



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carlos Daniel Ribeiro da Silva

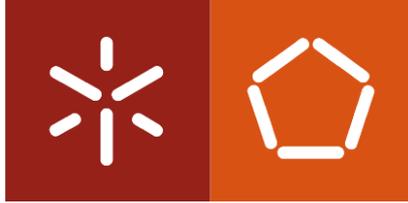
**Otimização do corte para minimização do
desperdício de alumínio**

Otimização do corte para minimização do
desperdício de alumínio

Carlos Daniel Ribeiro da Silva

UMinho | 2021

Dezembro de 2021



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Carlos Daniel Ribeiro da Silva

Otimização do corte para minimização do desperdício de alumínio

Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Cláudio Manuel Martins Alves

Dezembro de 2021

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho

NOTA: A licença pode ser diferente! Ver despacho!



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Não posso deixar de agradecer às pessoas que tiveram um contributo especial na realização deste projeto.

Em primeiro lugar, quero agradecer à Gardengate por me proporcionar esta primeira oportunidade de Estágio. Obrigado por todos os ensinamentos transmitidos e por toda a simpatia com que o fizeram. Agradeço especialmente ao Sr. Araújo do Corte, a todos os operadores do Corte por toda a generosidade, à Mariana, à Rafaela e também ao Eng. Ângelo Pereira pelos ensinamentos transmitidos.

Um agradecimento especial à Eng^a Sara por toda a ajuda. Obrigado do fundo do coração por toda a paciência, pela simpatia, por todos os conselhos e pela tua amizade.

De seguida, agradecer a todos os meus verdadeiros amigos que me acompanharam ao longo destes anos. Não consigo expor em palavras e agradecer tudo o que fizeram e continuam a fazer por mim. Obrigado por todos os momentos.

Ao meu orientador, Professor Doutor Cláudio Alves, agradeço imenso o apoio, disponibilidade prestada, simpatia e por todos os ensinamentos que me transmitiu na elaboração do presente trabalho.

Por último, agradecer às pessoas mais especiais da minha vida.

Pai e Mãe, obrigado por tudo o que fizeram por mim ao longo destes anos e por me apoiarem em tudo. São a minha maior inspiração e o meu suporte para o resto da minha vida.

Ao Simão, por ser o meu “pequenino” para a vida toda. Todas as minhas conquistas também são as tuas, e vice-versa. Sempre.

O meu sincero obrigado a todos,

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Otimização do corte para minimização do desperdício de alumínio

RESUMO

O presente projeto de dissertação foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, efetuado numa unidade fabril do grupo Gardengate, em Amares.

Este resumo descreve a implementação de uma ferramenta que auxilia o processo de corte de barras de alumínio, numa empresa que produz portões de alumínio. O principal objetivo da tese passa por aumentar a produtividade da unidade fabril em questão diminuindo os níveis de sucata gerados mensalmente, bem como a melhoria de outros processos inerentes à mesma secção do corte.

A ferramenta acima descrita foi desenvolvida em *Microsoft Access* e, posteriormente, testada no chão de fábrica da unidade fabril. Foram gerados resultados e planos de corte mais eficientes que os já utilizados. Todavia, diversas questões se levantaram nesta secção do corte. Outros fatores como tempo produtivo, entropia do fluxo produtivo e causas de anomalias na matéria prima provinda dos fornecedores acabam por comprometer a ferramenta mencionada acima.

Ainda assim, outras melhorias foram propostas e implementadas sob o ponto de vista do pensamento *Lean Production*. A aplicação de novas metodologias com o auxílio das ferramentas *Lean* permitiu um desenvolvimento sustentável, eficiente e com menos desperdícios associados, ou seja, o uso destas ferramentas permite eliminar tudo o que não agrega valor para o cliente.

PALAVRAS-CHAVE

Ferramenta; *Lean*; Matéria prima; Produtividade

Cutting optimization to minimize aluminium waste

ABSTRACT

This dissertation was developed within the scope of the Integrated Master in Industrial Engineering and Management, carried out in a factory of the Gardengate group, in Amares, Portugal.

It describes the implementation of a tool that helps the process of cutting aluminium bars, in a company that produces aluminium gates. The main objective of the thesis is to increase the productivity of the manufacturing unit, reducing the levels of scrap generated monthly, as well as improving other processes in the same section of the cut.

The tool described above was developed in Microsoft Access and later tested on the factory. More efficient results and cutting plans were generated than those already used. However, other questions arose since other factors such as production time, production flow entropy and causes of anomalies in the raw material from suppliers end up compromising the tool mentioned above.

Still, other improvements were proposed and implemented taking into account Lean Production.

The application of new methodologies with the help of Lean tools allowed a sustainable, efficient development with less associated waste where the use of these tools allows eliminating everything that does not add value to the customer.

KEYWORDS

Tool; Lean; Raw material; Productivity

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xii
1. Introdução	13
1.1 Enquadramento	13
1.2 Objetivos.....	14
1.3 Metodologia de Investigação.....	14
1.4 Estrutura da Dissertação	15
2. Revisão de Literatura	16
2.1 Os problemas do corte	16
2.1.1 Heurísticas para os problemas de corte e empacotamento.....	18
2.2 <i>Lean Production</i>	20
2.2.1 Origem e evolução do <i>Lean</i>	20
2.2.2 Princípios do <i>Lean</i>	21
2.2.3 Tipos de desperdícios	21
2.2.4 Ferramentas <i>Lean</i>	23
3. Grupo Gardengate.....	28
3.1 História do Grupo	28
3.2 Marcas do Grupo	29
3.3 Organização do Grupo Gardengate	31
3.4 Missão, Visão e Valores do grupo.....	32
3.5 Gardengate S.A.	33
3.5.1 UF3.....	34
4. Descrição e análise crítica da situação atual	42

4.1	Receção e Armazenamento da matéria-prima	42
4.2	Processo de corte	43
4.2.1	Máquinas de corte	44
4.2.2	Planeamento de corte.....	46
4.2.3	Materiais de apoio à produção	48
4.2.4	Operação de corte	48
4.2.5	Análise de reposições	49
4.2.6	Operadores do corte	51
4.3	Análise de referências mais consumidas.....	52
4.4	Caracterização e análise de não conformidades	52
4.5	Análise de desperdícios	57
4.5.1	Indicadores de sucata.....	57
4.5.2	Causas de desperdícios	57
4.5.3	Indicadores de Produtividade	59
4.6	Reuniões <i>Kaizen</i> e Planos de Ação	59
5.	Propostas de melhoria	61
5.1	Otimização do corte	61
5.1.1	<i>Cutting Optimization Pro</i>	61
5.1.2	Ferramenta em VBA – <i>Excel</i>	62
5.1.3	Ferramenta em <i>Access</i>	64
5.1.4	Teste da ferramenta em <i>Access</i>	67
5.1.5	<i>Software</i> da IBM – <i>IBMCplexOptimization</i>	68
5.1.6	Comparação do <i>software</i> em <i>Access</i> e o IBM Cplex Optimization Studio	69
5.2	Alteração dos carrinhos de sobras	69
6.	Conclusão	71
6.1	Conclusões	71
6.2	Trabalho Futuro	73
7.	Referências Bibliográficas	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologias de Investigação	15
Figura 2 - Caracterização de desperdícios	22
Figura 3 - Etapas das Instruções de Trabalho	27
Figura 4 - História do Grupo.....	29
Figura 5 - Logótipo do Grupo.....	29
Figura 6 - Organigrama do Grupo.....	32
Figura 7 - Exemplos de Produtos.....	34
Figura 8 - Unidade Fabril 3 (UF3).....	34
Figura 9 - Organigrama da UF3.....	35
Figura 10 - Características do Produto final da UF3.....	35
Figura 11 - Exemplos de Produtos Finais da UF3	36
Figura 12 - Layout da UF3	37
Figura 13 - Linhas de Montagem da UF3	41
Figura 14 - Exemplo da imagem da ficha de fabrico	41
Figura 15 - Receção e armazenamento da matéria prima	43
Figura 16 - Zona de Trabalho do Corte	44
Figura 17 - Posicionamento do material na máquina	44
Figura 18 - Interface da máquina de Corte	45
Figura 19 - Gaveta da máquina do Corte	46
Figura 20 - Exemplo da lista de Corte.....	47
Figura 21 - Carrinho de sobras - Atual	48
Figura 22 - Posicionamento de material na máquina	49
Figura 23 - Causas de Reposições	50
Figura 24 - Folha de Registo de Apoio à UF3.....	51
Figura 25 - Matriz de Competências.....	51
Figura 26 - Dashboard de Sucata.....	57
Figura 27 - Diagrama de Ishikawa.....	58
Figura 28 - Indicadores de Produtividade	59
Figura 29 - Interface do Software Cutting Optimization Pro	62

Figura 30 - Interface da ferramenta em Excel	63
Figura 31 - Interface "OPTI_BASE" da ferramenta em Access	64
Figura 32 - Interface "OPTI_LIST" da ferramenta em Access	65
Figura 33 - Interface "Desperdício" da ferramenta em Access	66
Figura 34 - Interface "OPTI_LIST_QUERY2" da ferramenta em Access	66
Figura 35 - Primeira proposta da alteração do carrinho de sobras	70
Figura 36 - Proposta final de alteração do carrinho de sobras.....	70

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Máquinas de Corte	39
Tabela 2 - Análise ABC das referências mais consumidas.....	52
Tabela 3 - Caraterização dos defeitos	53
Tabela 4 - Reunião Kaizen quinzenal da UF3.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

MP: Matéria prima

UF3: Unidade Fabril 3

UF: Unidade Fabril

CSP: *Cutting Stock Problem*

1DCSPUL: *One-dimensional cutting stock problem with usable leftovers*

FFD: *First-Fit Decreasing*

BFD: *Best-Fit Decreasing*

MTO: *Make to order*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Com o constante avanço tecnológico e industrial torna-se imprescindível que as empresas acompanhem a evolução dos tempos, melhorando os seus métodos e processos já existentes. Atualmente, com o custo das matérias-primas em constante valorização e com os custos de transporte cada vez mais inflacionados, as empresas sentem a necessidade de aproveitar ao máximo os seus recursos.

Desta forma, a engenharia aliada à tecnologia utiliza vários métodos de forma a tentar minimizar os custos produtivos. Os problemas associados ao corte, existem no fabrico de inúmeros produtos nas mais variadas indústrias. Justamente, o processo de corte, deveras preponderante nestas empresas, é classificado como algo fundamental a otimizar.

O Grupo Gardengate consolida um grupo de sociedades que se demarca, desde o ano de 1998, no setor da indústria de alumínio. Distinguindo-se no desenvolvimento, fabrico e comercialização de soluções de alumínio para todo o envolvente de uma habitação, incluindo portões, portas, portadas, entre outros. Com sede em Braga, e unidades fabris nos concelhos de Braga, Amares e Guimarães, tem uma presença internacional marcante visto que exporta mais de 90% do volume total, nomeadamente para o mercado europeu.

A primeira etapa do processo produtivo passa por cortar alumínio (principal matéria-prima consumida pela empresa), para posteriormente maquinar de forma a montar o produto final. No que concerne ao processo de corte, a empresa compra as barras de alumínio em bruto com um comprimento total de 6.5 metros. As mesmas barras são cortadas com o auxílio de 6 máquinas de corte (de duas cabeças automáticas) que auxiliam o processo acima descrito. Este procedimento industrial revela-se bastante crítico.

Mensalmente são geradas grandes quantidades de desperdício de alumínio, refletindo um avultado custo para a empresa. A complexidade dos artigos a produzir, a possível personalização por parte dos clientes e a inconformidade da matéria-prima, acredita-se que está na base deste mesmo desperdício. Deste modo, este é o grande desafio da presente dissertação, uma vez que, um pequeno decréscimo da

percentagem desperdício de matéria-prima (MP) traduz uma enorme poupança e um ganho significativo para a organização.

1.2 Objetivos

O presente projeto de dissertação tem como objetivo a criação de uma ferramenta em *MS Access* para auxiliar o processo de corte da Unidade Fabril 3 (UF3) do grupo Gardengate, situada em Amares. Tem ainda como objetivo estudar esta zona de trabalho e propor algumas melhorias intrínsecas à mesma.

Mais concretamente, os objetivos são:

- Quantificar a percentagem de desperdício de alumínio;
- Identificar quais as principais causas deste desperdício;
- Estudar a combinação de medidas utilizadas no processo de corte;
- Estudar o *layout* da zona do corte;
- Implementar medidas passíveis de melhorar esta zona de trabalho.

1.3 Metodologia de Investigação

O trabalho foi desenvolvido mediante a adoção da metodologia de Investigação Ação.

Justamente, trata-se de um processo emergente e interativo de investigação, que tem como propósito desenvolver soluções para problemas reais das organizações, através de uma abordagem participativa e colaborativa, que utiliza diversas formas de conhecimento, e que terão implicações para os participantes e para a organização para além do projeto de investigação. (Coughlan & Coughlan, 2002)

O objetivo de uma estratégia de investigação de Ação é promover a aprendizagem organizacional para produzir resultados práticos através da identificação de questões, planeamento de ações, tomada de medidas e avaliação das ações a desenvolver.

Esta estratégia tem início num contexto específico e é introduzida com uma questão de investigação.

Não obstante, o método funciona através de várias fases e o foco da questão pode vir a sofrer alterações uma vez que a investigação continua a ser desenvolvida.

As fases da investigação (Figura 1) envolvem um processo de diagnosticar questões, planear ações, tomar medidas e avaliar as mesmas ações.

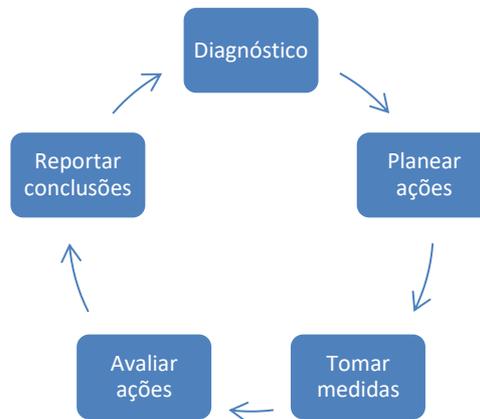


Figura 1 - Metodologias de Investigação

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. No primeiro capítulo, é feita a introdução do projeto em questão, através do enquadramento do tema, dos objetivos propostos e da metodologia de investigação utilizada. De seguida, o segundo capítulo, é dedicado à explicação de fundamentos teóricos que serviram de base à realização do projeto.

Posteriormente, no terceiro capítulo é feita uma breve apresentação do Grupo empresarial em questão, pormenorizando a UF onde o trabalho foi desenvolvido.

No capítulo quatro, é descrita e analisada a situação atual da UF3, especificando o processo do corte. São ainda mencionadas algumas das referências mais consumidas nesta área da empresa bem como uma análise mais profunda dos desperdícios, peças resultantes do processo de corte.

No penúltimo capítulo, são apresentadas as propostas de melhoria relativas à otimização do corte com a comparação e a explicação de algumas das ferramentas estudadas para este efeito. São ainda sugeridas outras propostas de melhoria inerentes a esta secção da empresa.

