05
Cenário 2	0,21	0,14	0,14	0,13	0,15
Cenário 3	0,32	0,28	0,27	0,27	0,28
Cenário 4	0,42	0,55	0,55	0,53	0,51

Definição de layout e de modelos de gestão para o armazém de uma unidade industrial de fabrico de elevadores

Recursos Humanos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1	1/2	1/4
Cenário 2	1	1	1/2	1/4
Cenário 3	2	2	1	1/2
Cenário 4	4	4	2	1
	8,0	8,0	4,0	2,0

Redundância	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1/2	1/2	4
Cenário 2	2	1	1	6
Cenário 3	2	1	1	6
Cenário 4	1/4	1/6	1/6	1
	5,3	2,7	2,7	17,0

Arquitetura	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1	2	8
Cenário 2	1	1	2	8
Cenário 3	1/2	1/2	1	6
Cenário 4	1/8	1/8	1/6	1
	2,6	2,6	5,2	23,0

Recursos Humanos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Cenário 2	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Cenário 3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Cenário 4	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Redundância	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,19	0,19	0,19	0,24	0,20
Cenário 2	0,38	0,38	0,38	0,35	0,37
Cenário 3	0,38	0,38	0,38	0,35	0,37
Cenário 4	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06

Arquitetura	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,38	0,38	0,39	0,35	0,37
Cenário 2	0,38	0,38	0,39	0,35	0,37
Cenário 3	0,19	0,19	0,19	0,26	0,21
Cenário 4	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04

Matriz de Prioridades Globais

	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Flexibilidade Alteração Layout	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Arquitetura
Cenário 1	0,28	0,04	0,45	0,13	0,05	0,13	0,20	0,37
Cenário 2	0,05	0,41	0,25	0,27	0,15	0,13	0,37	0,37
Cenário 3	0,15	0,41	0,25	0,55	0,28	0,25	0,37	0,21
Cenário 4	0,51	0,14	0,05	0,05	0,51	0,50	0,06	0,04
Prioridade	0,29	0,04	0,08	0,19	0,23	0,02	0,12	0,03

Resultado
0,194
0,197
0,306
0,304

Calcular o rácio de consistência:**Passo 1:** Obter o "Weighted Sum Vector"

Critérios	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Flexibilidade Alteração Layout	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Arquitetura	Prioridade
Capacidade Armazenagem	1	6	4	2	2	8	4	7	0,29
Flexibilidade Máquina	1/6	1	1/3	1/5	1/6	3	1/4	2	0,04
Flexibilidade Alteração Layout	1/4	3	1	1/4	1/4	5	1/2	4	0,08
Investimento	1/2	5	4	1	1/2	7	3	6	0,19
Eficiência Picking	1/2	6	4	2	1	8	3	7	0,23
Recursos Humanos	1/8	1/3	1/5	1/7	1/8	1	1/8	1/4	0,02
Redundância	1/4	4	2	1/3	1/3	8	1	6	0,12
Arquitetura	1/7	1/2	1/4	1/6	1/7	4	1/6	1	0,03

$$\begin{bmatrix} 0,29 \\ 0,05 \\ 0,07 \\ 0,15 \\ 0,15 \\ 0,04 \\ 0,07 \\ 0,04 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,25 \\ 0,04 \\ 0,13 \\ 0,21 \\ 0,25 \\ 0,01 \\ 0,17 \\ 0,02 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,32 \\ 0,03 \\ 0,08 \\ 0,32 \\ 0,32 \\ 0,02 \\ 0,16 \\ 0,02 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,37 \\ 0,04 \\ 0,05 \\ 0,19 \\ 0,37 \\ 0,03 \\ 0,06 \\ 0,03 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,46 \\ 0,04 \\ 0,06 \\ 0,12 \\ 0,23 \\ 0,03 \\ 0,08 \\ 0,03 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,16 \\ 0,06 \\ 0,10 \\ 0,14 \\ 0,16 \\ 0,02 \\ 0,16 \\ 0,08 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,47 \\ 0,03 \\ 0,06 \\ 0,35 \\ 0,35 \\ 0,01 \\ 0,12 \\ 0,02 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,24 \\ 0,07 \\ 0,14 \\ 0,21 \\ 0,24 \\ 0,01 \\ 0,21 \\ 0,03 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,57 \\ 0,35 \\ 0,68 \\ 1,67 \\ 2,07 \\ 0,16 \\ 1,02 \\ 0,28 \end{bmatrix} \quad \text{Weighted Sum Vector}$$

