



Instituto Superior de Contabilidade e Administração

Politécnico de Coimbra



**Instituto Superior
de Contabilidade
e Administração**

Politécnico de Coimbra

Joana Isabel Figueiredo de Almeida

Planeamento Ótimo e Determinantes Operacionais: o caso da *Neckmolde – Moldes e Acessórios para Indústria do Vidro de Embalagem, Lda*

Coimbra, julho de 2021



**Instituto Superior
de Contabilidade
e Administração**

Politécnico de Coimbra

Joana Isabel Figueiredo de Almeida

**Planeamento Ótimo e Determinantes Operacionais: o caso
da *Neckmolde* – Moldes e Acessórios para a Indústria do
Vidro de Embalagem, Lda**

Trabalho de projeto submetido ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de **Mestre em Gestão Empresarial**, realizado sob a orientação da Professora Ana Cristina dos Santos Amaro e coorientação de Samuel de Oliveira Moniz.

Coimbra, julho de 2021

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Declaro ser a autora deste trabalho de projeto, que constitui um trabalho original e inédito, que nunca foi submetido a outra Instituição de ensino superior para obtenção de um grau acadêmico ou outra habilitação. Atesto ainda que todas as citações estão devidamente identificadas e que tenho consciência de que o plágio constitui uma grave falta de ética, que poderá resultar na anulação do presente trabalho de projeto.

PENSAMENTO

O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.

Robert Collier

Dedico este trabalho de projeto à minha avó, ternurenta Avó Sassão.

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Ana Amaro e ao Professor Doutor Samuel Moniz, que me orientaram ao longo do desenvolvimento deste trabalho. À Doutora Ana Amaro agradeço a sua simpatia e boa disposição, os seus conhecimentos académicos, ideias, dedicação e, especialmente, tempo precioso. Ao Professor Samuel Moniz agradeço as suas recomendações de melhoria.

À *Neckmolde* – Moldes e Acessórios Para A Indústria do Vidro de Embalagem, Lda por ter aceite o desafio de acolher o presente estudo na sua organização, em especial ao Mestre em Engenharia e Gestão Industrial João Cruz pela sua ajuda e disponibilidade.

Ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra por me ter recebido na sua casa, ao longo dos dois últimos ciclos de estudo.

Ao meu namorado, José, pelo apoio incondicional, principalmente nos momentos em que houve maior dificuldade, pelo encorajamento e pelo seu amor.

Aos meus pais, Fernanda e João, pelas oportunidades que me proporcionaram, ao longo da vida, e por me permitirem traçar o meu próprio caminho. Sem os meus pais nada disto teria sido possível.

À minha irmã e ao meu cunhado, Tânia e André, pela motivação e conselhos que me transmitiram e sua prontidão para ajuda. À minha sobrinha, Maria, por ser uma bebé amorosa e por me transmitir alegria para levar esta etapa até ao fim.

Aos demais membros da minha família por acreditarem em mim.

À Amália, à Catarina e ao José por me acolherem de uma forma tão simpática nas suas vidas.

Ao meu amigo Jónatas pela sua amizade e companheirismo.

À minha amiga Catarina por termos iniciado e terminado este percurso juntas, sem que permitíssemos que uma de nós ficasse para trás.

À Sónia por ter sido como uma irmã mais velha para mim, em Coimbra.

Aos demais colegas e amigos que cruzaram o meu percurso académico e que me auxiliaram até aqui.

Muito obrigada a todos vós.

RESUMO

O presente trabalho de projeto pretende abordar a temática do planeamento em contexto industrial e avaliar o compromisso das soluções adotadas com os determinantes operacionais como a agilidade, a flexibilidade ou a versatilidade. O estudo foi aplicado ao setor dos moldes para a indústria do vidro, tendo sido acolhido pela empresa *Neckmolde* – Moldes e Acessórios para a Indústria do Vidro de Embalagens, Lda.

O trabalho de projeto tem por objetivo a análise do *layout* industrial e das práticas de fabrico em curso na empresa, tendo em vista a oportunidade de melhoria do arranjo físico da instalação e o desenvolvimento de propostas de planeamento ótimo das operações, que permitam avaliar os determinantes operacionais.

Para dar resposta às questões de investigação relativas ao arranjo físico da instalação utilizaram-se suplementos de *Facility Layout Add-in* executados em *Microsoft Excel*, e que permitiram efetuar uma análise ao *layout* industrial da *Neckmolde*. A investigação relativa ao planeamento e aos determinantes operacionais foi conduzida com o desenvolvimento de um modelo, suportado por formulações matemáticas de programação linear inteira e inteira mista, ILP e MILP. As propostas desenvolvidas foram validadas com base num conjunto de testes, tendo como termo de comparação os resultados reais das operações de fabrico em curso na empresa.

Os resultados permitiram constatar que o atual arranjo físico tem possibilidade de ser modificado, melhorando desse modo a mobilização interna, o fluxo de materiais e, conseqüentemente, o tempo não produtivo. Paralelamente, em termos de fabrico, concluiu-se que os produtos com maior representatividade para a *Neckmolde* são os anéis e as boquilhas, e identificaram-se as etapas limitativas do processo de fabrico. O modelo de otimização permitiu obter várias propostas de planeamento considerando diferentes parametrizações, exigências diárias e requisitos semanais. Com base nestes resultados conclui-se do interesse do tema e da sua pertinência prática e organizacional.