Para concluir, no sexto capítulo, são descritas as conclusões do projeto efetuado, apresentando os resultados alcançados e as oportunidades de trabalho futuro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Os problemas do corte

Os problemas de corte são parte integrante dos mais diversos processos de fabricação e estendem-se às mais variadas indústrias, independentemente da área em que as mesmas operam. De forma a garantir um produto final de qualidade e eficiente, a gestão industrial procura minimizar os custos associados à produção.

O processo de corte, comum e preponderante nestas empresas, desempenha um papel importantíssimo uma vez que é algo que todas as indústrias procuram otimizar. (Yang et al., 2006)

Nas últimas décadas, os problemas de corte têm sido alvo de estudo por um grande número de investigadores.

Os objetivos destes problemas podem ser explicados pela sua aplicação prática e pelos constantes desafios que despertam na indústria, uma vez que, uma pequena melhoria pode traduzir uma poupança significativa. Apesar da aparente simplicidade, os problemas de CSP são normalmente difíceis de resolver. (Gradisar & Trkman, 2005)

Estamos perante um tema sensível uma vez que existem inúmeros fatores que influenciam os problemas de corte. Existe uma grande variedade de restrições associadas a estes problemas. Esta realidade explica o grande número de artigos científicos existentes pois é um tema que pode variar a cada realidade empresarial a estudar.

De acordo com (Cherri et al., 2014), um processo de corte consiste em cortar um conjunto de peças (que podemos chamar de objetos) a fim de produzir peças com um tamanho menor (a que chamamos de itens), em determinadas quantidades, tendo como objetivo otimizar uma função objetivo.

Existem vários tipos de problemas de corte e empacotamento. (Wa et al., 2007) Wascher e os restantes autores desenvolveram uma tipologia abrangente que classifica os diferentes problemas de corte, consoante as seguintes características:

Dimensão

- **Unidimensional:** define o corte em apenas uma dimensão, comprimento.
- **Bidimensional:** define o corte em duas dimensões, largura e comprimento.
- **Tridimensional:** define o corte em três dimensões, comprimento, largura e altura.

Tipos de atribuição

- **Maximização das saídas:** tem como objetivo alocar os itens de modo a maximizar o seu valor total.
- **Minimização das entradas:** tem como objetivo minimizar os custos incorridos na alocação do material.

Variedade dos itens

- **Forma geométrica regular** – quadrados, retângulos, círculos, cubos...
- **Forma geométrica não regular** – tudo o resto que não seja possível associar a uma figura geométrica.

Existem ainda outras características que auxiliam a considerar os problemas de corte. Neste caso em concreto, como a empresa em questão apenas faz o corte transversal das barras de alumínio apenas é aprofundado o corte a uma dimensão.

À medida que o processo de corte vai progredindo no tempo, sobras são inevitavelmente geradas. Algumas empresas têm a possibilidade de usar estes itens que sobram de cortes precedentes, desde que o seu tamanho não seja subitamente pequeno.

Muitos problemas de corte baseiam-se no princípio da reutilização das sobras o que pode resultar em planos de corte extremamente vantajosos.

Desta forma, é assim apresentado o problema de corte unidimensional com o uso de sobras, 1DCSPUL. (Cherri et al., 2009)

De realçar que, para uma peça se tornar sobra tem de respeitar certos requisitos. Dependendo do problema e da realidade que procuramos confrontar, existe um limite mínimo para qual cada item pode ser classificado como sobra.

Caso o seu comprimento não exceda este limite inferior, o item passa a ser classificado como desperdício (sucata).

2.1.1 Heurísticas para os problemas de corte e empacotamento

Nesta secção, são descritas duas heurísticas que estão entre as mais usadas da literatura. Também nesta dissertação, serviram de suporte à ferramenta criada.

A Heurística **First-Fit-Decreasing**, primeiramente ordena todos os itens a cortar por ordem decrescente. De seguida, o código irá ser percorrido e aloca-se cada item na primeira barra capaz de o introduzir (seguindo a ordem de abertura de barras). Quando não restar espaço disponível, uma nova barra é aberta e o item alocado neste novo espaço. Este raciocínio é seguido até o último item ser alocado.

Pseudo-Código FFD:

- (1) Ordenar todos os itens por ordem decrescente de tamanho
- (2) Para todos os itens $i=1\dots n$ fazer
- (3) **Para** todas as barras $j=1\dots n$ fazer
- (4) **Se** o item i couber na barra j então
- (5) Alocar item i na barra j
- (6) Parar e avançar com o próximo item
- (7) Fim **se**
- (8) Fim **Para**
- (9) **Se** o item i não couber em alguma das barras abertas então

- (10) Abrir nova barra e colocar item i
- (11) Fim **Se**
- (12) Fim

Por outro lado, a Heurística **Best-Fit-Decreasing**, em primeiro lugar ordena os itens por ordem decrescente. Neste caso em concreto, o método de alocação é um pouco diferente da heurística em cima explicada. No **BFD**, o item é alocado na barra onde o desperdício da soma das medidas for menor.

Pseudo-Código BFD:

- (1) Ordenar todos os itens por ordem decrescente de tamanho
- (2) Para todos os itens $i=1\dots n$ fazer
- (3) desperdicio_min:=tamanho_da_barra; barra_escolhida:=0;
- (4) **Para** todas as barras $j=1\dots n$ fazer
- (5) **Se** o desperdício gerado por colocar o item i na barra j \leq
desperdicio_min então
- (6) desperdicio_min:=desperdicio gerado por colocar o item i na barra j;
- (7) barra_escolhida:=j;
- (8) Fim **se**
- (9) Fim **Para**
- (10) Alocar item i a barra_escolhida
- (11) Parar e avançar com o próximo item
- (12) **Se** o item i não couber em nenhuma das barras abertas então
- (13) Abrir nova barra e colocar item i
- (14) Fim **Se**
- (15) Fim

2.2 *Lean Production*

A filosofia *Lean* pode ser considerada uma filosofia de gestão impulsionada por um conjunto de princípios com foco na melhoria contínua, que procura reduzir desperdícios enquanto aumenta a produtividade e a qualidade. (Womack et al., 2007)

2.2.1 Origem e evolução do *Lean*

Após o término da primeira Guerra Mundial, o norte-americano Henry Ford revolucionou a indústria automóvel com a produção de um dos primeiros modelos da sua empresa, a Ford Model T. Uma linha de produção móvel, aliada a uma produção em massa, acabou por estabelecer um padrão na prática industrial alastrando-se um pouco por todo o mundo.

No Japão pela mesma altura, os líderes da *Toyota* tiveram a necessidade de se reinventarem para solucionar o problema que enfrentavam, a escassez de recursos. A economia japonesa enfrentava um período de recessão o que levou a indústria a adaptar o modelo de produção em massa proposto nos Estados Unidos da América.

Desta forma, a *Toyota Production System* (TPS) dá origem à metodologia *Lean*, desenvolvido por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno.

O modelo proposto diverge do modelo de produção em massa. De modo a reduzir ao máximo os desperdícios e tornar o produto mais eficiente e eficaz, os colaboradores são instruídos para se envolverem em todo o processo e otimizar ao máximo a produção. Esta estratégia rapidamente teve sucesso e as suas repercussões se expandiram pelo mundo fora.

2.2.2 Princípios do *Lean*

Segundo (Womack & Jones, 1997) existem 5 principais princípios que ajudam a descrever a filosofia *Lean*.

- **Identificar valor** – Esta metodologia tem o propósito de eliminar todas as atividades desnecessárias, que não acrescentam valor para o cliente.
 - **Atividades de valor acrescentado** – Atividades indispensáveis que efetivamente ajudam a melhorar o produto final.
 - **Atividades de valor não acrescentado** – Podem ser definidas como atividades que não acrescentam valor aos olhos dos clientes, apenas consomem recursos produtivos mas não contribuem para a valorização do produto final.
- **Definir a cadeia de valor** – É fundamental criar uma sequência de todas as atividades que acrescentam valor.
- **Fluxo Contínuo** – Define-se como a realização contínua de todas estas atividades.
- **Produção Puxada** – Deve ser evitado um excesso de stock e de produção, executando as operações apenas quando necessário.
- **Promover a Melhoria Contínua** – O grande objetivo é atingir a perfeição através da melhoria contínua de todos os processos.

2.2.3 Tipos de desperdícios

Taiichi Ohno, em 1998, classificou como desperdício todas as ações que não acrescentam valor ao produto final. O conceituado antigo engenheiro da *Toyota*, salientou que a eliminação de todo e qualquer desperdício presente num sistema produtivo traduz uma melhor eficiência para a empresa. Assim sendo, listou os diferentes tipos de desperdício. Recentemente foi acrescentado um oitavo desperdício que também se considera deveras importante, conforme mostra a Figura 2.

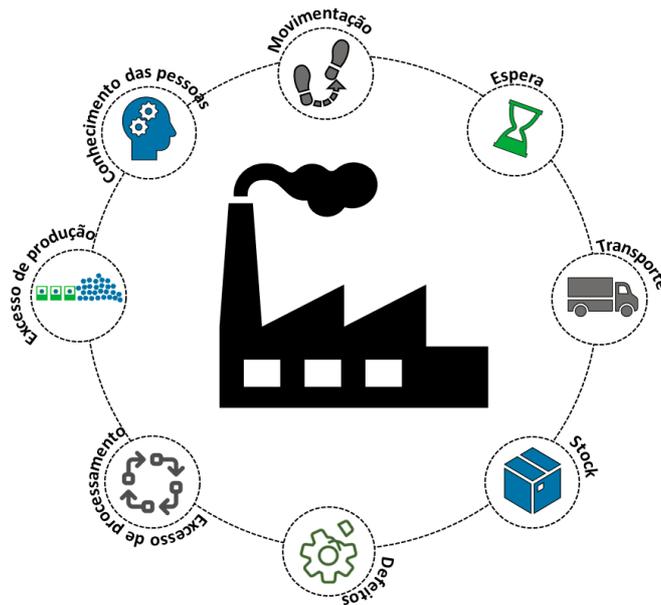


Figura 2 - Caracterização de desperdícios

- **Movimentações** – Movimentação de pessoas ou recursos que não agrega valor para o produto final.
- **Esperas** – Tempo perdido em que o produto não está a ser transportado ou à espera para ser processado.
- **Transporte** – Movimentação desnecessária de materiais ou produtos.
- **Stock** – Excesso de matéria-prima ou de produto acabado.
- **Defeitos** – Produtos que apresentam inconformidades.
- **Excesso de Processamento** – Acréscimo de atividades que não acrescentam valor na visão do cliente.
- **Excesso de Produção** – A procura é excedida e é produzido produto final em quantidade superior ao esperado.
- **Conhecimento das Pessoas** – Quando o conhecimento e as habilidades dos operadores não estão a ser bem aproveitadas.

Esta metodologia tem como objetivo minimizar ao máximo o desperdício nos sistemas produtivos e em simultâneo maximizar a sua produtividade. Face à evolução tecnológica/industrial e com o constante aumento da competitividade entre as empresas, torna-se imprescindível recorrer a algumas das ferramentas que a metodologia *Lean* sustenta.

2.2.4 Ferramentas *Lean*

No artigo (Oliveira et al., 2017), os autores defendem que algumas das ferramentas explicadas no mesmo, permitiram obter propostas extremamente vantajosas para a empresa.

Com o auxílio das ferramentas *Lean* e com uma produção focada na redução de custos e no sistemático aumento do volume de negócios, várias atividades sem valor agregado tendem a ser eliminadas. Ressalvo algumas das ferramentas listadas de extrema importância como o *Value Stream Mapping*, 5S, *Kanban*, Gestão Visual.

Criadas no contexto do *Lean Production*, estas ferramentas procuram organizar a produção, otimizando os seus fluxos com a finalidade de alcançar uma melhor produtividade reduzindo os desperdícios associados. (Gupta & Jain, 2013)

Neste tópico apresento algumas das ferramentas *Lean* mais preponderantes para o desenrolar da presente dissertação:

- ***Kaizen***

As palavras japonesas “Kai” que traduzido significa mudança e “Zen” que indica melhoria, juntas formam a palavra *Kaizen*, ou em português “melhoria contínua”. Massaki Imai, fundador do Kaizen Institute defende que a filosofia por ele criada visa promover melhorias diárias, incluindo todos os colaboradores da empresa e alastrando-se a todas as suas áreas envolventes. (Imai, 1986)

É fundamental que todos as pessoas se encontrem envolvidas e com o mesmo pensamento, uma vez que esta filosofia permite melhorar a qualidade, a cultura, a segurança e a produtividade dentro das organizações. (Imai, 2012)

Para uma melhoria contínua sustentável, existem sete fundamentos imprescindíveis:

1. *Gemba Kaizen*;
2. Eliminação do desperdício;
3. Gestão Visual;
4. Abordagem *Pull Flow*;
5. Processos e resultados;

6. Desenvolvimento das pessoas;
7. Qualidade como a principal prioridade.

- **Diagrama de Ishikawa**

Também apelidado de “Diagrama de Causa-Efeito” ou “Diagrama de Espinha de Peixe” é uma ferramenta criada por Kaoru Ishikawa, no ano de 1940, utilizada para analisar e identificar todas as causas que estão na origem de um dado problema.

Para além de ser usado a nível mundial por várias empresas, esta ferramenta defende que os problemas têm sempre causas específicas e que a melhor forma de solucionar um problema requer uma análise profunda.

O Diagrama de *Ishikawa* consegue ser bastante benéfico para as empresas, especialmente na identificação das causas de um problema de forma simples e concreta. O mesmo, possibilita uma melhoria contínua da organização, envolvendo toda a equipa de determinado processo. (Dobruskin, 2016)

Esta ferramenta de qualidade é regularmente utilizada para resolver um problema ou para conseguir otimizar algum processo com a missão de auxiliar a contribuir para o processo de tomada de decisão de gestão.

O Diagrama de *Ishikawa* permite encontrar, de forma organizada, as causas que possam estar na origem de um problema. Através da organização de ideias e dividido por categorias, leva, conseqüentemente, à fonte/origem de um determinado problema. Para além de permitir alcançar a origem/origens do problema, ajuda a simplificar e analisar o mesmo de forma esquemática e sintetizada.

- **Gestão Visual**

A Gestão Visual é uma prática bastante utilizada na metodologia *Lean*. Trata-se de um método objetivo e eficiente pois torna os indicadores visíveis e fáceis de interpretar. A presente ferramenta é relativamente simples de se aplicar e procura envolver todas as pessoas de um determinado local de trabalho, como forma de melhorar a comunicação entre departamentos e turnos (Curse, 2016). Este instrumento da qualidade, surge como uma forma de comunicar eficazmente e de forma exata atuando

consequentemente na melhoria da priorização das atividades e, também, na importância da eliminação e diminuição de desperdícios.

Conhecida por ser uma ferramenta que facilita a percepção e a identificação dos problemas numa determinada área, permite ainda a visualização dos processos e dos consequentes riscos. Acresce ainda que, torna mais fácil a identificação da discrepância entre uma situação que pode ser ideal e uma situação que exista até à data.

- **Análise ABC**

A análise ABC permite gerir de forma eficiente a logística de determinados produtos. É um instrumento que classifica estrategicamente os produtos em análise de maior para menor importância.

Esta classificação, baseada na Lei de Pareto, divide as variáveis em três classes: A, B e C. A classe de maior relevância corresponde ao A e a menos importante, ao C.