Passo 2: Dividir os elementos do vetor pela prioridade de cada critério

Capacidade Armazenagem	8,84
Flexibilidade Máquina	8,37
Flexibilidade Alteração Layout	8,54
Investimento	9,05
Eficiência Picking	8,97
Recursos Humanos	8,25
Redundância	8,71
Arquitetura	8,08

Passo 3: Calcular $\lambda_{\max}$

$\lambda_{\max}$	8,60
------------------	------

Passo 4: Calcular CI (Consistency Index)

$\lambda_{\max}$	8,60
n	8

CI	0,09
----	------

Passo 4: Calcular CR (Consistency Ratio)

RI (n=8)	1,41
----------	------

CR	0,061
-----------	--------------

O grau de consistência é aceitável?
($<0,10$)

Sim

ANEXO C: Análise aos prós e contras das 3 opções de mudança da Academia

Opção 1		Opção 2		Opção 3	
Prós	Contras	Prós	Contras	Prós	Contras
Menos movimentações	Esforço de movimentação para ganhar alguma capacidade de armazenagem	Academia fica com maior espaço e anexa à P15 (facilita formação dada)	Necessidade de redefinir <i>layout</i> da zona de <i>picking</i> da P05.1.1 para caber na anterior zona SAV	Menos movimentações	Fluxos logísticos mais complexos (material elétrico teria de atravessar a rua para abastecer o fabrico)
Mais espaço de armazém M para armazenagem	Academia sofre alteração, mas não fica na melhor localização (anexa à P15)	Mais espaço de armazém M para armazenagem	Movimentação de 3 áreas ao invés de 2	Mais espaço de armazém M para armazenagem	A área necessária para armazenar o material da P05.1.1 é maior que a do material SAV, o que implica menos ganhos de área no armazém M
Não ter de alterar o armazém P05.1.1					

ANEXO D: Método AHP aplicado aos cenários de *layout* para a centralização dos armazéns M e S23Matriz de Comparação

Critérios	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Flexibilidade Nova Unidade	Esforço Mudança
Capacidade Armazenagem	1	4	4	2	8	4	1/2	2
Flexibilidade Máquina	1/4	1	1/3	1/4	6	2	1/5	1/4
Investimento	1/4	3	1	1/3	6	3	1/6	1/3
Eficiência Picking	1/2	4	3	1	7	4	1/4	1/2
Recursos Humanos	1/8	1/6	1/6	1/7	1	1/3	1/8	1/8
Redundância	1/4	1/2	1/3	1/4	3	1	1/4	1/4
Flexibilidade Nova Unidade	2	5	6	4	8	4	1	1
Esforço Mudança	1/2	4	3	2	8	4	1	1
	4,88	21,67	17,83	9,98	47,00	22,33	3,49	5,46

Matriz de Comparação Normalizada

Critérios	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Flexibilidade Nova Unidade	Esforço Mudança	Prioridade
Capacidade Armazenagem	0,21	0,18	0,22	0,20	0,17	0,18	0,14	0,37	0,21
Flexibilidade Máquina	0,05	0,05	0,02	0,03	0,13	0,09	0,06	0,05	0,06
Investimento	0,05	0,14	0,06	0,03	0,13	0,13	0,05	0,06	0,08
Eficiência Picking	0,10	0,18	0,17	0,10	0,15	0,18	0,07	0,09	0,13
Recursos Humanos	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,02
Redundância	0,05	0,02	0,02	0,03	0,06	0,04	0,07	0,05	0,04
Flexibilidade Nova Unidade	0,41	0,23	0,34	0,40	0,17	0,18	0,29	0,18	0,27
Esforço Mudança	0,10	0,18	0,17	0,20	0,17	0,18	0,29	0,18	0,18