Palavras-chave: Flexibilidade; *Layout* Indústria; Planeamento da Produção; Programação Matemática.

ABSTRACT

This project intends to approach the theme of industrial planning and evaluate the commitment of the ongoing solutions to the operational determinants such as agility, flexibility, or versatility. The study was applied to the sector of molds for the glass industry, having been hosted by the company *Neckmolde* – Moldes e Acessórios para a Indústria do Vidro de Embalagens, Lda.

The project aims to analyse the industrial *layout* and manufacturing practices in progress at the company, with a view to improve the physical *layout* of the plant facility and develop proposals for the optimal planning of operations, which allows the evaluation of the operational determinants.

To answer the research questions related to the physical *layout* of the installation, the Facility *Layout* Add-in supplements executed in Microsoft Excel were used, which allowed for an analysis of the industrial *layout* of *Neckmolde*. The investigation related to the planning and operational determinants was conducted with the development of mathematical models, supported by integer and mixed-integer linear programming formulations, ILP and MILP. The developed proposals were validated based on a set of tests, having as a term of comparison the real results of the manufacturing operations in progress in the company.

The results showed that the current physical arrangement can be modified, thus improving internal mobilization, material flow, and consequently, reducing non-productive time. At the same time, in terms of manufacturing, it was concluded that the most representative products for *Neckmolde* are rings and mouthpieces, and the limiting steps of the manufacturing process were identified. The optimization model allowed obtaining several planning proposals considering different daily parameterizations and weekly requirements. Based on these results, it is concluded about the interest of the theme as well as about its practical and organizational relevance.

Keywords: Flexibility; Industry *Layout*; Production Planning; Mathematical Programming.

ÍNDICE GERAL

INTRODUÇÃO	1
1 CAPÍTULO 1 – ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	6
1.1 Gestão das Operações	6
1.2 <i>Layout</i> Industrial	7
1.3 Planeamento e Escalonamento da Produção	9
1.3.1 Planeamento Estratégico.....	10
1.3.2 Planeamento Tático.....	11
1.3.3 Planeamento Operacional	12
1.4 Conceitos e Determinantes Operacionais.....	14
1.5 Sumário	18
2 CAPÍTULO 2 – A ORGANIZAÇÃO	19
2.1 História da Organização	19
2.2 Missão, Visão e Máximas da Organização	22
2.3 Estrutura Organizacional.....	23
2.4 Análise SWOT	25
2.5 Sumário	26
3 CAPÍTULO 3 – PROCESSO INDUSTRIAL	28
3.1 Matérias-Primas	28
3.2 Moldes e Acessórios	28
3.3 Operações de Transformação e Equipamentos	31
3.4 <i>Layout</i> Industrial	33
3.4.1 <i>Layout</i> Atual – “As Is”.....	33
3.4.2 Proposta de <i>Layout</i> – “To Be”	44
3.4.3 Pontos Convergentes e Divergentes	54

3.5	Sumário	55
4	CAPÍTULO 4 – PLANEAMENTO INDUSTRIAL.....	57
4.1	Definição do Problema.....	57
4.2	Modelo de Planeamento	61
4.3	Soluções de Planeamento – Análise e Discussão.....	65
4.3.1	Planeamento Tático.....	66
4.3.2	Planeamento Operacional	69
4.4	Sumário	76
	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
	APÊNDICES	83
	APÊNDICE 1. ENTREVISTA A ELEMENTO DO ÓRGÃO DE GESTÃO.	84
	APÊNDICE 2. PROCESSOS PRODUTIVOS.....	87
	2.1. BOQUILHAS.	87
	2.2. ANÉIS.....	88
	2.3. CABEÇAS DE SOPRO.....	88
	2.4. FALSOS CANHÕES.....	89
	2.5. FUNIS.....	89
	2.6. POSTIÇOS.....	90
	2.7. PUNÇÕES.....	90
	APÊNDICE 3. PRODUÇÃO SEMANAL POR PRODUTO, EM 2021.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do processo de planeamento estratégico.....	10
Figura 2 – Níveis de planeamento.	13
Figura 3 – Conhecimento da cadeia de abastecimento.	13
Figura 4 – Sede da <i>Neckmolde</i>	20
Figura 5 – Evolução do volume de negócios por produto, em quantidade.....	21
Figura 6 – Organigrama da <i>Neckmolde</i>	23
Figura 7 – Produtos comercializados.....	29
Figura 8 – Articulação entre uma garrafa de vidro e os moldes e acessórios necessários para a sua produção (fase de finalizar).	30
Figura 9 – Fluxos produtivos.	33
Figura 10 – Planificação das instalações fabris (piso inferior) e legenda das mesmas: A – Centro Tecnológico de Fresagem (2ª fase); B – Centro Tecnológico de Torneamento (Produção de Anéis e Restantes Moldes e Acessórios); C – Centro Tecnológico de Fresagem (1ª fase); D – Centro Tecnológico de Torneamento (Produção de Boquilhas); E – Centro Tecnológico de Metalização; F – Serrote; G – Armazém de Matérias-Primas (interno); H – Centro Tecnológico de Acabamentos; I – Centro Tecnológico de Controlo; J – Receção, Balneário e Sala de Refeições; K – Armazém Matérias-Primas Requisitadas; L – Armazém de Produtos Acabados; M – Sala de arrumos.	34
Figura 11 – Vista geral das instalações fabris.....	35
Figura 12 (A) – Centro tecnológico de controlo; (B) – Centro tecnológico de acabamentos.....	36
Figura 13 – Centro tecnológico de metalização.....	38
Figura 14 (A) – Centro tecnológico de fresagem (1ª fase); (B) – Centro tecnológico de fresagem (2ª fase).....	39
Figura 15 (A) – Centro tecnológico de torneamento (produção de boquilhas); (B) – Centro tecnológico de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios).	41
Figura 16 – Centro tecnológico de programação.....	41