Este instrumento de classificação permite categorizar os produtos de acordo com as suas características e evidencia os produtos que requerem uma gestão mais rigorosa. (Montgomery, 2005)

- **Plano de ação: 5W2H**

Esta ferramenta está integrada nos Princípios do Lean, e é utilizada para determinar algumas ações respondendo a uma sequência de sete perguntas. Através das suas respostas, é possível gerar uma linha de raciocínio que auxilie na elaboração de um plano de ação. (Nagyova et al., 2015)

A sequência de questões deste método está explicada a seguir:

What? – O quê? (O que é preciso fazer?)

Why?- Porquê? (Porque será feito?)

Where? – Onde? (Onde será feito?)

When? – Quando? (Quando será feito?)

Who? – Por quem? (Quem será o responsável?)

How? – Como? (Como será feito?)

How much? – Quanto? (Quanto custará?)

Esta *check list* permite avaliar vários fatores preponderantes de forma a ser possível a elaboração de um plano de ação com um raciocínio coerente. É uma ferramenta de fácil implementação com custos reduzidos associados, que possibilita uma otimização de processos. Através do uso da mesma, é possível antever possíveis erros e defeitos.

- **Tempos e métodos**

Definindo anteriormente a capacidade produtiva, os tempos padrão para cada uma das atividades e de todas as variáveis que as influenciam, a aplicação desta ferramenta visa eliminar desperdícios associados à execução das mais variadas tarefas.

Atua com base no estudo dos métodos e dos tempos, com vista a melhorar os resultados de um determinado percurso de trabalho. Esta distribuição de trabalho racional permite eliminar passos desnecessários como forma de simplificar e, conseqüentemente, melhorar a nível financeiro o próprio trabalho do operário em causa. (Kiris et al., 2021)

- **Matriz Competências**

A Matriz de Competências é uma ferramenta que classifica o *know-how* dos colaboradores para desempenhar determinada tarefa. Permite que o pessoal habilitado a gerir a produção conheça melhor a sua equipa e a torne mais homogénea e capacitada. (Kregel et al., 2019)

Esta matriz, tem como objetivo definir as competências indispensáveis para que o colaborador consiga desempenhar as suas funções adequadamente e de forma objetiva. Para além de ajudar a criar um mapa, ajuda a encontrar os conhecimentos que necessitam ser desenvolvidos no mercado. Coopera ainda no processo de seleção, na montagem do plano de desenvolvimento e na avaliação do desempenho.

- **Instruções de Trabalho/Trabalho padronizado**

Com vista a melhorar a função do colaborador em cada etapa da produção, o trabalho padronizado surge para avaliar quais são as peças fundamentais na produção para, conseqüentemente, melhorar os resultados pretendidos. (Figura 3)

Assim, inicialmente começa por estudar os métodos, por perceber quais as tarefas a realizar pela produção e todos os seus estágios produtivos. Posteriormente, numa segunda fase, define o padrão de forma a sequenciar o processo de produção. Numa penúltima etapa, surge a “medição do trabalho”, para medir o tempo produtivo e, por último, a sequência do trabalho resume-me a sequenciar todo este processo como forma de criar um fluxo produtivo.

O trabalho padronizado permite estabilizar um processo de produção, garantido a qualidade e produtividade, sustentado numa consciência de melhoria contínua interna. (Ungan, 2006)

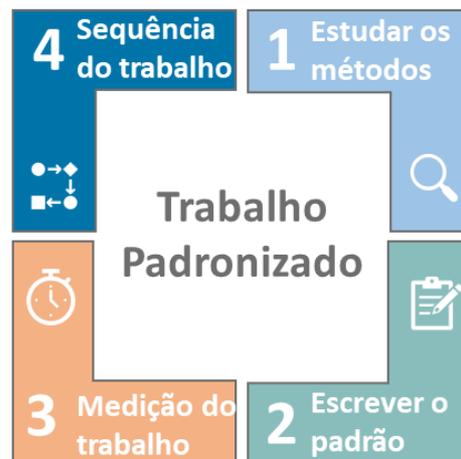


Figura 3 - Etapas das Instruções de Trabalho

3. GRUPO GARDENGATE

3.1 História do Grupo

É fundado em 1998 através da criação da empresa Porta XXI, focada na produção de painéis de alumínio. Devido à qualidade e inovação dos seus designs, estes painéis distinguem-se dos demais e integram uma maioria das portas de entrada comercializadas em território nacional.

É nos anos seguintes que o grupo conquista a liderança no mercado português, consolidando a expansão internacional, principalmente em França e na Bélgica como mercados alvo.

Com a criação da Vidraria e Greendoor no ano de 2005, o grupo vira-se assim para outra área complementar que se assume como parte integrante dos painéis. Foi neste ano que a marca chegou ao mercado alemão através da comercialização de painéis com assinatura da marca Greendoor.

Em 2007 surge a empresa Gardengate com a aposta na diversificação dos produtos, a criação de portões e portas de alumínio com um cunho de qualidade que se torna um fator diferenciador no mercado e torna possível a consolidação europeia.

Seguem-se grandes avanços no grupo com a criação de um Centro de Desenvolvimento para conceber novos produtos e modelos, pensando sempre num desempenho e numa estética irreverente. São inauguradas 3 novas fábricas com escalas de produção diferentes e é lançada a produção de gradeamentos e paliçadas em alumínio.

Em 2020 há uma reestruturação que permite às marcas Gardengate, Porta XXI, GreenDoor e Fruday Courage integrar um único grupo: a Gardengate Group. (Figura 4)

Focados na inovação, design, diversificação de produtos e na otimização e desenvolvimentos de sistema produtivos, o Grupo Gardengate é sinónimo de qualidade e desempenho. A capacidade produtiva, logística e rapidez de resposta permitem personalizar produtos e serviços de acordo com as necessidades de cada cliente.



Figura 4 - História do Grupo

3.2 Marcas do Grupo

A Gardengate Group é composta por quatro empresas (Figura 5) que, com foco na inovação, é líder em vários mercados de países europeus.



Figura 5 - Logótipo do Grupo

Qualidade, capacidade produtiva, logística, rapidez de resposta, inovação e desempenho são algumas das particularidades deste grupo que permitem otimizar os serviços e produtos de acordo com cada cliente.

Assim, o Grupo Gardengate é composto pelas seguintes empresas:

Gardengate: sediada em Adaúfe, Braga tem desde 1998 o objetivo de produzir e comercializar uma



oferta variada de soluções para a habitação. Tem na sua base de produção a matéria-prima alumínio. Esta empresa, dedica-se essencialmente à produção de portas e portões de entrada, gradeamentos, *carports*, portadas, pérgolas e divisórias;

Porta XXI: fundada no ano de 1998, com sede em Adaúfe, produz, desenvolve e comercializa painéis



decorativos em alumínio, injetados em poliuretano, para as portas de entrada. Tem particularidades como o isolamento térmico e acústico. Líder no mercado nacional, destaca-se por valores como: inovação e design dos seus produtos;

Greendoor: desde 2007, a Greendoor é marca integrante da Porta XXI, que se dedica à comercialização



de painéis para mercados estrangeiros, nomeadamente o Alemão.

Friday Courage: é a empresa encarregue da parte da vidraria e da lacagem do alumínio em bruto.



Atua como um fornecedor interno para as restantes marcas do grupo.

3.3 Organização do Grupo Gardengate

O grupo está dividido em 4 áreas funcionais, nomeadamente Comercial, Operações, *Procurement* e Financeira (Figura 6).

O Departamento Comercial é responsável pela parte de apoio ao cliente, inserção de encomendas e elaboração de propostas comerciais. Recentemente, o grupo investiu também num departamento de Marketing, que tem a finalidade de expandir o *branding* do mesmo.

A área de Operações é a que abrange a maior parte dos departamentos do Grupo:

- **Produção**, que engloba todas as unidades fabris do Grupo, ou seja, é onde se desenvolve toda a produção do Grupo, separada por marcas.
- **Supply Chain** ocupa-se das compras e logística do Grupo, negociando com fornecedores.
- **Direção Técnica**, que é composta pelo Dep. de Inovação e Design (ID) que trata do desenvolvimento de novos produtos, da procura de materiais mais sustentáveis ao produto. O departamento que trata das reclamações, o Serviço Após Venda (SAV) e o Gabinete de Apoio à Produção (GAP), que trata de todas as encomendas especiais.
- **Engenharia de Produto**, que é responsável por toda a parametrização dos produtos, pela codificação de artigos e produtos, por desenhar as BOM's (*Bill of Materials*) e indicar as necessidades de fabrico, bem como desenvolver instruções de trabalho automáticas. Neste momento, está a desenhar um configurador industrial, para implementar nas diferentes unidades fabris.
- **Tecnologia**, tem a missão de assegurar todos os sistemas de informação, bem como dar suporte em todas as áreas da informática.
- **Manutenção e Infraestruturas** é responsável por cuidar da limpeza de todos os espaços e preservar todas as infraestruturas do Grupo, bem como a prestação de auxílio nos equipamentos e máquinas das unidades fabris.

A área financeira está entregue ao departamento de Contabilidade, Fiscalidade, Jurídico, Controlo de Crédito e Administrativo Financeiro, capacitados para tratar das finanças e da contabilidade.

No âmbito do *Procurement* estão associados os departamentos de Recursos Humanos, Qualidade e Controlo de Gestão.

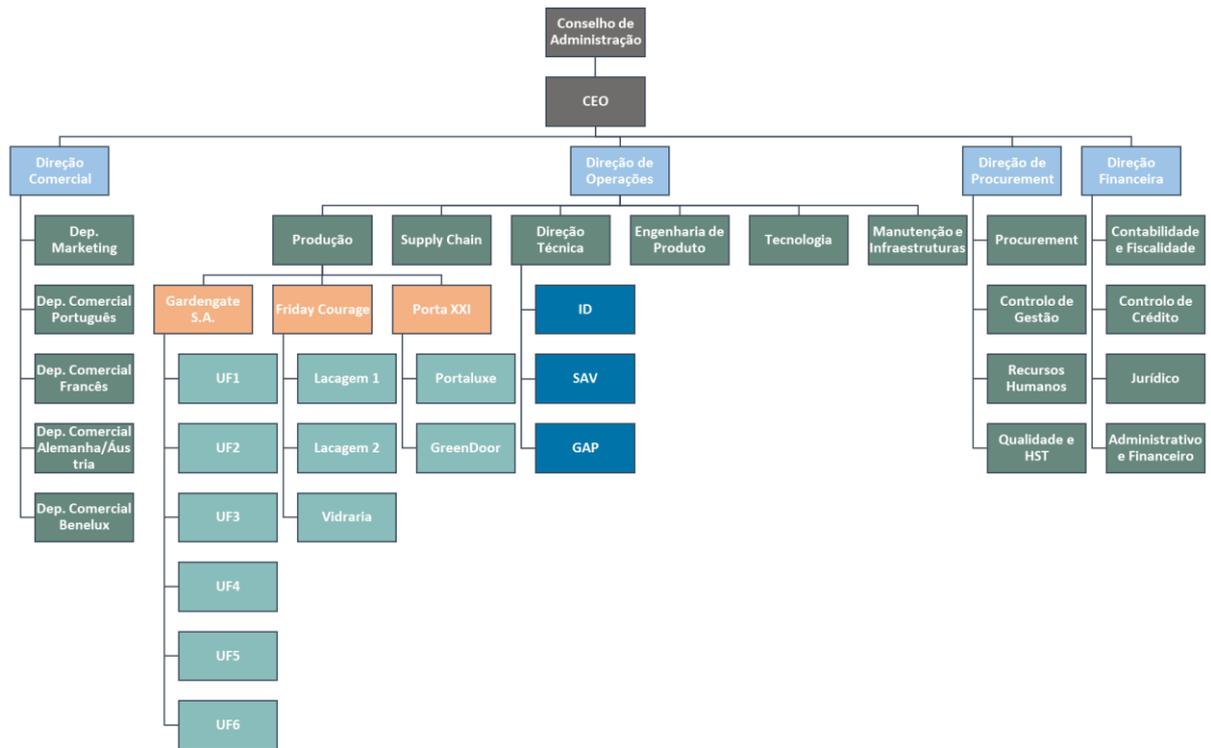


Figura 6 - Organograma do Grupo

3.4 Missão, Visão e Valores do grupo

Nas organizações, bem como nas empresas, a definição da Missão, da Visão e dos Valores convém estar definida conforme os valores de quem a funda, no que acredita. Qualquer empresa bem estruturada tem na sua base estes conceitos definidos como forma de fortalecer a cultura e a sua comunicação organizacional.

Para os resultados surgirem é fundamental que os colaboradores tenham conhecimento deste conjunto de diretrizes e que se identifiquem com elas, desde o primeiro dia que entram na empresa.

- A Missão de uma empresa tem como objetivo comunicar o que a mesma tem para oferecer, qual o seu propósito. No caso da Gardengate, a missão do grupo consiste em valorizar as habitações através do foco na inovação e design, disponibilizando soluções mais sustentáveis, com melhor desempenho, e geradoras de maior segurança e conforto.
- A Visão define-se na forma como uma empresa se vê no futuro, como ambiciona estar num determinado período de tempo. Possuir visão e metas claras, auxilia a estimular o crescimento do negócio. Assim, a visão da Gardengate resume-se em ser o maior fabricante europeu de produtos em alumínio para a envolvente da habitação.

- Os Valores da empresa são o ADN, os ideais, como a empresa se define, o que a organização acredita. Neste ponto é fundamental que os colaboradores se revejam e identifiquem como forma de melhorar a integração e o sentimento de pertença à entidade para que, a longo prazo, surjam resultados positivos. Desta forma, os valores centram-se na humildade, no compromisso, na coragem, na perseverança e na sustentabilidade.

3.5 Gardengate S.A.

A Gardengate S.A. é uma das marcas do grupo. Além de marca, é uma empresa que se dedica ao fabrico de produtos em alumínio (Figura 7).

Com cerca de 400 funcionários, a Gardengate contabiliza atualmente mais de 20.000 m² de área industrial, distribuídos por mais de 6 unidades fabris de produção.

Na vanguarda da inovação e da qualidade, a empresa produz portões e portas de entrada, gradeamentos, *carports*, divisórias e portadas.

Funcionando como B2B para o mercado internacional a empresa vende os produtos para grandes marcas do continente europeu que depois revendem ao consumidor final.