Definição de layout e de modelos de gestão para o armazém de uma unidade industrial de fabrico de elevadores

Avaliação de cada cenário consoante o critério

Capacidade Armazenagem	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1/2	1/4	1
Cenário 2	2	1	1/2	2
Cenário 3	4	2	1	4
Cenário 4	1	1/2	1/4	1
	8,0	4,0	2,0	8,0

Flexibilidade Máquina	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1	2	1
Cenário 2	1	1	2	1
Cenário 3	1/2	1/2	1	1/2
Cenário 4	1	1	2	1
	3,5	3,5	7,0	3,5

Investimento	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	4	8	4
Cenário 2	1/4	1	4	1
Cenário 3	1/8	1/4	1	1/4
Cenário 4	1/4	1	4	1
	1,6	6,3	17,0	6,3

Eficiência Picking	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	2	1/4	2
Cenário 2	1/2	1	1/6	1
Cenário 3	4	6	1	6
Cenário 4	1/2	1	1/6	1
	6,0	10,0	1,6	10,0

Recursos Humanos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1	1/4	1
Cenário 2	1	1	1/4	1
Cenário 3	4	4	1	4
Cenário 4	1	1	1/4	1
	7,0	7,0	1,8	7,0

Matrizes normalizadas

Capacidade Armazenagem	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Cenário 2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Cenário 3	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Cenário 4	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

Flexibilidade Máquina	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Cenário 2	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Cenário 3	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Cenário 4	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29

Investimento	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,62	0,64	0,47	0,64	0,59
Cenário 2	0,15	0,16	0,24	0,16	0,18
Cenário 3	0,08	0,04	0,06	0,04	0,05
Cenário 4	0,15	0,16	0,24	0,16	0,18

Eficiência Picking	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,17	0,20	0,16	0,20	0,18
Cenário 2	0,08	0,10	0,11	0,10	0,10
Cenário 3	0,67	0,60	0,63	0,60	0,62
Cenário 4	0,08	0,10	0,11	0,10	0,10

Recursos Humanos	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Cenário 2	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Cenário 3	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
Cenário 4	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14

Definição de layout e de modelos de gestão para o armazém de uma unidade industrial de fabrico de elevadores

Redundância	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1	6	1
Cenário 2	1	1	6	1
Cenário 3	1/6	1/6	1	1/6
Cenário 4	1	1	6	1
	3,2	3,2	19,0	3,2

Flexibilidade Nova Unidade	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	1	6	1
Cenário 2	1	1	6	1
Cenário 3	1/6	1/6	1	1/6
Cenário 4	1	1	6	1
	3,2	3,2	19,0	3,2

Esforço Mudança	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Cenário 1	1	4	6	4
Cenário 2	1/4	1	2	1
Cenário 3	1/6	1/2	1	1/2
Cenário 4	1/4	1	2	1
	1,7	6,5	11,0	6,5

Redundância	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Cenário 2	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Cenário 3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cenário 4	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32

Flexibilidade Nova Unidade	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Cenário 2	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Cenário 3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cenário 4	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32

Esforço Mudança	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Prioridade
Cenário 1	0,60	0,62	0,55	0,62	0,59
Cenário 2	0,15	0,15	0,18	0,15	0,16
Cenário 3	0,10	0,08	0,09	0,08	0,09
Cenário 4	0,15	0,15	0,18	0,15	0,16

Matriz de Prioridades Globais

	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Flexibilidade Nova Unidade	Esforço Mudança
Cenário 1	0,13	0,29	0,59	0,18	0,14	0,32	0,32	0,59
Cenário 2	0,25	0,29	0,18	0,10	0,14	0,32	0,32	0,16
Cenário 3	0,50	0,14	0,05	0,62	0,57	0,05	0,05	0,09
Cenário 4	0,13	0,29	0,18	0,10	0,14	0,32	0,32	0,16
Prioridade	0,21	0,06	0,08	0,13	0,02	0,04	0,27	0,18

Resultado
0,327
0,228
0,242
0,202

Calcular o rácio de consistência:**Passo 1:** Obter o "Weighted Sum Vector"