Figura 17 (A) – Armazém matérias-primas (interno); (B) – Armazém matérias-primas (externo); (C1 e C2) – Armazém matérias-primas requisitadas; (D) – Armazém produtos acabados; (E) – Serrote.	43
Figura 18 (A) – Situação controlo: <i>layout</i> atual e respetivos fluxos; (B) – Situação controlo: <i>layout</i> melhoria e respetivos fluxos.	49
Figura 19 (A) – Situação avaliação 1: <i>layout</i> atual e respetivos fluxos produtivos; (B) – Situação avaliação 1: <i>layout</i> melhoria e respetivos fluxos produtivos.	50
Figura 20 – Situação avaliação 2: <i>layout</i> atual e respetivos fluxos produtivos	51
Figura 21 (A) Situação avaliação 2 – <i>layout</i> melhoria com penalização e respetivos fluxos produtivos; (B) Situação avaliação 2 – <i>layout</i> melhoria sem penalização e respetivos fluxos produtivos.	52
Figura 22 – Situação avaliação 3: <i>layout</i> melhoria com introdução dos corredores principais e respetivos fluxos produtivos.....	53
Figura 23 – Alterações ao <i>layout</i> da <i>Neckmolde</i>	55
Figura 24 – <i>Dashboard</i> planeamento tático "as is".	66
Figura 25 – Dispersão da produção, em 2021.	68
Figura 26 – <i>Dashboard</i> planeamento operacional "as is", na semana 21.	70
Figura 27 – <i>Output</i> cenário 1A e 1B.....	72
Figura 28 – <i>Output</i> cenário 2A e 2B.....	73
Figura 29 – <i>Output</i> cenário 3.	74
Figura 30 – <i>Output</i> cenário 4.	75
Figura 31 – <i>Outputs</i> cenário 5.....	76

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição do quadro de pessoal da <i>Neckmolde</i> , por centros tecnológicos	24
Tabela 2 Análise SWOT. (A) – Ambiente Interno; (B) – Ambiente Externo	25
Tabela 3 – Avaliação dos cenários equacionados.....	53
Tabela 4 – Afetação operações/equipamentos.....	58
Tabela 5 – Processo produtivo de boquilhas.	60

Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas

BOM – *Bill Of Materials* (Lista de Materiais)

CEO – *Chief Executive Officer* (Diretor Executivo)

CNC – Comando Numérico Computadorizado

CRAFT – *Computerized Relative Allocation of Facilities Technique* (Técnica Computorizada de Alocação Relativa de Instalações)

CT – Centro Tecnológico

CTA – Centro Tecnológico de Acabamento

CTC – Centro Tecnológico de Controlo

CTF – Centro Tecnológico de Fresagem

CTM – Centro Tecnológico de Metalização

CTP – Centro Tecnológico de Programação

CTT – Centro Tecnológico de Torneamento

F.O. – Função Objetivo

GO – Gestão das Operações

I&D – Investigação e Desenvolvimento

ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização)

MOD – Mão de Obra

MP – Matéria-Prima

PA – Produto Acabado

PME – Pequena Média Empresa

RH – Recursos Humanos

s.a – Sujeito a

SC – *Supply Chain* (Cadeia de Abastecimento)

SCEM – *Supply Chain Event Management* (Gestão de Eventos da Cadeia de Abastecimento)

SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats* (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)

TI – Tecnologia da Informação

VN – Volume de Negócios

INTRODUÇÃO

No contexto da parte não lecionada do Mestrado em Gestão Empresarial considerou-se mais oportuno enveredar pela modalidade de Trabalho de Projeto, no domínio da Gestão e Otimização de Operações, tendo em vista a realização de um trabalho de investigação aplicado em contexto organizacional, mais concretamente na *Neckmolde – Moldes e Acessórios para a Indústria do Vidro de Embalagens, Lda.*

São inúmeros e muito diversificados os desenvolvimentos registados na área do planeamento industrial, da gestão de operações, e de todos os determinantes operacionais associados (i.e., flexibilidade, agilidade, etc.). As oportunidades emergentes nesta área do conhecimento e o potencial de impacto a nível organizacional justificam o interesse de realização de um trabalho de projeto em contexto organizacional.