A empresa é composta por várias unidades:

- › UF1, que se dedica à produção de portões standard em série;
- › UF2, que fabrica portas de entrada por medida;
- › UF3, que produz portões customizados;
- › UF4, que se dedica ao fabrico de portões standard em pequenos lotes;
- › UF5, que produz portas de entrada standard em série;
- › UF6 produz grades, postes e *carports*

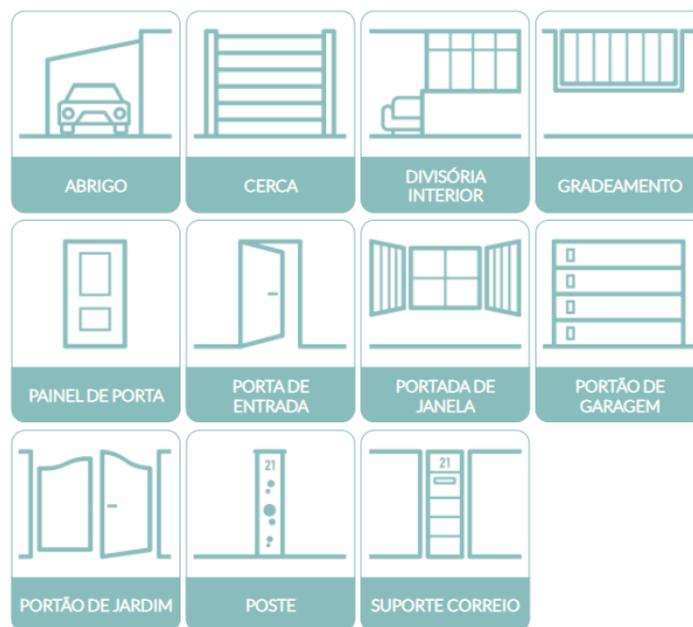


Figura 7 - Exemplos de Produtos

3.5.1 UF3

O estágio foi efetuado na UF3, Unidade Fabril situada em Amares. (Figura 8).

Como foi acima mencionado, na UF3 são produzidos modelos de portões unitários e customizados, não se produz em massa, nem de forma *standard*. O modelo de produção é “Make to Order” (MTO), é produzido por encomenda e não por stock.



Figura 8 - Unidade Fabril 3 (UF3)

Dentro de cada unidade fabril, existe uma hierarquia, que está associada ao organigrama geral do Grupo.

No caso da UF3, podemos observar na Figura 9 a sua constituição:

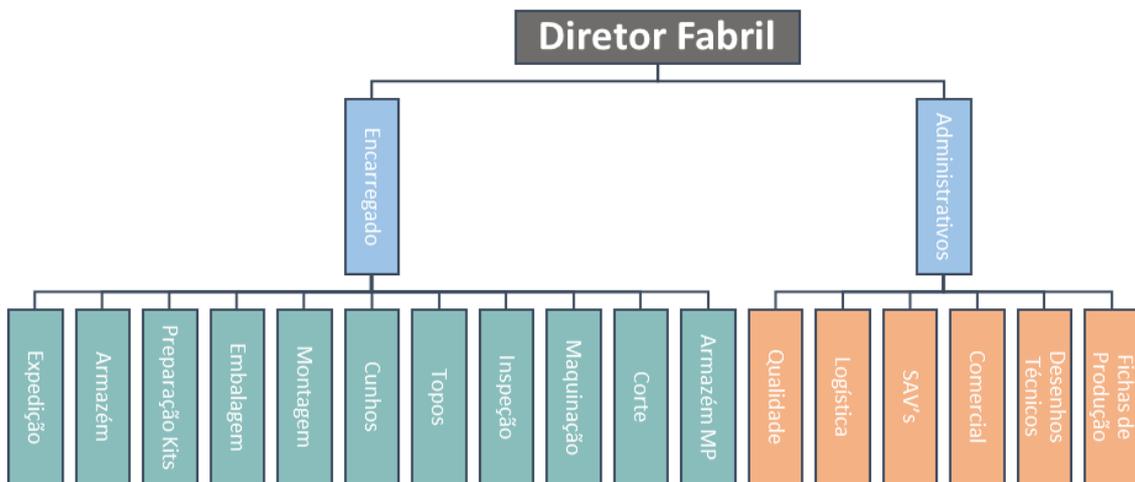


Figura 9 - Organigrama da UF3

- **Diretor Fabril**, que é responsável por toda a fábrica.
- **Encarregado** tem a seu cargo todos os operadores fabris, desbloqueando situações do dia a dia, no chão de fábrica.
- **Administrativos** que prestam auxílio em todas as tarefas necessárias à produção. São, no fundo, a equipa de suporte da unidade fabril.

Na Unidade Fabril em estudo são produzidos portões de abrir e de correr, como mostra a Figura 10. Os mesmos podem ainda ser de uma folha e de duas folhas.

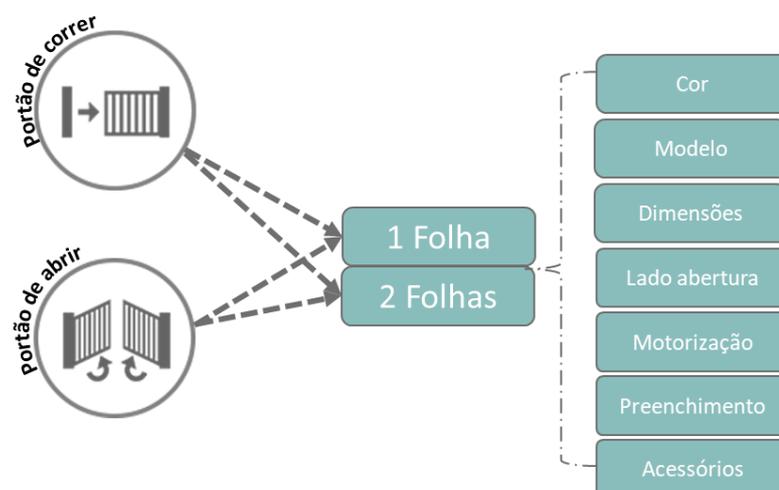


Figura 10 - Características do Produto final da UF3

De modo a perceber o produto final desta unidade, na Figura 11 verificam-se dois exemplos: um portão de correr, de 1 folha e um portão de abrir, de 2 folhas. Existe uma complexidade muito grande de produto. Neste momento são produzidos, aproximadamente, 400 modelos de portões diferentes, sendo que o cliente pode ainda fazer personalizações dentro de determinado modelo escolhido. O portão tem várias variáveis: acabamento, dimensão, lado de abertura, motorização, alteração no preenchimento, entre outras, ou seja, existe uma complexidade enorme de produto final. Na figura abaixo pode-se constatar algumas dessas variantes: quanto ao seu design, é notório que são modelos diferentes. O seu enchimento também varia, o portão de correr é composto por lâminas na horizontal e o de abrir por lâminas na vertical, sendo que estas lâminas são diferentes entre os portões. Quanto à característica da cor, apesar de a cor ser muito idêntica, um cinzento, pode verificar-se que o portão de correr é mais brilhante.



Figura 11 - Exemplos de Produtos Finais da UF3

3.5.1.1 Fluxo da Informação na UF3

O fluxo de informação, desde a encomenda do cliente até à expedição do produto pela UF3, está representado no **Anexo 1**.

O fluxo inicia-se pela encomenda do cliente. A mesma é recebida e validada. Posteriormente, as fichas de fabrico são preparadas e as ordens de produção são emitidas.

De seguida, o material é enviado para a Lacagem, no caso de haver essa necessidade. Este processo pode ser efetuado numa Unidade Fabril do Grupo, (Friday - Lacagem Interna) ou numa empresa subcontratada para o mesmo serviço (Lacagem Externa), dependendo das capacidades de produção.

Após estas etapas, a produção na UF3 é iniciada. Assim que o produto se encontra concluído o mesmo é armazenado até ser expedido.

3.5.1.2 Layout da UF3

Com base na Figura 12, pode observar-se o *layout* da unidade em estudo. Esta está dividida nas seguintes secções:

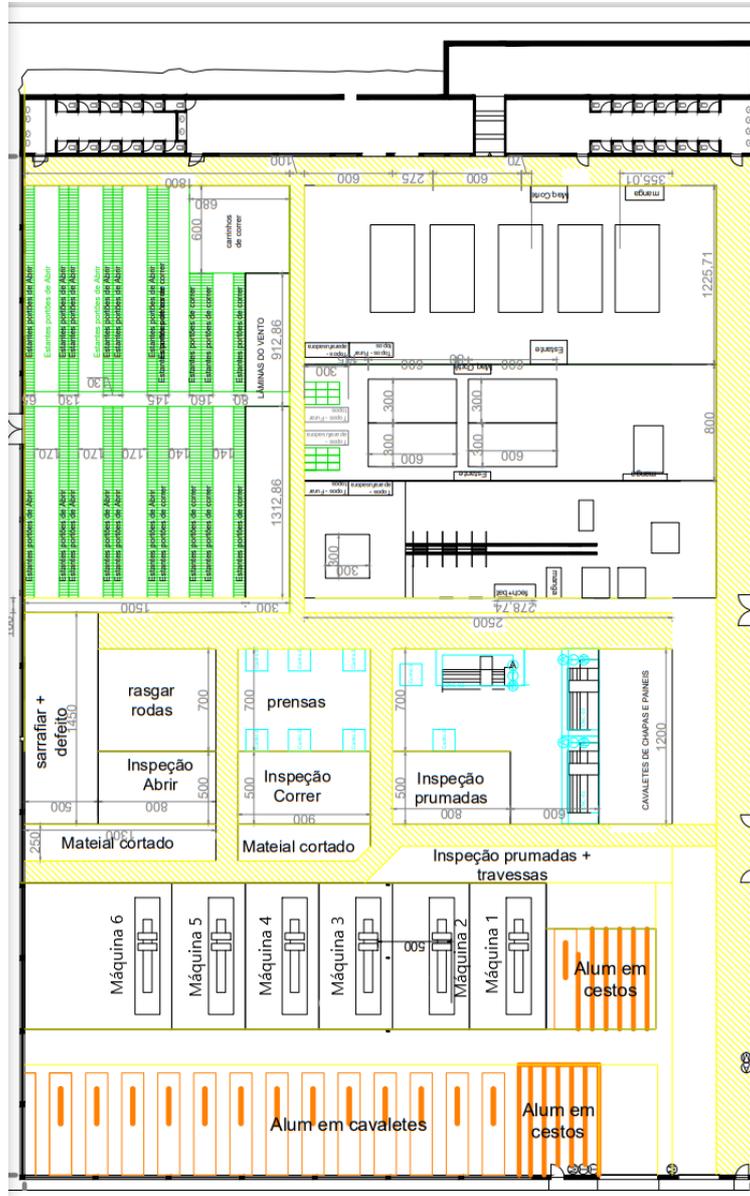


Figura 12 - Layout da UF3

- **Armazém MP:** Local onde é armazenada a matéria-prima. Os perfis estão armazenados em lotes até uma altura máxima de aproximadamente 3 metros que permita que a grua mova o material. Quanto maior a altura do material armazenado, menos lotes a grua pode transportar. Deste modo, não convém que a altura ultrapasse os 3 metros. O material que entra/sai no armazém é todo contabilizado pela Sra. Sara responsável por este setor. É feita uma amostragem

do material rececionado, para controlo de qualidade. Para o material que não se encontra em conformidade elabora-se um relatório com a causa e um pedido de reposição ao fornecedor. O material encontra-se organizado perto das máquinas onde vai ser cortado, para evitar perder demasiado tempo em movimentações. Apenas os dois colaboradores habilitados a movimentar a grua podem manusear o material, a não ser que se trate de uma situação esporádica e o pessoal das máquinas de corte pegue diretamente no material (no caso de uma reposição ou para alguma necessidade urgente da montagem/maquinação).

- **Corte:** A secção do corte é composta por 6 máquinas de corte, como mostra a Tabela 1. Quando são rececionadas as ordens de corte, o responsável pela secção do corte, distribui as mesmas ordens pelas respetivas máquinas. Muitas vezes, o planeamento e gestão das capacidades é feito pela mesma pessoa (uma vez que é um profissional com vastos anos de experiência no mesmo ramo). As máquinas de corte estão organizadas por tipos de perfis, no entanto, por motivos de capacidade, o material pode ser cortado numa máquina diferente.

Tabela 1 - Máquinas de Corte

<p>Máquina 1</p> <ul style="list-style-type: none">•É efetuado o corte de travessas e capas.•A máquina é de 2 cabeças manual. No caso do corte de travessas e capas com ângulo, o manípulo presente atrás dos discos de corte deve ser desapertado manualmente e o seu ângulo terá de ser predefinido.•Geralmente são cortadas várias travessas ao mesmo tempo, aos lotes, o tamanho dos lotes depende da largura das peças.•No final do processo de corte, no mesmo posto, os colaboradores retiram o plástico que cobre as peças e fazem a inspeção do material.
<p>Máquina 2</p> <ul style="list-style-type: none">•É efetuado o corte de Prumadas (100x54; 70x40; 110x70), Batentes, Reforços, Guias, Tubos.•A máquina é de 2 cabeças manual.•Geralmente são cortados vários componentes ao mesmo tempo, aos lotes, o tamanho dos lotes depende da largura das peças.•A inspeção destes componentes é feita na zona de inspeção.
<p>Máquina 3</p> <ul style="list-style-type: none">•É efetuado o corte de Réguas (todo o tipo) e de Lâminas de Vento.•A máquina é de 2 cabeças manual.•Geralmente são cortados vários componentes ao mesmo tempo, aos lotes, o tamanho dos lotes depende da largura das peças.•A inspeção destes componentes é feita na zona de inspeção.
<p>Máquina 4</p> <ul style="list-style-type: none">•É efetuado o corte de Réguas em Espinha (Réguas com ângulos, partes integrantes dos portões cujos preenchimentos vão desde os 0º aos 90º - inclinados).•A máquina é de 2 cabeças automática. Máquina mais sofisticada da empresa, uma vez que os discos de corte inclinam após indicação do colaborador no <i>display</i>. A máquina faz todos estes movimentos automaticamente. O processo é muito mais rápido, daí a empresa ter investido numa máquina destas, pois 90% do material cortado possui alguma inclinação na sua extremidade.•A inspeção destes componentes é feita na zona de inspeção.
<p>Máquina 5</p> <ul style="list-style-type: none">•É efetuado o corte de calhas e tacos, BP70 e curvas.•Máquina de 2 cabeças manual.•A inspeção destes componentes é feita na zona de inspeção.
<p>Máquina 6</p> <ul style="list-style-type: none">•É efetuado o corte de todos os componentes de cor especial.•Máquina de 2 cabeças manual.•A inspeção destes componentes é feita na zona de inspeção.

- **Postos de Inspeção:** Existem 2 postos de inspeção: Zona de Inspeção de prumadas e a Zona de Inspeção dos restantes componentes. Nestes postos, primeiramente são removidos os plásticos que cobrem os componentes, e de seguida, verifica-se se o material cumpre a medida requisitada e se apresenta algum defeito. Nesta zona, é ainda colada uma etiqueta que indica o Kit a que um portão pertence. Por último, depois dos componentes serem colocados nos carrinhos de transporte, os mesmos são direcionados para o estacionamento de portões respetivo. Antes deste último passo o material pode ainda passar por um processo de maquinação, se necessário.
- **Maquinação:** Existem máquinas CNC auxiliadas por prensas e por tornos mecânicos. Nesta zona é efetuado o rasgo para as fechaduras, batentes e para todos os locais de encaixe. Os colaboradores deslocam-se aos carrinhos provenientes da qualidade, analisam as guias de fabrico dos portões e verificam se há componentes que requerem maquinação e qual o processo exigido. Após maquinarem os perfis, os mesmos são colocados novamente nos carrinhos.
- **Logística Interna:** A logística interna encontra-se dividida em duas zonas: estacionamento dos portões de abrir e o estacionamento dos portões de correr. Os colaboradores responsáveis pela logística interna da fábrica, tem como objetivo recolher os componentes que vem transportados nos carrinhos. Após recolherem, analisam a guia do portão e o respetivo número do Kit e alocam os componentes numa zona da empresa onde cada compartimento é destinado a um único portão. Quando em cada espaço se encontrarem todos os perfis constituintes de um portão, os mesmos são carregados para um carrinho e tem como destino as linhas de montagem. Os colaboradores desta zona são também responsáveis por verificarem se existem peças em falta e são encarregues de as requisitar ao pessoal do corte de forma que o carrinho siga o mais célere possível para a montagem.
- **Montagem:** Ao longo da linha de montagem existem espaços livres para colocar os carrinhos que transportam todos os perfis de determinado Kit. Quando um portão é concluído, os espaços livres são ocupados por outros portões a produzir. Os responsáveis da logística interna colocam uma seta que indica, aos colaboradores da montagem, a secção onde devem retirar o carrinho a produzir. O objetivo da produção é de seguir uma ordem e uma sequência. Existem 3 linhas de montagem, como mostra a Figura 13.