Critérios	Capacidade Armazenagem	Flexibilidade Máquina	Investimento	Eficiência Picking	Recursos Humanos	Redundância	Flexibilidade Nova Unidade	Esforço Mudança	Prioridade
Capacidade Armazenagem	1	4	4	2	8	4	1/2	2	0,21
Flexibilidade Máquina	1/4	1	1/3	1/4	6	2	1/5	1/4	0,06
Investimento	1/4	3	1	1/3	6	3	1/6	1/3	0,08
Eficiência Picking	1/2	4	3	1	7	4	1/4	1/2	0,13
Recursos Humanos	1/8	1/6	1/6	1/7	1	1/3	1/8	1/8	0,02
Redundância	1/4	1/2	1/3	1/4	3	1	1/4	1/4	0,04
Flexibilidade Nova Unidade	2	5	6	4	8	4	1	1	0,27
Esforço Mudança	0,5	4	3	2	8	4	1	1	0,18

$$\begin{bmatrix} 0,21 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,10 \\ 0,03 \\ 0,05 \\ 0,42 \\ 0,10 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,23 \\ 0,06 \\ 0,17 \\ 0,23 \\ 0,01 \\ 0,03 \\ 0,29 \\ 0,23 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,33 \\ 0,03 \\ 0,08 \\ 0,24 \\ 0,01 \\ 0,03 \\ 0,49 \\ 0,24 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,26 \\ 0,03 \\ 0,04 \\ 0,13 \\ 0,02 \\ 0,03 \\ 0,52 \\ 0,26 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,15 \\ 0,11 \\ 0,11 \\ 0,13 \\ 0,02 \\ 0,06 \\ 0,15 \\ 0,15 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,17 \\ 0,09 \\ 0,13 \\ 0,17 \\ 0,01 \\ 0,04 \\ 0,17 \\ 0,17 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,14 \\ 0,05 \\ 0,05 \\ 0,07 \\ 0,03 \\ 0,07 \\ 0,27 \\ 0,27 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,37 \\ 0,05 \\ 0,06 \\ 0,09 \\ 0,02 \\ 0,05 \\ 0,18 \\ 0,18 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,86 \\ 0,47 \\ 0,70 \\ 1,18 \\ 0,16 \\ 0,36 \\ 2,50 \\ 1,62 \end{bmatrix} \quad \text{Weighted Sum Vector}$$

Passo 2: Dividir os elementos do vetor pela prioridade de cada critério

Capacidade Armazenagem	8,88
Flexibilidade Máquina	8,16
Investimento	8,62
Eficiência Picking	8,98
Recursos Humanos	8,36
Redundância	8,27
Flexibilidade Nova Unidade	9,10
Esforço Mudança	8,81

Passo 3: Calcular $\lambda_{\max}$

$\lambda_{\max}$	8,65
------------------	------

Passo 4: Calcular CI (Consistency Index)

$\lambda_{\max}$	8,65
n	8

CI	0,0925
----	--------

Passo 4: Calcular CR (Consistency Ratio)

RI (n=8)	1,41
----------	------

CR	0,066
-----------	--------------

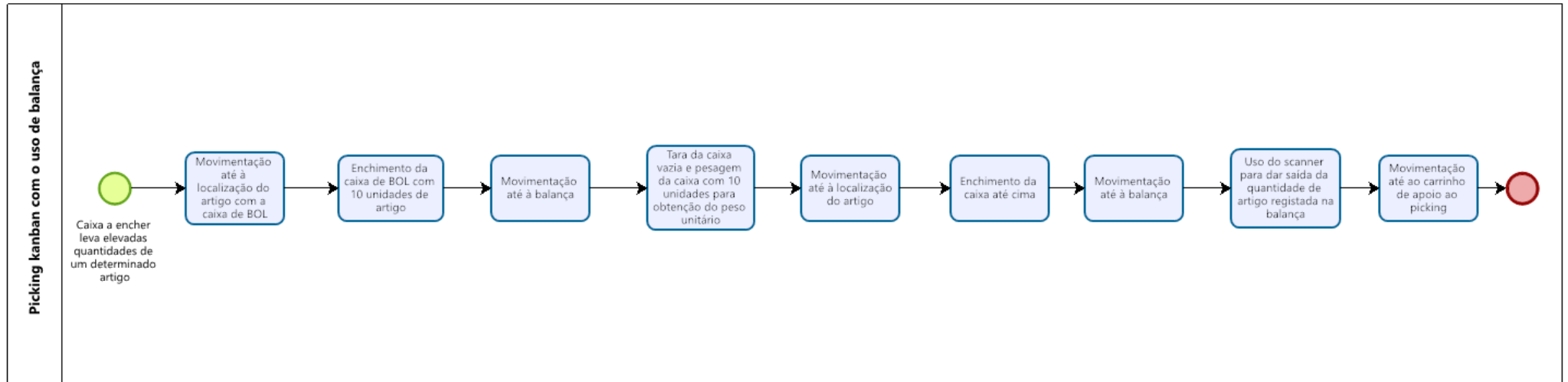
O grau de consistência é aceitável?
(<0,10)