Por outro lado, os gestores têm enfrentado grandes desafios na otimização e gestão de operações e processos. Pretende-se assim suscitar algumas dessas questões, procurando encontrar resposta através da realização de uma investigação aplicada na empresa em estudo, a *Neckmolde, Lda.*

Efetuada o contacto com a organização, concluiu-se haver abertura suficiente para a realização do trabalho de projeto, visto que os responsáveis da *Neckmolde* demonstraram total disponibilidade e interesse em explorar e avaliar as oportunidades de melhoria que daí possam advir.

Justificação e Enquadramento

As motivações para a escolha desta área de investigação foram o interesse despertado aquando do contacto com esta área do conhecimento no decurso da componente letiva do Mestrado, e o facto de ser um tema atual e com grande pertinência para as organizações, com destaque para as organizações do setor industrial. A gestão e otimização de operações é, desde há muito, uma área impactante ao nível empresarial destacando-se, em especial, as ferramentas de gestão vocacionadas para o suporte à decisão. Estas apoiam os gestores ajudando-os a enfrentar os contínuos desafios criados por procuras variáveis e voláteis, incertezas e tantos outros fatores que induzem contínua pressão sobre as organizações e sobre a sua capacidade de resposta.

“Com a mudança no cenário competitivo das últimas décadas a partir de um mercado mais globalizado, torna-se necessário promover e incentivar o ensino e a

pesquisa no campo de *gestão de produção e operação*”, conforme Bonfim, Gonçalves, Silva, & Telechi (2017, citando Arkader, 2003).

A este propósito acresce ainda o facto de ter sido conduzida uma revisão da literatura que mostrou não existir nenhuma proposta ou modelo que considere explicitamente a combinação dos determinantes operacionais de flexibilidade, versatilidade, agilidade e rastreabilidade, enquanto diferenciadores nas metodologias de planeamento industrial.

Assim, face aos argumentos apresentados, pode concluir-se que a presente proposta possui potencial inovador na área em estudo em que se insere e reúne condições de interesse académico e organizacional.

Caracterização do Problema

Seguindo a linha de motivação identificada, o presente estudo pretende dar um contributo para compreender, no contexto aplicado da *Neckmolde*, Lda, a relevância de um conjunto de determinantes operacionais, e a sua relevância em termos de boas práticas industriais. Para tanto, o trabalho suscita algumas questões de investigação para as quais se procura encontrar resposta, avaliando a usabilidade das propostas através do potencial interesse e aplicação no contexto da *Neckmolde*, Lda.

Apresentação da Empresa

A organização eleita para acolher o estudo é uma PME, do tipo familiar, e é denominada por *Neckmolde – Moldes e Acessórios para Indústria do Vidro de Embalagem*., doravante designada apenas por *Neckmolde*. Localiza-se na Zona Industrial da Ortigosa, distrito de Leiria. Foi fundada em outubro de 2002, sendo a sua principal atividade a fabricação e comercialização de moldes e acessórios metálicos para a indústria fabricante de embalagens de vidro. Em Portugal, a *Neckmolde* é uma das poucas empresas a atuar neste setor empresarial.

A *Neckmolde* tem registado um crescimento económico significativo ao longo do seu percurso, justificado em boa parte por uma carteira de cliente que tem vindo a conseguir fidelizar. Para este resultado contribui de forma efetiva a capacidade de resposta e nível de serviço ao cliente, materializados na diversificação dos produtos desenvolvidos e fabricados. A empresa considera-se uma *player* desde 2002 a nível europeu no que toca à produção de moldes e acessórios para a indústria do vidro de

embalagens, possuindo negócios não só a nível nacional, como também em países como Espanha, Itália, Bélgica, Alemanha, República Checa, Polónia, Roménia, Bulgária, Grécia, Índia, Arábia Saudita e, por último, Egito. Entre os vários clientes podem salientar-se a Santos Barosa e *Verallia* (Portugal), Misr Glass Manufacturing Co. (Egito) e Zitzmann Formenbau (Alemanha).

Questões de Investigação e Metodologia

O conjunto de questões de investigação tem patente a implementação/aplicação ao caso de estudo da *Neckmolde*, aos seus processos e à especificidade do seu paradigma de gestão. Têm-se, pois, as seguintes questões:

- a) Quais os principais constrangimentos do planeamento na *Neckmolde*, Lda e qual o “compromisso” entre as boas práticas industriais e as propostas de otimização industrial?
- b) Em que medida o *layout* industrial (i.e., arranjo físico dos equipamentos) impacta na solução de planeamento e nas suas características operacionais?
- c) Em que medida as metodologias de planeamento/programação da produção implementadas na *Neckmolde*, Lda integram parametrizações diferenciadoras de agilidade, flexibilidade e de versatilidade?

Objetivos

Com o propósito de dar resposta às questões acima mencionadas, o objetivo geral do presente trabalho de projeto é a realização de um estudo que demonstre a oportunidade de tratamento de problemas concretos de produção industrial, como é o caso da *Neckmolde*. Acresce a pertinência da proposta de sugestões que visem melhorias no campo das boas práticas industriais.