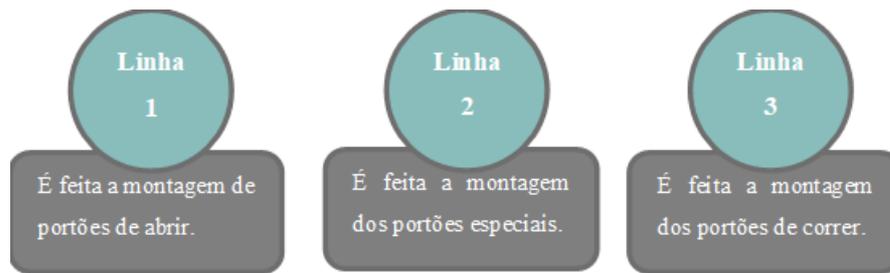


Figura 13 - Linhas de Montagem da UF3

- **Embalamento:** Depois de montados os portões são limpos e embalados. Seguidamente, é colada uma guia na parte exterior de um dos lados do portão e um colaborador indica no *software* que determinado portão está concluído. A forma como o portão vai embalado pode variar de cliente para cliente.
- **Zona de Sarrafeiar e Defeito:** Existe uma zona do pavilhão destinada a Sarrafeiar. Basicamente, esta ação é efetuada quando os determinados perfis necessitam de ser mais estreitos um pouco para perfazer a estrutura final do portão. Como podemos observar no recorte efetuado a uma ficha de fabrico abaixo representado (Figura 14), as régua (perfil vertical que serve de preenchimento no portão) das extremidades necessitam de ser sarrafeadas. Ainda neste posto, são cortados alguns perfis que tem defeitos e podem ser reaproveitados.



Figura 14 - Exemplo da imagem da ficha de fabrico

- **Armazém de Acessórios:** Armazém localizado na extremidade do pavilhão com um grande espaço de arrecadação. Local predestinado para armazenar discos de corte suplentes, caixas, plásticos, bandas, parafusos, ou seja, arquiva todo o tipo de material de suporte à Unidade Fabril.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO ATUAL

Este capítulo inicia-se com a apresentação e análise da situação atual da UF3, nomeadamente a secção do corte, descrevendo, pormenorizadamente, as suas atividades e funcionamento do mesmo.

4.1 Receção e Armazenamento da matéria-prima

A unidade fabril recebe a sua matéria-prima no cais de carga e descarga, próprio para o efeito. O material chega sustentado numa estrutura metálica em formato de “U”, devidamente plastificado e com cartão a separar os lotes. Isto acontece para reduzir ao máximo os estragos a transportar o material e também por questões de segurança para reduzir o atrito, uma vez que se trata de material bastante pesado.

Depois de rececionado, é realizada uma inspeção de qualidade por amostragem e, de seguida, o material é alocado no armazém de Matéria-Prima, situado logo à direita do cais, como mostra a Figura 15. Esta alocação não tem um procedimento definido, os operadores tentam armazenar por referências, mas nem sempre é possível devido à falta de espaço. Todo este processo é realizado com a ajuda da ponte rolante, que se encontra no topo do edifício. Uma vez que o próprio pavilhão da UF3 é demasiado pequeno para a realidade atual da empresa, a matéria-prima é também armazenada num pavilhão à frente deste mesmo. Recentemente, a empresa adquiriu um outro pavilhão para alocar ainda mais material. Num futuro, irá ser construído um outro pavilhão com capacidade de albergar todas estas necessidades, mas estas questões requerem bastante tempo.

No armazém é possível verificar a falta de gestão visual do mesmo. Um operador que não conheça as referências não consegue encontrar facilmente o material, desperdiçando assim bastante tempo à procura do mesmo.



Figura 15 - Receção e armazenamento da matéria prima

Regra geral, o material encontra-se organizado perto das máquinas onde vai ser cortado, para evitar perder demasiado tempo em movimentações, mas nem sempre isto se verifica.

Depois deste processo, os operadores habilitados a manusear a ponte rolante, situada no topo do edifício, depositam o material a cortar ao lado das máquinas de corte. É estritamente proibido que algum operador da zona de corte tente efetuar alguma das etapas deste processo. Apenas os dois colaboradores responsáveis pela ponte rolante podem manusear o material, a não ser que se trate de uma situação esporádica e se pegue num único perfil em separado, como é o caso de uma reposição ou de alguma necessidade urgente da montagem/maquinação.

4.2 Processo de corte

Na Figura 16 está representada a zona de trabalho de uma das máquinas de corte. Do lado direito, está traduzido o material que irá ser objeto de corte e do lado esquerdo a máquina de corte. Para iniciar a operação, o operador pega no material e deposita os perfis a cortar na banca da máquina de corte.

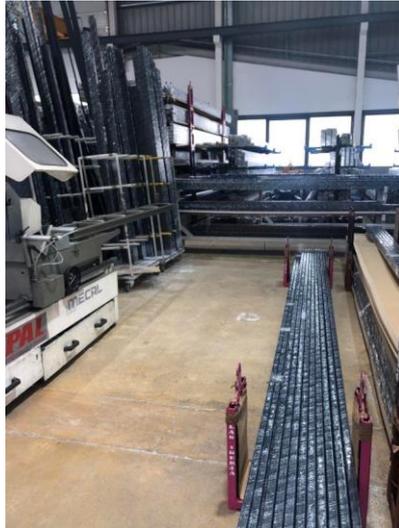


Figura 16 - Zona de Trabalho do Corte

4.2.1 Máquinas de corte

Nesta realidade em concreto, todas as máquinas de corte possuem 2 cabeças automáticas. Na Figura 17, a seta de cor verde, está representada a localização dos discos de corte. Os discos fazem um movimento horizontal, depois avançam e cortam o material. A medida de corte é traduzida pela distância entre os 2 discos.



Figura 17 - Posicionamento do material na máquina

Ressalva-se também a importância da largura da bancada onde os operadores pousam os perfis, pois permite cortar vários perfis ao mesmo tempo, otimizando assim o tempo de produção.

Existe uma interface em todas as máquinas que faz a ligação entre máquina e o utilizador, como é possível observar na Figura 18. Esta zona encontra-se munida de um *display* e de vários botões de funcionamento. No *display*, o operador indica o comprimento de corte solicitado e nas extremidades encontram-se dois botões onde o operador coloca as duas mãos na altura em que o corte é efetuado, pressionando até que os discos se encolham e voltem à sua posição inicial. Esta última operação é justificada por razões de segurança, evitando que o utilizador coloque em risco a sua integridade física.



Figura 18 - Interface da máquina de Corte

Na parte inferior da máquina existem gavetas de correr, que servem de armazenamento aos restos dos perfis que vão caindo, ou seja, as partes sobrantes do corte (Figura 19).



Figura 19 - Gaveta da máquina do Corte

Esporadicamente ao longo da semana, quando as gavetas se encontram com bastante material para sucatear, um operador de uma empresa subcontratada para este efeito, faz a recolha destes mesmos resíduos.

O alumínio, além de ser um metal extremamente resistente é também, um componente infinitamente reciclável. A empresa subcontratada recolhe as sobras e no exterior da UF3 faz a separação da limalha e das peças de tamanho superior num contentor preparado para esse efeito.

Depois deste processo, o alumínio é triturado e fundido a altas temperaturas para posteriormente ser transformado em chapas/perfis de alumínio e assim desta forma retornar às cadeias de produção.

4.2.2 Planeamento de corte

Semanalmente, o Diretor Fabril faz um apanhado das encomendas inseridas e elabora o planeamento, entregando as listas de corte ao responsável da secção.

As listas de corte provêm de uma tabela dinâmica elaborada em *Excel*, conforme ilustra a Figura 20.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
6	PERFIS	Medida	TIPO	estacionament	Soma do Q						
7	4				1189						
8	DA 1										
9		5014			1						
10		TRAVESSA MEIO 19179			1						
11		4984			3						
12		TRAVESSA CIMA 19180			2						
13		D19504		PERFI PCIF 7016STR	1						
14		D19885		PERFI PCIF 7016STR	1						
15		TRAVESSA MEIO 19179			1						
16		4734			2						
17		TRAVESSA MEIO 19179			2						
18		4618			2						
19		TRAVESSA CIMA 19180			1						
20		D18298		PERFI PCIF 7016STR	1						
21		TRAVESSA MEIO 19179			1						
22		4484			8						
23		TRAVESSA CIMA 19180			4						
24		D18967		PERFI PCIF 7016STR	1						
25		D19141		PERFI PCIF 7016STR	1						
26		D19239		PERFI PCIF 7016STR	1						
27		D19887		PERFI PCIF 7016STR	1						
28		TRAVESSA MEIO 19179			4						
29		4234			6						
30		TRAVESSA CIMA 19180			3						
31		D19464		PERFI PCIF 7016STR	1						
32		D19681		PERFI PCIF 7016STR	1						
33		D19908		PERFI PCIF 7016STR	1						
34		TRAVESSA MEIO 19179			3						
35		4214			4						
36		TRAVESSA CIMA 19180			2						
37		D18299		PERFI PCIF 7016STR	1						
38		D18862		PERFI PCIF 7016STR	1						
39		TRAVESSA MEIO 19179			2						
40		4134			1						
41		TRAVESSA MEIO 19179			1						
42		4118			2						
43		TRAVESSA CIMA 19180			1						
44		D18406		PERFI PCIF 7016STR	1						
45		TRAVESSA MEIO 19179			1						
46		3984			20						
47		TRAVESSA CIMA 19180			10						
48		D18943		PERFI PCIF 7016STR	1						

Figura 20 - Exemplo da lista de Corte

A lista apresenta o dia de produção, a medida (em milímetros) e a quantidade de perfis a cortar. Ainda é especificado, neste caso em concreto, se a travessa é de cima ou do meio e o número do Kit (portão) a que a mesma pertence.

Como referido anteriormente, todas as barras de *stock* da UF3 possuem um comprimento total de 6.5 metros, ou seja, 6500 mm.

A nível de otimização, a empresa apenas corta o material por ordem decrescente de medidas, ou seja, da medida maior para a mais pequena, como é possível verificar no exemplo acima mencionado.

As sobras geradas por estes mesmos cortes são armazenadas nos carrinhos de sobras, situados ao lado da máquina. O reaproveitamento destas sobras apenas depende, exclusivamente, da gestão e sensibilidade do operador, utilizando a sua experiência aplica o critério para reaproveitar o material. Deste modo, não existe nenhum *mix* de medidas que tente aproveitar o comprimento total da barra.

4.2.3 Materiais de apoio à produção

De forma a reaproveitar as sobras mencionadas acima os operadores depositam-nas num carrinho, denominado “carrinho de sobras”. Para as reutilizarem, os operadores medem individualmente de modo a perceber qual a sua medida. Este processo despende bastante tempo, para além de ser uma ação pouca ergonómica para o operador, como se pode verificar na Figura 21.



Figura 21 - Carrinho de sobras - Atual

4.2.4 Operação de corte

É importante frisar que a unidade fabril opta por colocar grandes quantidades de perfis na máquina e corta tudo isto de uma vez. Dependendo da largura de perfil, cabem vários perfis ao mesmo tempo na banca da máquina, como é o caso do exemplo da Figura 22. Neste caso, é possível verificar que serão cortados 4 perfis numa única operação.



Figura 22 - Posicionamento de material na máquina

4.2.5 Análise de reposições

Na secção do corte, verifica-se muito tempo despendido em reposições de material. Dessa forma, através de um estudo das causas, tenta-se perceber quais as causas que estão na origem das mesmas. Se são internas e possíveis de serem tratadas pela unidade, ou se são externas e é necessária uma ação nos fornecedores.

Assim, com base na Figura 23 verifica-se que mais de metade dos problemas estão associados a duas principais causas: os poros no material (38%) e os riscos (23%). Estas causas são duas causas associadas a defeitos de material, provindo de fornecedores, que serão explicadas mais à frente.

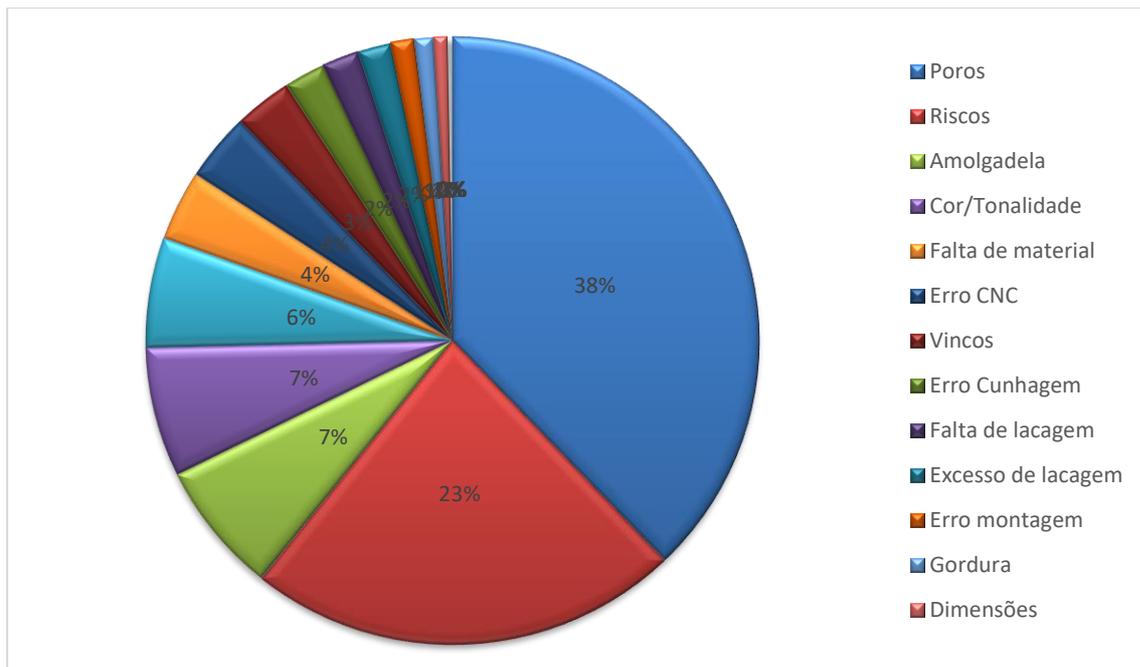


Figura 23 - Causas de Reposições

Em cada uma das máquinas de corte, existe ainda uma folha de registo de apoio à UF3 (Figura 24). Em síntese, a mesma tem como objetivo a monitorização das reposições, especificando cada uma em particular. Este controlo interno é efetuado para ajudar a clarificar quais as causas e qual a origem do material danificado, a fim de tentar minimizar ao máximo esses problemas.