Sim

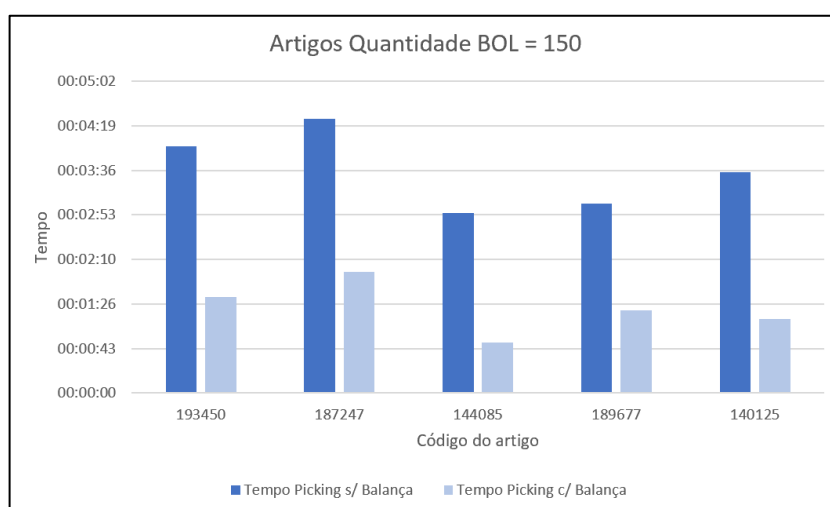
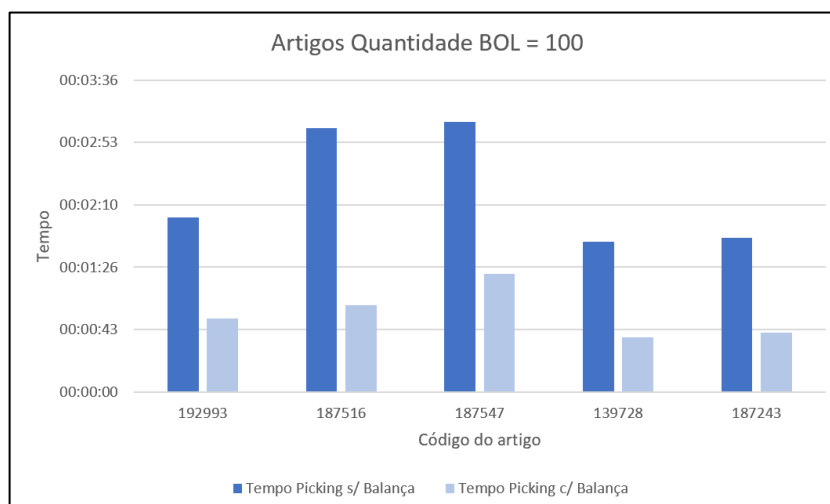
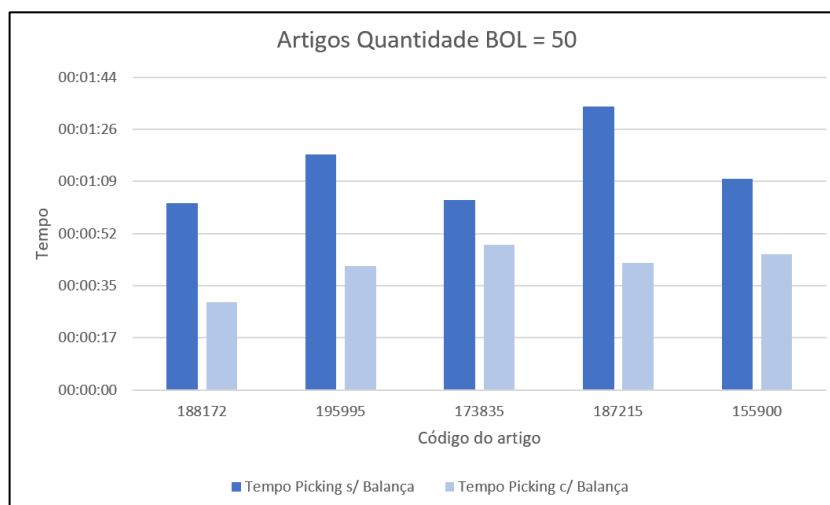
ANEXO E: Excel com as informações de pesos e dimensões de 35 SKUs