A partir deste objetivo geral detalham-se alguns objetivos específicos e apresentam-se em paralelo, as metodologias consideradas mais adequadas para atingir cada um desses objetivos.

- a) Identificar/caracterizar o problema geral de produção da *Neckmolde*, Lda.
Metodologia de observação e recolha de dados, com conseqüente exposição dos factos registados.
- b) Efetuar o levantamento de dados e aferir os mecanismos de monitorização utilizados na produção.

Estabelecer contacto, sob a forma de entrevista, com o órgão de gestão da *Neckmolde*, de forma a elaborar um registo com os dados mais relevantes no tocante à produção.

- c) Identificar/caracterizar/delimitar algumas das barreiras à otimização de processos neste setor industrial.

Desenvolver uma revisão da literatura científica na área da gestão e otimização de processos produtivos neste setor industrial

- d) Estudar as metodologias utilizadas no arranjo físico dos equipamentos e demais facilidades industriais (i.e., *layout*) e no planeamento ótimo de processos como o da entidade em estudo.

Efetuar um levantamento de contributos científicos e técnico científicos, por forma a estabelecer um paralelismo entre os resultados considerados na literatura e os resultados observados pela *Neckmolde*.

- e) Elaborar um modelo de planeamento ótimo da produção que avalie explicitamente parâmetros de agilidade, flexibilidade, de versatilidade e de rastreabilidade do fluxo produtivo.

Construção de uma formulação matemática que permita conhecer o planeamento ótimo da produção, tendo espaço para equacionar os determinantes operacionais definidos.

- f) Análise comparativa entre as práticas industriais e as propostas de planeamento ótimo.

Metodologia de simulação de potenciais dados e análise dos resultados apresentados pela *Neckmolde*, através do modelo matemático desenvolvido.

- g) Delinear propostas viáveis para o planeamento da produção da *Neckmolde*, Lda. Descrição das falhas encontradas e apresentação de melhorias a aplicar no processo produtivo.

- h) Apreciação crítica dos resultados obtidos na implementação do modelo de planeamento.

Para alcançar os objetivos enunciados foi definida uma metodologia de *design* suportada numa análise quantitativa de otimização.

Estrutura do Trabalho de Projeto

Em termos de estrutura, o presente trabalho de projeto encontra-se organizado em 4 capítulos. Após esta breve Introdução, no capítulo 1, apresenta-se o “Enquadramento Teórico”, que consiste no levantamento dos conceitos que suportam o estudo e na identificação e síntese das suas principais contribuições publicadas em artigos científicos e técnicos, livros e outras publicações científicas e académicas como dissertações de mestrado no campo em análise.

No capítulo 2, “A Organização” detalha-se a história da organização, o seu percurso, ideais empresariais, principais mercados e clientes e, ainda, a respetiva estrutura organizacional. Evidencia-se, ainda, uma análise aos pontos fortes e fracos, às oportunidades e ameaças da *Neckmolde*, apresentando-se esta sobre a forma de análise SWOT.

Segue-se a exposição do terceiro capítulo “O Processo Industrial”, em que se apresentam as matérias-primas que servem de base à produção e respetivas características, dos moldes e acessórios produzidos, a sua aplicação, e as operações de transformação (i.e., processo produtivo) de cada molde e acessório, dada uma matéria-prima específica. É então apreciado o *layout* industrial e confrontado o arranjo físico atual com uma proposta de *layout* otimizado desenvolvida para o processo produtivo da *Neckmolde*.

No capítulo quarto apresenta-se a problemática do “Planeamento Industrial”, efetuando-se a sua definição e a proposta de uma formulação matemática de otimização que pretende dar respostas às questões de investigação enunciadas anteriormente. Ainda neste capítulo, procede-se à “Análise e Discussão de Resultados”, através de uma observação ao nível dos planeamentos tático e operacional e da análise das oportunidades de boas práticas industriais.

No último capítulo identificam-se as conclusões retiradas do presente trabalho de projeto e as perspetivas para trabalhos futuros, de forma a poder dar continuidade ao conhecimento adquirido.

1 CAPÍTULO 1 – ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O presente capítulo tem por objetivo definir científica e tecnicamente os conceitos considerados fulcrais para a investigação a encetar no trabalho de projeto. Desta forma, a revisão da literatura é conduzida para as temáticas do *layout* industrial, planeamento da produção (*production planning*), flexibilidade (*flexibility*), agilidade (*agility*), versatilidade (*versatility*) e respetivos conceitos intrínsecos. É, também, relevante analisar a interação dos determinantes operacionais, do *layout* e do planeamento ótimos.

1.1 Gestão das Operações

Atualmente são apresentados aos gestores novos desafios de decisão e de atuação. Estes desafios estão, maioritariamente, associados à agressividade das indústrias concorrentes e às exigências de competitividade impostas pelos requisitos de resposta aos clientes como pelas restantes indústrias. Desta forma, há necessidade de que a gestão das operações seja feita de uma forma cuidada. É essencial que tanto os gestores de topo como os de linha estejam despertos para estas situações, tendo em conta que um pequeno desvio, no sentido negativo, no decurso normal da atividade produtiva de uma organização pode impactar de uma forma muito significativa nos resultados.