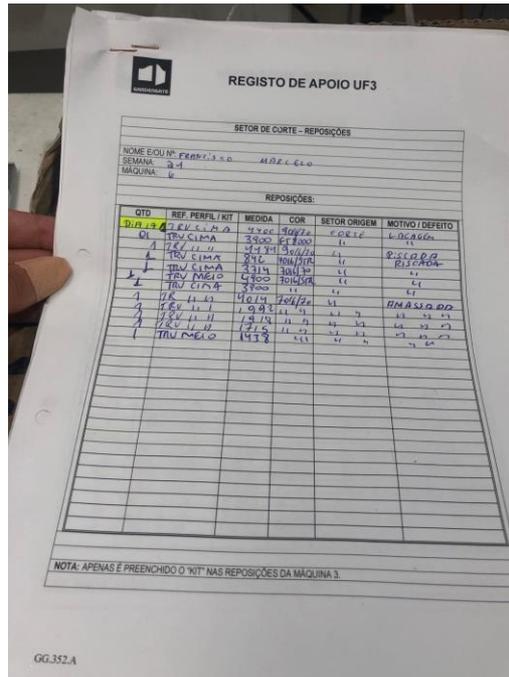


Figura 24 - Folha de Registo de Apoio à UF3

4.2.6 Operadores do corte

Uma característica desta unidade, que é geral em muitas empresas, prende-se no facto de as operações estarem alocadas a determinados colaboradores. Com a pandemia em que vivemos, foi notória na empresa, a falta de alguns colaboradores. Com base na matriz de competência, como mostra a Figura 25 é necessário ter colaboradores que dominam várias áreas dentro de uma produção.

Matriz de competências						
Colaboradores	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4	Máquina 5	Máquina 6
Operador 1	4	3	3	2	3	3
Operador 2	2	1	1	1	1	1
Operador 3	3	4	3	1	3	3
Operador 4	2	4	2	2	2	2
Operador 5	4	4	4	4	4	4 *
Operador 6	3	3	3	2	3	3
Operador 7	4	4	4	4	4	4 *
Operador 8	3	3	3	3	3	3
Operador 9	3	3	3	2	4	3
Operador 10	3	3	3	3	4	3
Operador 11	4	4	4	4	4	4 *
Operador 12	2	2	2	2	2	3
Operador 13	4	3	3	4	3	3

* - Os operadores são especializados e podem dar formação em qualquer uma das máquinas.

0 - Inapto 1 - Aprendiz 2 - Iniciante 3 - Intermediário 4 - Especialista

Figura 25 - Matriz de Competências

4.3 Análise de referências mais consumidas

De forma a perceber as referências mais consumidas, com recurso à análise ABC, obteve-se o resultado expresso na Tabela 2. Estas referências são as que têm maior peso e maior impacto na unidade em estudo.

Tabela 2 - Análise ABC das referências mais consumidas

Referência	%	%Ac.	Classe
P0183	24,78%	24,78%	A
P0156	12,83%	37,60%	A
P0135	8,22%	45,83%	A
P0178	6,30%	52,13%	A
P0126	6,06%	58,20%	A
P0138	3,98%	62,17%	A
P0198	3,95%	66,13%	A
P0155	3,51%	69,63%	A
P0203	3,40%	73,03%	A
P0177	3,21%	76,24%	A
P0196	2,87%	79,12%	A

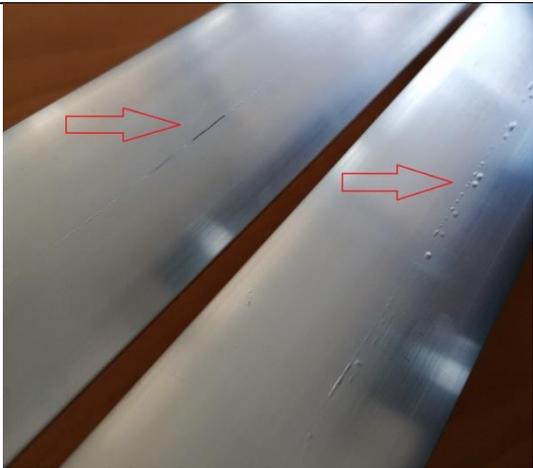
4.4 Caracterização e análise de não conformidades

De modo a identificar as não conformidades do material, existe um procedimento de inspeção associado. A inspeção deve ser feita à distância de meio corpo. Em caso de dúvida, a inspeção deve ser feita à distância de um braço (50-60cm dos olhos) rodando a peça para que seja observada nas diferentes incidências de luz, ou, em portão montado deve ser colocado em posição vertical e feita a inspeção à distância de aproximadamente um metro. Se a dúvida se permanecer, a inspeção deve ser feita com o ângulo de 60° a uma fonte de luz ideal D65.

A caracterização dos defeitos deve ser realizada de forma inequívoca, conforme a Tabela 3. Em caso de dúvida, contactar o Encarregado. Quando a deteção do defeito é em quantidades significativas, contactar o Dep. Qualidade e o Diretor Fabril.

Tabela 3 - Caracterização dos defeitos

Defeito	Critério de Aceitação	Imagem
VINCOS / VEIOS DE EXTRUSÃO	<p>- É aceite se não for visível à distância de inspeção e não sejam sentidos ao passar o dedo / mão.</p>	
AMOLGADELAS	<p>- Amolgadela que não seja visível à distância de inspeção e não seja sentida ao passar o dedo / mão.</p>	
FARPADO	<p>- Perfis sem farpamento.</p>	

<p>GEOMETRIA DO PERFIL</p>	<p>- Perfis com as cotas e geometria conforme o desenho técnico.</p>	
<p>RISCOS OU BOLHAS DE EXTRUSÃO</p>	<p>- Riscos que não sejam visíveis à distância da inspeção e não sejam sentidos ao passar o dedo / mão.</p>	
<p>IMPUREZAS / POROS OU GORDURAS</p>	<p>- Aceite se não for visível à distância de inspeção e não seja sentida ao passar o dedo / mão. - É aceite também se a quantidade de impurezas / poros ou gorduras for menor ou igual a dois.</p>	

<p>FALTA DE LACAGEM</p>	<p>- É aceite se o perfil estiver completamente coberto nas faces visíveis e se a cor estiver uniforme em toda a superfície.</p>	
<p>EXCESSO DE LACAGEM / CASCA DE LARANJA</p>	<p>- É aceite se não for visível à distância de inspeção e se não se sentir granulação na superfície do perfil.</p>	
<p>COR / TONALIDADE</p>	<p>- Cor que visualmente esteja uniforme entre perfis, depois do portão estar montado.</p>	

<p>FALTA / TONALIDADE DE EFEITO DE MADEIRA</p>	<p>- É aceite se estiver uniforme em todo o perfil.</p>	
<p>ESPESSURA DE LACAGEM</p>	<p>- É aceite se estiver dentro do intervalo de valores (60-120, nominal de 80).</p>	
<p>RISCOS DE MANUSEAMENTO</p>	<p>- Riscos que não sejam visíveis à distância da inspeção e não sejam sentidos ao passar o dedo / mão.</p>	

4.5 Análise de desperdícios

4.5.1 Indicadores de sucata

De forma a ter mais controlo sobre os desperdícios inerentes à matéria-prima, são elaborados mensalmente, indicadores sobre a sucata da unidade, comparando assim com o mesmo período no ano anterior. Com base na Figura 26 pode observar-se que o consumo de alumínio, de um modo geral, está superior ao ano passado assim como a sucata produzida. No entanto, a percentagem de desperdício, está de forma geral, mais baixa. Com isto, pode-se associar que quanto maior é o consumo, menor é a percentagem de desperdício.

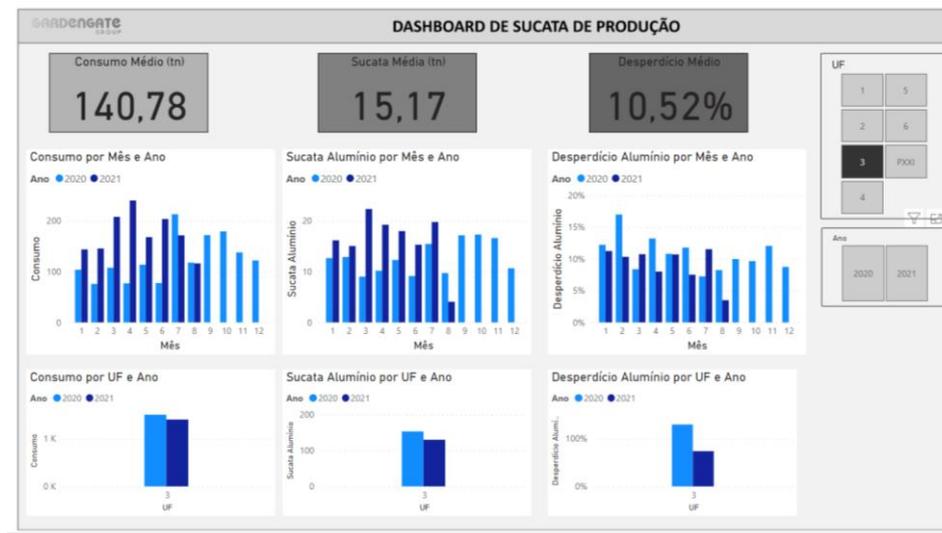


Figura 26 - Dashboard de Sucata

4.5.2 Causas de desperdícios

De forma a perceber as causas que dão origem a desperdício de matéria-prima, elaborou-se um Diagrama de *Ishikawa* (Figura 27).

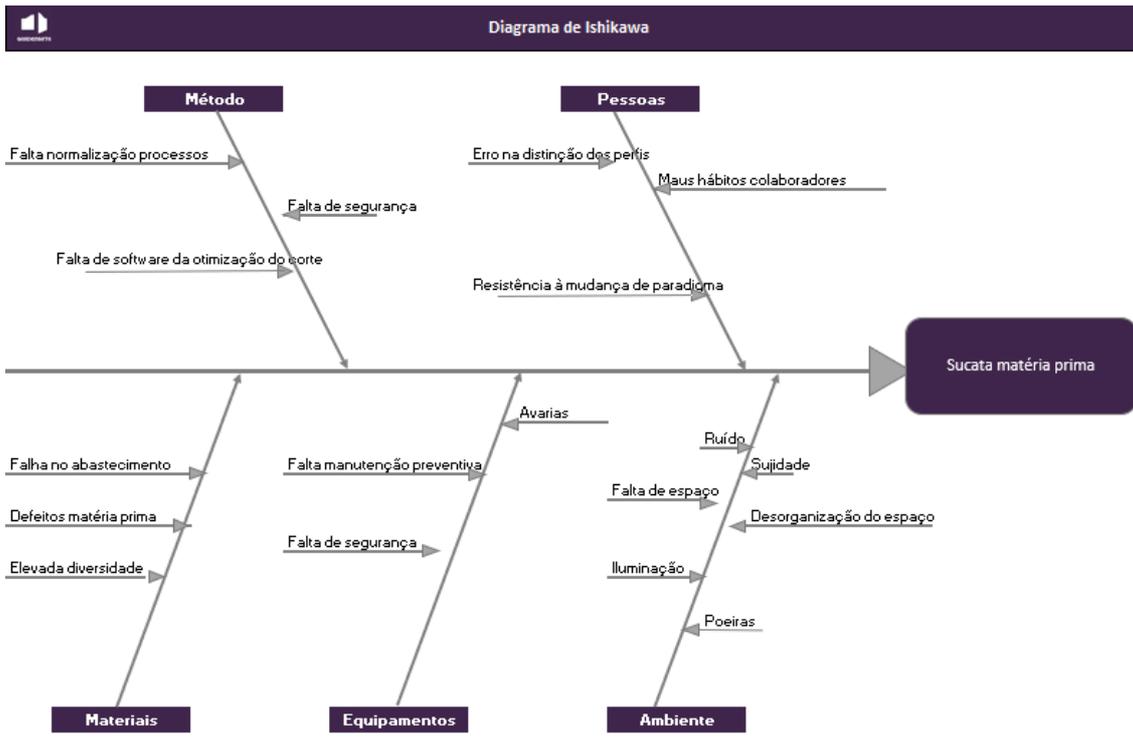


Figura 27 - Diagrama de Ishikawa

Relativamente aos materiais é possível identificar algumas causas secundárias como a elevada diversidade, alguns defeitos na matéria-prima e a falha no abastecimento dos mesmos.

Por sua vez, outra causa está no método, e conseqüentemente, na falta de normalização de processos, na falta de segurança e na falta de *software* de otimização do corte.

Outra causa identificada está ligada aos equipamentos, à falta de manutenção preventiva e à falta de segurança. No que às pessoas diz respeito, também aqui é possível encontrar causas secundárias que justificam o problema, tais como alguns erros na distinção dos perfis, maus hábitos de alguns colaboradores e existência de alguma resistência à mudança de paradigma.

Por último, em qualquer organização ou empresa, o meio ambiente é decisivo em alguns parâmetros e este não é exceção, consta-se que a sujidade, o ruído, a falta e desorganização do espaço, a iluminação e as poeiras são eles também causas secundárias para o problema identificado. Neste caso em específico, é possível perceber de forma clara em que áreas está a origem do problema e, se num cenário mais avançado for opção, é uma boa ferramenta para ser consultada com vista a melhorar ou resolver o excesso de sucata da matéria-prima.

4.5.3 Indicadores de Produtividade

Através da produção, o número de operadores e o número de semanas trabalhadas, obtém-se os indicadores de produtividade. Com base na Figura 28 é possível verificar que, a nível de produtividade, no presente ano de 2021, a produtividade da unidade em estudo é superior ao ano transato.