Cód. SKU	Classificação ABC	Tipo de caixa	Área Unidade armaz. [m2]	Qtd/Unidade armaz.	Peso por Unidade [kg]	Tipo de armazenamento	Peso por Unidade armaz. [kg]	Stock máx. NV	Qtd Unidades armaz.	Peso máx [kg]	Área necessária [m2]
175433	A	A2	0,028	3000	0,00257	C	7,713	2727	1	7,713	0,028
186789	A	B4	0,234	2650	0,00289	C	7,662	5000	2	14,456	0,468
194731	A	B4	0,234	956	0,00870	C	8,317	1643	2	14,294	0,468
193427	A	A2	0,028	2500	0,00146	C	3,660	738	1	3,660	0,028
193818	A	B4	0,234	860	0,02119	C	18,227	3413	2	72,335	0,468
170496	A	A3	0,060	3700	0,00091	C	3,383	2309	1	3,383	0,060
186803	A	B4	0,234	956	0,06636	C	63,435	1278	2	84,802	0,468
192989	A	A3	0,060	300	0,01208	C	3,623	240	1	3,623	0,060
186792	A	B4	0,234	350	0,11500	C	40,250	400	2	46,000	0,468
187678	A	A3	0,060	900	0,00534	C	4,810	1380	2	7,375	0,120
193719	A	B4	0,234	100	0,20465	C	20,465	1000	2	204,650	0,468
188248	B	A1	0,013	900	0,00239	C	2,147	306	1	2,147	0,013
187785	B	B4	0,234	100	0,12780	C	12,780	100	1	12,780	0,234
188172	B	B2	0,057	400	0,01588	C	6,350	300	1	6,350	0,057
186776	B	B4	0,234	68	0,25875	C	17,595	100	2	25,875	0,468
187678	B	A3	0,060	900	0,00534	C	4,810	1380	2	7,375	0,120
186777	B	B4	0,234	71	0,25875	C	18,371	140	2	36,225	0,468
189524	B	B4	0,234	468	0,03890	C	18,205	1600	2	62,240	0,468
187225	B	B4	0,234	717	0,07586	C	54,392	757	2	57,426	0,468
173835	B	B3	0,143	1980	0,00501	C	9,920	1186	1	9,920	0,143
193849	B	B4	0,234	280	0,01845	C	5,165	270	1	5,165	0,234
194901	B	A3	0,060	3000	0,01134	C	34,017	5945	2	67,410	0,120
172896	B	A3	0,060	280	0,01845	C	5,165	300	2	5,534	0,120
142521	B	B3	0,143	2450	0,00666	C	16,323	3500	2	23,319	0,285
176482	B	A2	0,028	500	0,01732	C	8,660	400	1	8,660	0,028
140125	B	A3	0,060	900	0,00709	C	6,383	1781	2	12,631	0,120
188822	C	B3	0,143	540	0,10764	C	58,127	250	1	58,127	0,143
187547	C	B3	0,143	540	0,10764	C	58,127	300	1	58,127	0,143
153196	C	B2	0,057	1300	0,01570	C	20,405	25	1	20,405	0,057
144361	C	A2	0,028	470	0,00374	C	1,760	334	1	1,760	0,028
175434	C	A2	0,028	1900	0,00156	C	2,970	1921	2	3,003	0,056
193432	C	A3	0,060	870	0,00593	C	5,160	400	1	5,160	0,060
187784	C	B4	0,234	100	0,05220	C	5,220	30	1	5,220	0,234
182915	C	A2	0,028	2250	0,00050	C	1,125	446	1	1,125	0,028
189854	C	B3	0,143	200	0,12185	C	24,370	400	2	48,740	0,285