Bonfim *et al.*, (2017, citando Gupta, Verma, & Victorino, 2006) afirmam que: “Da Gestão da Fábrica, passando pela Gestão da Produção e chegando à Gestão de Operações, as mudanças se intensificaram, especialmente nas últimas décadas, com grande impacto tanto na atividade empresarial quanto nas atividades de ensino e pesquisa”. Kleindorfer *et al.*(2005), seguindo o pensamento de Bonfim *et al.*, (2017), explica que a: “Gestão de Operações (GO) é definida como a adição das habilidades e conceitos que permitem às empresas estruturar e controlar os seus processos de negócio para alcançar um retorno competitivo, sem vincular as necessidades legítimas das partes interessadas internas e externas e levando em conta o impacto das suas operações sobre as pessoas e o meio ambiente, gerando vantagem de produtividade e competitividade.”.

Mações (2017) reconhece que a área de produção e operações é “responsável pelo nível ótimo da tecnologia que a empresa deve ter nos seus processos de fabrico. As decisões estratégicas relacionadas com esta área funcional são relativas aos processos de planeamento da produção, *layout* das instalações, capacidade produtiva, tecnologia e

equipamentos produtivos, localização das instalações, assim como a organização do trabalho.”.

Num outro patamar de decisão, Lisboa & Gomes (2008) afirmam que a gestão de operações tem como objetivo “garantir a transformação eficaz de recursos (*inputs*) em produtos ou serviços (*outputs*)”. Acrescentam que “seja qual for o tipo de organização, as decisões a tomar neste âmbito são semelhantes e dizem respeito à forma como os produtos ou serviços irão ser produzidos, nomeadamente no que respeita ao planeamento das atividades, à utilização eficaz dos recursos e à seleção dos indicadores na monitorização da performance organizacional.”.

António (2016 mencionando Menipaz, 1984) “fundamenta ainda que o objetivo de gestão das operações deve integrar três componentes básicas dos sistemas de operações: i) entradas (*inputs*), que podem ser tangíveis (pessoas, materiais e equipamentos) ou intangíveis (informação, tempo); ii) processos, que representam a essência dos sistemas; e iii) as saídas (*output*), isto é os bens e serviços.”.

“Atualmente, a competitividade, a globalização, a escassez de recursos, a qualidade, a redução de custos, a flexibilidade, a inovação tecnológica, as preocupações ambientais, com a higiene, saúde e segurança no trabalho são os principais desafios com os quais uma empresa se depara diariamente. Para além de desafios, são também oportunidades”, segundo Branco (2018 referindo Pinto, 2006).

1.2 *Layout* Industrial

Segundo Gerlach, Bueno da Silva, Almeida dos Santos, do Amaral Adamy, & Garlet (2017) “O *layout* pode ser definido como a disposição física de máquinas, postos de trabalho, equipamentos, pessoas, áreas de circulação, entre outros fatores que ocupam espaço na fábrica, distribuindo-os de forma a maximizar a funcionalidade do processo produtivo e otimizar o ambiente de trabalho”.

Seguindo a mesma linha de pensamento, Vieira (2019) afirma que “O projeto de um *layout* industrial ou de uma instalação fabril consiste na organização dos elementos físicos de uma planta fabril, com o objetivo de otimizar os fluxos de informação e de material (Apple, 1977). Uma boa organização do *layout* permite minimizar os custos de manuseamento de material, melhorar o planeamento e controlo da produção, reduzir o

prazo de entrega dos produtos e diminuir os níveis de inventário (El-Rayah & Hollier, 1970).”

Ainda Santos & Reis (2019) aludindo a MOREIRA, 2008) definem que o “*layout* pode ser considerado como a maneira na qual se encontram distribuídos fisicamente os recursos que ocupam espaço dentro de uma instalação, uma vez que podem se tratar de recursos transformados ou transformadores. Os recursos transformados sendo matéria-prima, informações e clientes, e os recursos transformadores sendo as máquinas, equipamentos e operadores”. Silva (2020 citando Slack et al., 2009) afirma que o “*layout* consiste numa operação ou processo em que os recursos transformadores são posicionados uns em relação aos outros e como as inúmeras tarefas da operação serão dispostas a esses recursos transformadores.”.

Conforme Gadelha et al. (2015) “*Layout*, ou arranjo físico, é a disposição física dos muitos recursos de transformação envolvidos em um processo de manufatura, e de suas unidades de apoio. É a definição de onde colocar máquinas, postos de trabalho, equipamentos, pessoas e todas as instalações.”