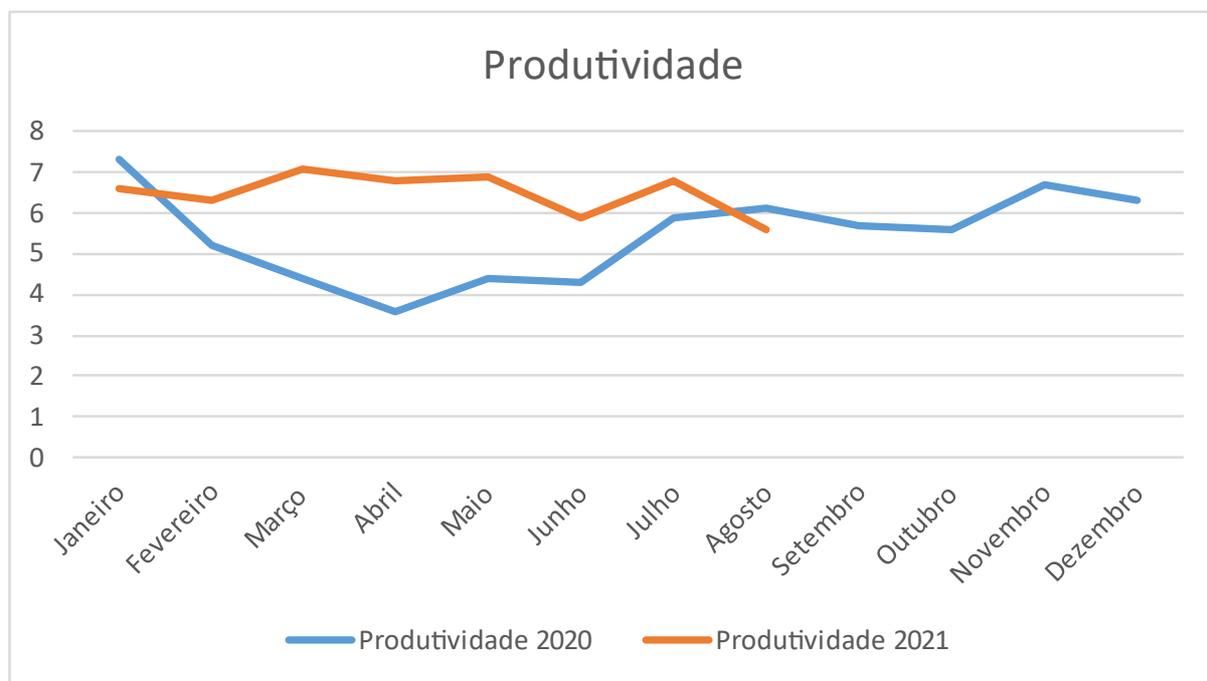


Figura 28 - Indicadores de Produtividade

4.6 Reuniões *Kaizen* e Planos de Ação

Para executar o plano de ação, seguindo a tabela *Kaizen*, as reuniões de quinze em quinze dias com três engenheiros da empresa servem para debater questões relacionadas com a secção do corte.

A periodicidade destas reuniões deve-se à necessidade de debate de ideias, quer para apresentar novos pontos de vista, quer para melhorar o que já estava a ser implementado.

Este *brainstorming* de ideias permite a interação e participação de todos os intervenientes de forma ativa para a construção e manutenção deste plano.

O objetivo, em cada reunião do grupo, é de tentar encontrar a melhor solução para problemas que possam surgir na empresa, com vista a melhorar a produtividade, baixar os custos e tentar potenciar os ganhos.

Em cada reunião, são acompanhadas as tarefas em curso, bem como a incrementação de novas tarefas, se assim necessário. Estas tarefas têm sempre uma pessoa associada, bem como a data de início, o motivo e alguns comentários de acompanhamento. No final de cada reunião, é enviada a ata conforme mostra a Tabela 4, com as tarefas associadas a cada interveniente e a convocatória da próxima reunião.

Tabela 4 - Reunião Kaizen quinzenal da UF3

Projeto:	Otimização UF3
Objetivo:	Definir, medir e otimizar a UF3
Equipa:	AR; AG; SC; DS
Data de Início:	10/12/2020
Situação Inicial:	Média de desperdício do 1ºSemestre: 12%

#	Ação	Porquê	Início	Final	Quem	Como	Status	Quant	Comentários / Verificação (Resultados; Problemas)
1	Identificar perfis mais consumidos	Perceber perfis com maior desperdício	10-12-2020		AR; SC	_Analisar histórico de encomendas.	A iniciar		
2	Identificar medidas mais encomendadas	Otimizar medidas de corte e maior aproveitamento dos perfis	10-12-2020		AR;DS	_Analisar histórico de encomendas de medidas de perfis e relacionar com histórico de encomendas de portões.	A iniciar		
3	Identificar principais causas de desperdícios	Perceber causas de sucata	10-12-2020		AR;SC;DS	_Analisar processo para encontrar as principais causas.	A iniciar		10/12: _ Réguas 200; Réguas 284; Cores não stock. _ Sobras, Não Conformidades, Não Otimização.

5. PROPOSTAS DE MELHORIA

Com o intuito de otimizar e reduzir o desperdício de MP, vários artigos existentes na literatura foram estudados e analisados.

5.1 Otimização do corte

De realçar que existem inúmeros artigos existentes, no entanto, é importante perceber que os problemas de corte possuem uma vasta gama de aplicações, dependendo da realidade a estudar.

Deste modo, a escolha recaiu no uso de heurísticas construtivas para este problema de corte e empacotamento em específico.

No âmbito de melhorar a secção do corte, durante o estágio, foram testadas 3 ferramentas, que passo a mencionar abaixo.

5.1.1 *Cutting Optimization Pro*

Para fazer face ao tema central da presente dissertação, a otimização do corte, como primeira tentativa foi testado um *software* gratuito da internet denominado de Cutting Optimization Pro. Este *software* permite cortar objetos unidimensionais e bidimensionais e suporta uma vasta gama de desenhos geométricos. Permite fazer o upload de ficheiros em vários formatos e permite, igualmente, converter os padrões de corte para os diferentes formatos suportados. De referir também que o *software* representa os padrões de corte em imagem, bem como o desperdício associado (Figura 29).

A solução foi abandonada por diversas razões. O desconhecimento do método combinacional utilizado e a necessidade de criar alguma ferramenta da minha autoria, justificaram a procura de outras soluções. Aliado a isto, a sua licença era gratuita apenas por 30 dias e a aquisição em definitivo da mesma traduz mais um custo para a empresa.

	A	B	C	D	E	F				
	Comprimento	Material	Quantidade	Etiqueta	Sucatear	Gráfico: 1D				
102	6500		1		14	1464	1464	1438	1188	902
103	6500		1		14	1464	1464	1438	1188	902
104	6500		1		4	1464	1464	1464	1122	952
105	6500		1		0	1958	1958	1453	1108	
106	6500		1		14	1968	1968	1263	1263	
107	6500		1		39,5	2984	1965,5	1493		
108	6500		1		70	2984	1964	1464		
109	6500		1		70	2984	1964	1464		
110	6500		1		70	2984	1964	1464		
111	6500		1		70	2984	1964	1464		
112	6500		1		70	2984	1964	1464		
113	6500		1		70	2984	1964	1464		
114	6500		1		70	2984	1964	1464		
115	6500		1		70	2984	1964	1464		
116	6500		1		70	2984	1964	1464		
117	6500		1		70	2984	1964	1464		

Figura 29 - Interface do Software Cutting Optimization Pro

5.1.2 Ferramenta em VBA – Excel

Face às razões que levaram a abandonar o *software* acima mencionado, foi desenvolvida uma ferramenta no VBA em *Excel*.

Inicialmente, no separador “Folha de Input” é possível copiar a tabela elaborada pelo Diretor Fabril com todas as especificidades do material a cortar.

Depois da tabela copiada, no separador “Programa” inserimos a medida do comprimento da barra em stock, expressa em milímetros.

Seguidamente, o resultado final da ferramenta está representado no separador “Folha de Escrita_Programa”, conforme ilustra a Figura 30.

No mesmo separador, conseguimos visualizar os planos de corte nas colunas “F” e “G” da folha *Excel*. Mais à frente nessa mesma linha onde estão representados os planos de corte, é calculado e apresentado o comprimento total consumido em cada barra.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Referência	KIT	1										BARRA
2	P0135	D19641	1		5214	1270						6484	1
3	P0135	D19504	1		4984	1493						6477	1
4	P0135	D19885	1		4984	1493						6477	1
5	P0135	D18986	1		4984	1493						6477	1
6	P0135	D19128	1		4984	1493						6477	1
7	P0135	D19367	1		4984	1493						6477	1
8	P0135	D19476	1		4984	1493						6477	1
9	P0135	D19894	1		4984	1493						6477	1
10	P0135	D19648	1		4884	1598						6482	1
11	P0135	D19230	1		4734	1738						6472	1
12	P0135	D19686	1		4734	1738						6472	1
13	P0135	D19704	1		4714	1733						6447	1
14	P0135	D19716	1		4714	1733						6447	1
15	19180	D18298	1		4614	1872						6486	1
16	P0135	D19750	1		4564	1933						6497	1
17	P0135	D18967	1		4484	1983						6467	1
18	P0135	D19141	1		4484	1983						6467	1
19	P0135	D19239	1		4484	1983						6467	1
20	P0135	D19887	1		4484	1983						6467	1
21	P0135	D18975	1		4484	1973						6457	1
22	P0135	D19145	1		4484	1973						6457	1
23	P0135	D19155	1		4484	1973						6457	1
24	P0135	D19327	1		4484	1973						6457	1
25	P0135	D19492	1		4484	1968						6452	1
26	P0135	D19654	1		4484	1968						6452	1
27	P0135	D19911	1		4484	1968						6452	1
28	P0135	D19104	1		4774	7714						6488	1

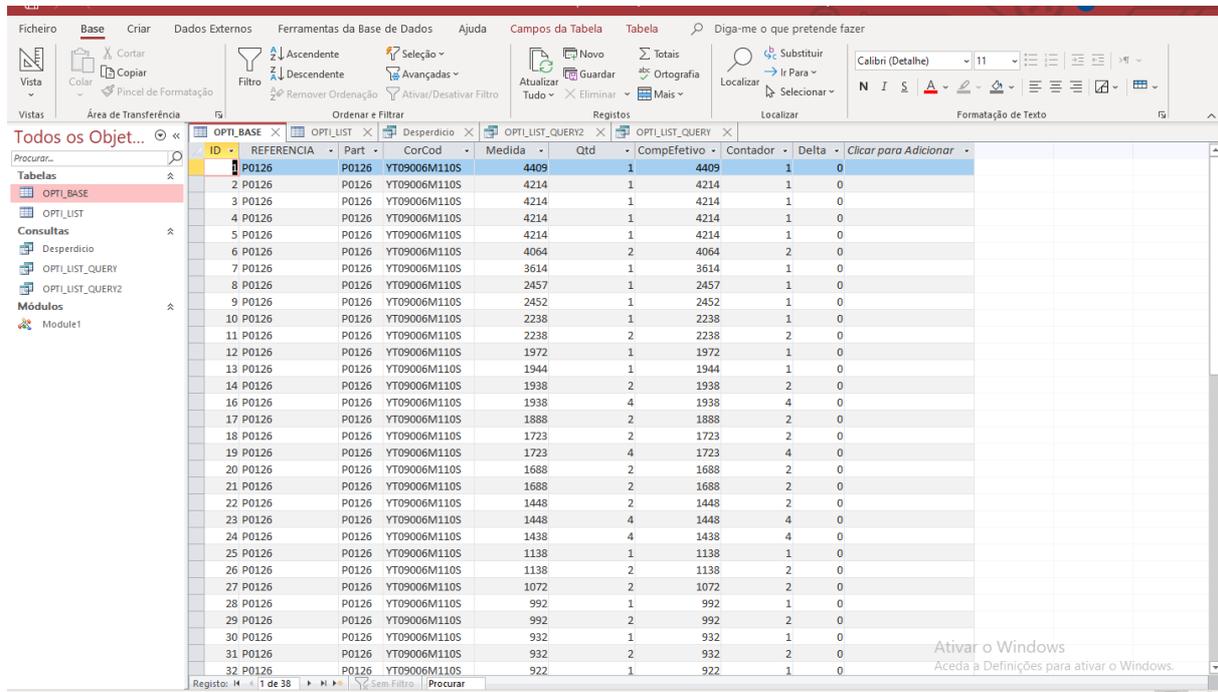
Figura 30 - Interface da ferramenta em Excel

Esta ferramenta, elaborada numa fase embrionária do projeto de estágio não resolvia o problema em questão, pois apenas está concebida para combinar 2 medidas.

Para uma realidade empresarial desta dimensão e face às exigências da mesma, gerar planos de corte que combinam num máximo até 2 medidas origina imensos planos de corte e uma produção ineficiente, tanto em tempo produtivo como em aproveitamento de matéria prima. Como tal, era de prever que a sua implementação não fosse resultar o que originou a procura de uma nova solução.

5.1.3 Ferramenta em Access

Baseada na Heurística *First Fit Decreasing*, foi então concebida uma ferramenta em *Microsoft Access* (Figura 31). Tal como anteriormente mencionado, a heurística *First Fit Decreasing* primeiramente ordena todos os itens a cortar por ordem decrescente. De seguida, o código



ID	REFERENCIA	Part	CorCod	Medida	Qtd	CompEfetivo	Contador	Delta	Clicar para Adicionar
1	P0126	P0126	YT09006M110S	4409	1	4409	1	0	
2	P0126	P0126	YT09006M110S	4214	1	4214	1	0	
3	P0126	P0126	YT09006M110S	4214	1	4214	1	0	
4	P0126	P0126	YT09006M110S	4214	1	4214	1	0	
5	P0126	P0126	YT09006M110S	4214	1	4214	1	0	
6	P0126	P0126	YT09006M110S	4064	2	4064	2	0	
7	P0126	P0126	YT09006M110S	3614	1	3614	1	0	
8	P0126	P0126	YT09006M110S	2457	1	2457	1	0	
9	P0126	P0126	YT09006M110S	2452	1	2452	1	0	
10	P0126	P0126	YT09006M110S	2238	1	2238	1	0	
11	P0126	P0126	YT09006M110S	2238	2	2238	2	0	
12	P0126	P0126	YT09006M110S	1972	1	1972	1	0	
13	P0126	P0126	YT09006M110S	1944	1	1944	1	0	
14	P0126	P0126	YT09006M110S	1938	2	1938	2	0	
16	P0126	P0126	YT09006M110S	1938	4	1938	4	0	
17	P0126	P0126	YT09006M110S	1888	2	1888	2	0	
18	P0126	P0126	YT09006M110S	1723	2	1723	2	0	
19	P0126	P0126	YT09006M110S	1723	4	1723	4	0	
20	P0126	P0126	YT09006M110S	1688	2	1688	2	0	
21	P0126	P0126	YT09006M110S	1688	2	1688	2	0	
22	P0126	P0126	YT09006M110S	1448	2	1448	2	0	
23	P0126	P0126	YT09006M110S	1448	4	1448	4	0	
24	P0126	P0126	YT09006M110S	1438	4	1438	4	0	
25	P0126	P0126	YT09006M110S	1138	1	1138	1	0	
26	P0126	P0126	YT09006M110S	1138	2	1138	2	0	
27	P0126	P0126	YT09006M110S	1072	2	1072	2	0	
28	P0126	P0126	YT09006M110S	992	1	992	1	0	
29	P0126	P0126	YT09006M110S	992	2	992	2	0	
30	P0126	P0126	YT09006M110S	932	1	932	1	0	
31	P0126	P0126	YT09006M110S	932	2	932	2	0	
32	P0126	P0126	YT09006M110S	922	1	922	1	0	

Figura 31 - Interface "OPTI_BASE" da ferramenta em Access

irá ser percorrido e alocado cada item na primeira barra capaz de o introduzir (seguindo a ordem de abertura de barras). Quando não restar espaço disponível, uma nova barra é aberta e o item é alocado neste novo espaço. Este raciocínio é seguido até o último item ser alocado.

A ferramenta *MS Access* importa a tabela gerada pelo Diretor Fabril, que é produzida em *Excel*.

Neste separador inicial, intitulado de "OPTI_BASE", pode-se introduzir a tabela inicial com as medidas que se pretendem conjugar. De referir que, este jogo de medidas apenas é realizado para as medidas que tiverem os parâmetros de "Referencia", "Part" e "CorCod" em concordância, isto é, apenas os perfis que possuam a mesma referência e a mesma cor é que interessam agregar e otimizar.

As colunas denominadas de "Medida" e "Qtd" dizem respeito às medidas e às quantidades dos perfis pretendidos, respetivamente.