ANEXO F: Mapa de processo do *picking* com uso de balança



ANEXO G: Gráficos dos tempos de *picking* com e sem o uso de balança



ANEXO H: Auditoria de housekeeping - Armazém S23



Checklist de HouseKeeping

Equipa: S23

Colaborador: Catarina Camilo

Data: 31/05/2021

Nº	CRITÉRIO	AVALIAÇÃO					COMENTÁRIOS
		Muito Mau	Fraque	Médio	Bom	Muito Bom	
		0	1	2	3	4	
1	As paletes e caixas de matérias-primas estão claramente rotuladas com o código de produto?		X				Existem várias caixas/paletes de artigos não identificados ou mal identificados.
2	Stocks desnecessários e elementos estranhos a operação?			X			Existem alguns artigos cujo stock é exagerado, principalmente artigos de fabrico.
3	As áreas de stocks, encontram-se identificadas e delimitadas, sem obstruções que possam impedir a sua correta utilização?		X				As áreas encontram-se delimitadas mas muito obstruídas por material no chão.
4	As áreas de trabalho encontram-se em ordem, organizadas e arrumadas?				X		A área de trabalho encontra-se organizada.
5	Danos estruturais ou deformidades nas prateleiras?				X		No geral, as prateleiras encontram-se em bom estado, exceto as da estante de rolos, cujos rolos estão, na sua maioria, partidos.
6	As prateleiras têm elementos de segurança que impeçam os materiais de cair e em bom estado?		X				As prateleiras dos patamares superiores são usadas e não possuem elementos de segurança para impedir a queda dos materiais.
7	Os corredores estão limpos?					X	_____
8	Os pavimentos não apresentam danos, resíduos, derrames?					X	_____
9	Apenas estão no local cintas sem qualquer deformação e em bom estado para utilização?					X	_____
10	A reciclagem é realizada?					X	_____
11	Os cabos/tes de lixo são utilizados para apenas materiais apropriados.					X	_____
12	Equipamentos / ferramentas não utilizados são corretamente armazenados nos locais próprios				X		Nem sempre (é possível encontrar carrinhos e escadotes a bloquear caminhos)
13	Os equipamentos e máquinas estão limpos?					X	_____
14	Estão apenas presentes nos postos de trabalho os documentos necessários à operação?					X	_____
15	Estão a ser realizados os registos de entradas e saídas dos materiais ao dia?					X	_____
16	A Instrução de Segurança (IS.ME.025) do empilhador está colocada e bem visível				X		Poderia estar mais visível.
17	As Instruções de trabalho (IT's) das áreas estão atualizadas e disponíveis?					X	_____
18	Todos os artigos estão normalizados com Kanban?			X			_____
19	Existe quadro de linha, sequenciador, ponto (s) de limpeza, área de NCF's e sinalética da área?					X	_____
20	Todas as saídas de emergência estão desobstruídas					X	_____
21	Os sinais de segurança estão claramente visíveis			X			_____
22	Existem exemplos visuais de melhorias implementadas na área?		X				_____
23	O plano de ações da área está atualizado?		X				Com o início da pandemia deixou de ser atualizado com regularidade.

Legenda:

- 1 - 1,75 Muito Mau
- 1,76 - 2,5 Mau
- 2,6 - 3,25 Bom
- 3,26 - 4 Muito Bom

ma0914.012 / v1.0

Resultado: 2,913