Gadelha et al. (2015 transcrevendo Rocha, 2002) indica que “No estudo do arranjo físico busca-se a melhor maneira de dispor, em uma determinada área, todos os meios produtivos, otimizando manuseio, transporte e circulação de pessoal. Pode ser estudado no momento da implantação da empresa ou na busca por melhorias em organizações implantadas.”. Uns anos mais tarde, Vieira (2019) corrobora esta afirmação ao afirmar que “O planeamento do *layout* industrial tem sido estudado por vários investigadores, com o objetivo de melhorar a qualidade de produção, a flexibilidade e a fiabilidade dos produtos, fazendo face à globalização e aumento da competitividade do mercado. Além disso, as constantes alterações no mercado obrigam as empresas a adaptar-se rapidamente, e o planeamento de um *layout* flexível e dinâmico é uma clara vantagem para enfrentar estas mudanças (Divya Agarwal, Ajay Singholi, & Pushendra S. Bharti, 2017).”

“Os critérios mais comuns para planear um novo/melhor *layout* são os seguintes: fator qualidade, fator humano, fluxo de informação, flexibilidade, fluxo de material e fator movimento”, de acordo com Vieira (2019 invocando Divya Agarwal et al., 2017).

1.3 Planeamento e Escalonamento da Produção

A otimização de operações é cada vez mais uma temática abordada no seio das organizações, pelo facto de a otimização ao longo das várias áreas funcionais das organizações permitir a redução de custos e a melhoria do seu desempenho. De acordo com Leite (2017 apontando Grossmann, 2009), “muitos autores têm apoiado a ideia de uma coordenação mais abrangente entre planeamento e escalonamento”. Esta envolve, desde os processos de aquisição de materiais até ao planeamento das entregas de produtos acabados.” “Estes processos são duas atividades, com funções diferentes, apesar de terem o mesmo fim”, tal como refere Leite (2017 replicando Shen *et al.*, 2006).

“Planear é prever, a curto, médio e longo prazo, metas, objetivos, estratégias e recursos para que uma obra humana seja mais facilmente exequível.”, conforme Carvalho (2013).

A esse propósito, Mações (2017) escreveu que o planeamento é a função mais importante da gestão. Esta “importância deriva fundamentalmente do facto de todas as outras funções de gestão se ancorarem no planeamento.”. Para além destas observações, este autor afirma, ainda, que “O planeamento pode ser mais ou menos formal, mas é fundamental para que as organizações sejam capazes de responder com eficácia às mudanças do meio envolvente.”.

Miranda (2013 em consonância com Buzacott *et al.*, 2012) considera que “o planeamento consiste na preparação sistemática de futuras atividades, apoiando-se em suposições e projeções sobre como um objeto vai ser planeado e como o seu ambiente irá desenvolver-se no futuro.”.

Alguns anos mais tarde, Roldão (2016) estabelece que o planeamento é “o processo conhecido pelo qual a organização define um rumo a seguir, traça planos e define as orientações que lhe permitem, tendo em consideração as contingências exógenas, atuais e previstas no futuro, impostas pelo exterior, e os seus recursos internos, as suas capacidades e qualificações, atingir os objetivos e assim alcançar a sua visão e cumprir a sua missão.”.

Retomando o autor Mações (2017), este profere que o planeamento é composto por quatro fases fundamentais:

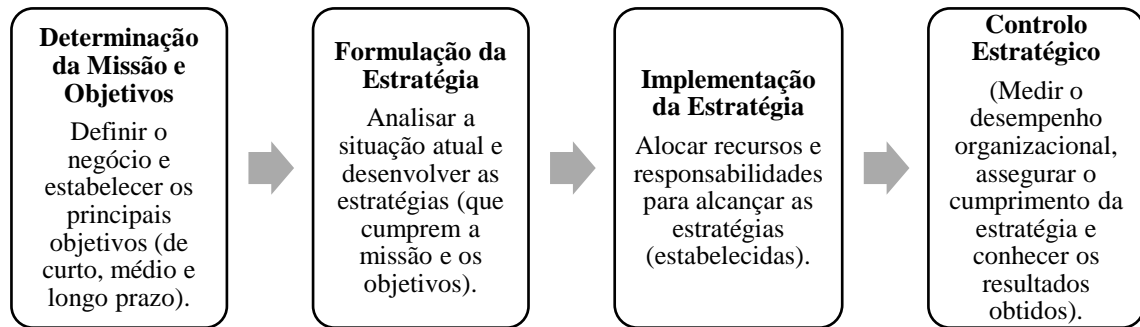


Figura 1 – Etapas do processo de planeamento estratégico.

Fonte: Adaptado de Mações (2017).

Para Carvalho (2013) “uma grande vantagem do planeamento diz respeito à oportunidade que, *a priori*, é conferida aos empreendedores para refletir sobre todas as eventualidades que é possível prevenir:

- Que necessidades e desejos humanos se pretende satisfazer?
- Que disponibilidade de recursos existe?
- Qual o custo-benefício envolvido?
- Que objetivos se pretende atingir?
- Que estratégias são as melhores para se ter sucesso?
- Que tarefas têm de ser levadas a cabo?

• De que modo se vão avaliar desempenhos e resultados?”. Este autor acrescenta, ainda, que “O planeamento é uma função crucial da gestão e, quando bem executada e com a colaboração de todos na organização, pode ser a base das outras funções – a organização, a coordenação e o controlo.”

Alves (2014), António (2016) e Mações (2017) dividiram o planeamento em três níveis: planeamento estratégico, tático e operacional. Esta divisão do planeamento foi pensada tendo em consideração dois fatores: o horizonte temporal e o nível hierárquico em que é executado.