Depois de introduzir todos estes parâmetros e retornar todos os números da coluna "Contador" para o valor 0, abre-se o separador designado de "Module1" e executa-se o código.

De seguida, no separador “OPTI_LIST”, são apresentados os planos de corte de todas as medidas em questão, como é possível observar na Figura 32.

ID	Part	CorCod	NBar	CompOrigin	CompEfetiv
1	P0126	YT09006M110S	1	4409	4409
2	P0126	YT09006M110S	1	1972	1972
3	P0126	YT09006M110S	2	4214	4214
4	P0126	YT09006M110S	2	2238	2238
5	P0126	YT09006M110S	3	4214	4214
6	P0126	YT09006M110S	3	2238	2238
7	P0126	YT09006M110S	4	4214	4214
8	P0126	YT09006M110S	4	2238	2238
9	P0126	YT09006M110S	5	4214	4214
10	P0126	YT09006M110S	5	1944	1944
11	P0126	YT09006M110S	5	244	244
12	P0126	YT09006M110S	6	4064	4064
13	P0126	YT09006M110S	6	1938	1938
14	P0126	YT09006M110S	6	328	328
15	P0126	YT09006M110S	7	4064	4064
16	P0126	YT09006M110S	7	1938	1938
17	P0126	YT09006M110S	7	328	328
18	P0126	YT09006M110S	8	3614	3614
19	P0126	YT09006M110S	8	2457	2457
20	P0126	YT09006M110S	8	244	244
21	P0126	YT09006M110S	9	2452	2452
22	P0126	YT09006M110S	9	1938	1938
23	P0126	YT09006M110S	9	1938	1938
24	P0126	YT09006M110S	10	1938	1938
25	P0126	YT09006M110S	10	1938	1938
26	P0126	YT09006M110S	10	1888	1888
27	P0126	YT09006M110S	11	1888	1888
28	P0126	YT09006M110S	11	1723	1723
29	P0126	YT09006M110S	11	1723	1723
30	P0126	YT09006M110S	11	1072	1072

Figura 32 - Interface "OPTI_LIST" da ferramenta em Access

Conforme evidencia a imagem acima, a barra 5 (NBar=5), por exemplo, irá sofrer um corte de 4214mm, seguido de um corte de 1944 mm e por fim um corte de 244mm.

Seguidamente, no separador “Desperdício” (Figura 33) é possível visualizar em cada linha o comprimento total consumido em todas as barras, na coluna “Comp”. Na última coluna, denominada “Desperdicio” encontra-se traduzido o desperdício associado a esse corte.

Part	CorCod	NBar	Comp	Desperdicio
P0126	YT09006M110S	1	6381	119
P0126	YT09006M110S	2	6452	48
P0126	YT09006M110S	3	6452	48
P0126	YT09006M110S	4	6452	48
P0126	YT09006M110S	5	6402	98
P0126	YT09006M110S	6	6330	170
P0126	YT09006M110S	7	6330	170
P0126	YT09006M110S	8	6315	185
P0126	YT09006M110S	9	6328	172
P0126	YT09006M110S	10	5764	736
P0126	YT09006M110S	11	6406	94
P0126	YT09006M110S	12	6307	193
P0126	YT09006M110S	13	6237	263
P0126	YT09006M110S	14	6272	228
P0126	YT09006M110S	15	5792	708
P0126	YT09006M110S	16	5752	748
P0126	YT09006M110S	17	6118	382
P0126	YT09006M110S	18	6274	226
P0126	YT09006M110S	19	3276	3224

Figura 33 - Interface "Desperdício" da ferramenta em Access

Por último, na consulta do separador "OPTI_LIST_QUERY2", pode visualizar-se o número total de barras que irão ser consumidas (Figura 34).

Expr1	Expr2	YY
P0126	YT09006M110S	19

Figura 34 - Interface "OPTI_LIST_QUERY2" da ferramenta em Access

Neste caso em concreto e seguindo o planeamento semanal em análise, serão utilizadas no total 19 barras do perfil P0126.

5.1.4 Teste da ferramenta em *Access*

Com a conclusão da ferramenta, e o programa operacional, o passo seguinte passa pela testagem do mesmo.

O objetivo passa por recolher o planeamento de uma semana em específico e comparar o processo do corte, tendo em conta o método anteriormente utilizado e um novo método proposto sustentado na heurística do FFD. Critérios como tempo produtivo e o desperdício de matéria-prima são os principais *outputs* a avaliar.

Na impossibilidade de testar na prática a ferramenta com as referências que causam mais impacto, realizou-se um teste numa cor pouco requisitada, de modo a não atrasar muito a produção. Com esta primeira experiência conclui-se que a diferença no tempo produtivo é bastante considerável. Se numa cor em que a quantidade de material é diminuta e o tempo produtivo foi seriamente ultrapassado, imagine-se o impacto numa cor relevante e com um maior número de material para cortar. Após novos testes, também em cores pouco críticas a conclusão é a mesma: no mesmo intervalo de tempo em que cortam mediante a ferramenta do *Access*, o número de peças cortadas é subitamente inferior face ao método utilizado anteriormente. A ferramenta permite reduzir o desperdício associado ao corte, mas o tempo produtivo aumenta drasticamente.

Existem ainda outras razões que sustentam o facto de a ferramenta não ter sido implementada com sucesso:

- Reposições: Tal como aconteceu inúmeras de vezes, a sequência está programada no *Access* mas existem alguns perfis danificados que tem de ser cortados novamente. Não era espectável que o material não se encontrasse em conformidade e como tal novos perfis tem de ser cortados. Desta forma, a otimização é comprometida uma vez que não temos onde combinar as medidas que sobram destes mesmos cortes que restituem os antigos perfis.
- Praticidade da operação: A cortar 1 barra de cada vez as pontas mais pequenas de cerca de 300/400mm caem após o corte ser efetuado. Quando o operador tira os 2 dedos dos botões de operação, os discos ao fazer o movimento de encolher e voltar à posição inicial a peça imediatamente cai para o fundo da máquina onde se encontra o material para sucatear. Pelo método tradicional, o mesmo não acontece porque o operador junta todas estas perfis reduzidos

e insere este pequeno valor pequeno a cortar, neste caso como os discos abrem muito pouco e o material está todo junto o mesmo acaba por não cair na parte inferior da máquina de corte.

5.1.5 *Software* da IBM – *IBMCplexOptimization*

Depois das anteriores experiências, outra experiência foi feita, desta vez com o *software* da IBM – *IBMCplexOptimization*.

Este *software* integra um motor de otimização que permite resolver modelos de programação linear/programação inteira usando algoritmos ao nível do estado da arte. O problema de corte que abordámos nesta dissertação é um problema combinatorio que pode ser modelado através de modelos de programação inteira.

O programa gera padrões de corte e posteriormente escolhe as melhores combinações para minimizar ao máximo o desperdício associado.

O anexo 2, traduz o resultado final do *software IBMCplex* numa semana de uma cor bastante solicitada. **(Anexo 2)**.

Do lado esquerdo da tabela é possível visualizar o valor da matéria-prima (6500mm) e na coluna, logo à direita, está representado o valor do comprimento dos perfis requeridos.

Os planos de corte estão representados na tabela com os valores “0” e “1”. O primeiro plano de corte é encontrado na primeira coluna, com todos os valores que possuam o número 1, e assim sucessivamente para as colunas seguintes.

Como podemos constatar na parte superior do documento, o desperdício total associado é de 4035mm, o que traduz uma percentagem de sucata de 0,27%. O material *bound* para esta amostra em específico é de 225, ou seja, se todas as medidas pudessem ser combinadas para um comprimento total de barra de 6500 mm seriam utilizadas apenas 225 barras.

Segundo o *software* e seguindo os planos de corte sugeridos pelo mesmo, o número total de barras utilizadas é de 226.

5.1.6 Comparação do *software* em *Access* e o IBM Cplex Optimization Studio

Inserindo os mesmos valores a cortar no *MSAccess*, este traduz um número de barras consumidas de 236 e um desperdício associado de 69596mm, face ao IBM que traduz 226 barras e um desperdício de 4035mm.

Comparando os resultados, conclui-se que o *software* que retrata uma solução quase perfeita para otimizar o desperdício de sucata gerada, é o IBM. Contudo, esta nova sugestão traz uma desvantagem gigante para a empresa, pois a sua licença traduz um custo avultado, à qual a empresa não está disposta a despender, nesta fase. Aliado a esta situação, apenas se consegue implementar algo novo e justificável nas máquinas 1 e 2 de um total de 6 máquinas de toda a secção, pois é onde é cortado o material com mais impacto. Nas restantes máquinas, o material é cortado individualmente por kit (portão). Ou seja, nesta fase, não é passível de ser otimizado.

5.2 Alteração dos carrinhos de sobras

Após a análise do processo pouco eficiente inerente ao armazenamento das sobras foi elaborada uma primeira proposta para alteração ao carrinho, fixando umas réguas pretas graduadas na parte lateral do mesmo, como demonstra a Figura 35.

Apesar de não ser possível concluir a medida exata do material que sobra após a sua implementação, as réguas permitiram ter uma melhor noção das medidas das sobras e permite ter uma ideia mais generalizada de qual material reaproveitar, poupando tempo na medição individualizada de cada componente.



Figura 35 - Primeira proposta da alteração do carrinho de sobras

Na primeira proposta, apenas foram implementadas régulas de 2 metros em alguns dos carrinhos. Após o agrado e o *feedback* positivo por parte dos operadores, e por sua sugestão foram construídas régulas de 2.5 metros, de forma a contemplar mais medidas de sobras (Figura 36).



Figura 36 - Proposta final de alteração do carrinho de sobras

6. CONCLUSÃO

Neste capítulo são descritas as conclusões do projeto efetuado durante o estágio, apresentando os resultados alcançados e as oportunidades de trabalho futuro.

6.1 Conclusões

A UF3 é uma das unidades fabris da empresa Gardengate S.A., que pertence ao Grupo Gardengate. Esta UF é a mais complexa da organização, pois dedica-se à produção de portões configuráveis pelos clientes, ao contrário de outras UF's, que produzem produtos *standards*. Nesse sentido, possuiu níveis de customização altos, o que perfaz muitas oscilações no processo produtivo, muita variabilidade de medidas de barras utilizadas, o que dificulta um correto aproveitamento das barras, devido à enorme irregularidade dos pedidos dos clientes finais. Assim, esta dissertação teve como foco o processo do corte associado ao projeto de um *software* para a otimização do corte e os consequentes desperdícios a partir dos princípios e ferramentas *Lean*.

No sentido de entender o estado atual da UF, nomeadamente a secção do corte, foi realizado um diagnóstico através de diversas ferramentas, como diagramas BPMN, análises ABC, Diagrama de Espinha de Peixe, estudo de tempos e métodos, análise de reposições bem como a caracterização dos defeitos.

Ao longo do projeto, surgiram algumas propostas de melhoria que resolvessem problemas identificados, mais concretamente, a proposta de melhoria face aos carrinhos de armazenamento de sobras.

Foram ainda desenvolvidos e testados vários *Softwares* para tentar otimizar o processo de corte e reduzir o excesso de sucata, um dos principais objetivos da presente dissertação.

Alguns dos fatores como tempo produtivo, praticidade das operações, entropia do processo produtivo e o aparecimento de reposições acabam por comprometer a sua eficácia e a sua implementação.

Várias foram as complicações encontradas ao longo deste projeto, contudo permitiram o desenvolvimento enquanto ser humano e enquanto profissional, através da aprendizagem obtida das dificuldades. Este ambiente contribuiu também para a aplicação prática e desenvolvimento de conceitos lecionados ao longo do percurso curricular, tornando-se uma experiência muito proveitosa.

Assim sendo, conclui-se que os objetivos definidos inicialmente foram concretizados e traduziram-se em benefícios consideráveis para a organização.

6.2 Trabalho Futuro

No futuro, existem diversos tópicos possíveis de implementar na Unidade Fabril em estudo.

Em primeiro lugar, a ideia de carregar as fichas de corte diretamente para os computadores de apoio às máquinas. Resumidamente, o operador apenas precisa de alimentar a máquina, carregando os perfis manualmente para a banca da máquina de corte. Trata-se de uma situação deveras benéfica pois evita um acumulado de papéis e também reduz a possibilidade de ocorrer algum erro de natureza humana ao inserir a medida a cortar no display de corte, situação que esporadicamente acontece.

Além disso, existe também a possibilidade de requisitar uma nova máquina de corte que permite tratar todas estas reposições de forma individualizada, numa única máquina. Está comprovado que se trata de uma questão sensível e bastante preponderante para a empresa, uma vez que reflete um avultado prejuízo.

De realçar ainda que, está em teste um configurador Industrial que num futuro próximo será implementado na empresa. O mesmo terá como objetivo gerar instruções de trabalho de forma automática de um produto, bem como as necessidades do mesmo.

Para concluir, pretende-se dar continuidade ao desenvolvimento de diversos aspetos desta secção em causa, visando a melhoria contínua e uma produção cada vez mais eficiente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cherri, A. C., Arenales, M. N., & Yanasse, H. H. (2009). The one-dimensional cutting stock problem with usable leftover - A heuristic approach. *European Journal of Operational Research*, 196(3), 897–908. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.04.039>
- Cherri, A. C., Arenales, M. N., Yanasse, H. H., Poldi, K. C., & Gonçalves Vianna, A. C. (2014). The one-dimensional cutting stock problem with usable leftovers - A survey. *European Journal of Operational Research*, 236(2), 395–402. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.11.026>
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Curse, M. (2016). *and Acquisitions*. 11–15. <https://doi.org/10.1002/jcaf>
- Dobruskin, C. (2016). On the Identification of Contradictions Using Cause Effect Chain Analysis. *Procedia CIRP*, 39, 221–224. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.192>
- Gradisar, M., & Trkman, P. (2005). A combined approach to the solution to the general one-dimensional cutting stock problem. *Computers and Operations Research*, 32(7), 1793–1807. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2003.11.028>
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), 241–249. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key of Japan's Competitive Success*.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen - A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*.
- Kiris, S. B., Eryarsoy, E., Zaim, S., & Delen, D. (2021). An integrated approach for lean production using simulation and data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04265-z>
- Kregel, I., Ogonek, N., & Matthies, B. (2019). Competency profiles for lean professionals – an international perspective. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(2), 423–446. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2017-0237>
- Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control*.
- Nagyova, A., Palko, M., & Pacaiova, H. (2015). Analysis and Identification of Nonconforming Products By 5W2H Method. *9th International Quality Conference, June*, 33–42.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089.

<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>

Ungan, M. C. (2006). Standardization through process documentation. *Business Process Management Journal*, 12(2), 135–148. <https://doi.org/10.1108/14637150610657495>

Wa, G., Haußner, H., & Schumann, H. (2007). *An improved typology of cutting and packing problems*. 183, 1109–1130. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.12.047>

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>

Womack, J. P., Jones, D. T., & Ross, D. (2007). *The machine that changed the world : The story of Lean Production*.

Yang, C. T., Sung, T. C., & Weng, W. C. (2006). An improved tabu search approach with mixed objective function for one-dimensional cutting stock problems. *Advances in Engineering Software*, 37(8), 502–513. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2006.01.005>

ANEXO 1 – Fluxo de Informação na UF3