1.3.1 Planeamento Estratégico

Antes de definir o planeamento estratégico é preciso estabelecer as barreiras da estratégia. Para Mações (2017) este conceito é visto como “o caminho a seguir para atingir os objetivos. É uma abordagem para superar um desafio ou para ultrapassar uma

dificuldade”. De uma forma simplificada, a visão deste autor centra-se em três pontos: “presente” (onde se encontra a organização), “estratégia” (como a organização lá pode chegar) e “futuro” (onde a organização pretende chegar).

Posto isto, o planeamento estratégico “diz respeito a decisões de longa duração e que fornecem a orientação e direção global da empresa. Deve pois ser caracterizada a situação atual da empresa, as metas a atingir e as estratégias a seguir para atingir essas mesmas metas”, de acordo com Alves (2014). Relativamente ao planeamento estratégico, Leite (2017) afirma que este “passa por definir novas estratégias para preservar a capacidade competitiva através de processos com vista a mudanças no negócio atual como, por exemplo, o lançamento de novos produtos, a construção de novas instalações, entre outras”, acrescentando, ainda, que “define o objeto ou produto, os métodos e os meios.”. Citando Mações (2017) “A gestão de topo é responsável pelo planeamento estratégico que engloba a empresa como um todo.”. Na maior parte das vezes, este nível de planeamento passa por ser projetado para um período de meses ou anos, sendo que a escala temporal pode variar com o tipo de indústria e de decisões.

De acordo com Christopher & Peck (2004) “Conhecimento estratégico é uma consciência das tendências e questões emergentes que podem ter impacto na continuidade da cadeia de abastecimento em algum momento no futuro. Este tipo de conhecimento pode ser gerado através da análise formal do tipo “P.E.S.T.” (Política, Económica, Social e Tecnológica). Tais análises têm como objetivo permitir uma avaliação formalizada do contexto em que as redes e cadeias de abastecimento operam.”.

1.3.2 Planeamento Tático

O planeamento tático, tal como refere o autor Alves (2014), “envolve um horizonte de tempo médio.” e “São planos mais específicos que os anteriores, que atuam em cada área funcional da empresa, servindo como uma espécie de ligação entre os planos estratégicos e os operacionais”.

O planeamento tático tem a função de tornar os objetivos estratégicos, mais abstratos, em objetivos mais concretos, sem descuidar o estabelecimento de metas e datas para a produção. No nível tático, o departamento da produção tem de elaborar o plano agregado de produção que servirá de base ao plano mestre de produção. Lisboa & Gomes (2008) afirmam que o objetivo do plano agregado de produção é “a otimização da

capacidade produtiva da empresa (instalações, equipamentos e recursos humanos), tendo em conta a satisfação da procura prevista para um determinado período.”. Estes autores afirmam que a função do plano mestre de produção é “fornecer com maior detalhe, e já de uma forma desagregada, a produção a fabricar semanalmente.”.

Por outro lado, Mações (2017) afirma que “São os gestores intermédios que controlam o planeamento tático e a estratégia das suas unidades de negócio e são responsáveis pela execução e implementação das decisões tomadas ao nível do planeamento estratégico.”. Acrescenta, ainda, que cada divisão tem conhecimento sobre as suas funções, sendo que “Os gestores de cada divisão são responsáveis pelo planeamento e objetivos estratégicos, com vista a aumentar a eficiência¹ e a eficácia² das suas áreas funcionais.”.

Ao nível do conhecimento tático, Christopher & Peck (2004) defendem que “o conhecimento necessário é específico para a avaliação do risco das operações atuais; principalmente procura, oferta, processos e risco de controlo.”.

1.3.3 Planeamento Operacional

Por último, o planeamento operacional “serve como o regulador das decisões do dia-a-dia, tendo por isso um horizonte de planeamento de curto prazo”, segundo Alves (2014). Leite (2017) formula o planeamento operacional como sendo o “procedimento que atribui os trabalhos às máquinas ou recursos (afetação) e/ou define o sequenciamento das mesmas ao longo do tempo, procurando encontrar a forma mais otimizada possível. Determina a altura mais adequada para executar cada tarefa, tendo em conta as limitações das capacidades dos recursos existentes, bem como, as relações temporais entre os processos.”. Desta forma, o departamento da produção deve elaborar a programação da produção.

Para Mações (2017) este nível de planeamento é executado pelos gestores de primeira linha e “traduz-se na elaboração de orçamentos anuais ou orçamentos reportados

¹ Quando determinada tarefa é executada de forma otimizada ou com o menos desperdício de tempo, esforço e recursos.

² Quando algo é adequado para atingir um propósito, de forma a atingir as metas pretendidas.

a períodos mais curtos e na avaliação e controlo dos resultados das unidades organizacionais, confrontando os resultados obtidos com os resultados esperados”.

Tendo em consideração as duas visões existentes relativamente aos níveis de decisão dentro de uma organização, apresentam-se abaixo, esquematicamente, as respetivas hierarquias. A primeira das hierarquias, classifica os níveis de decisão da seguinte forma:

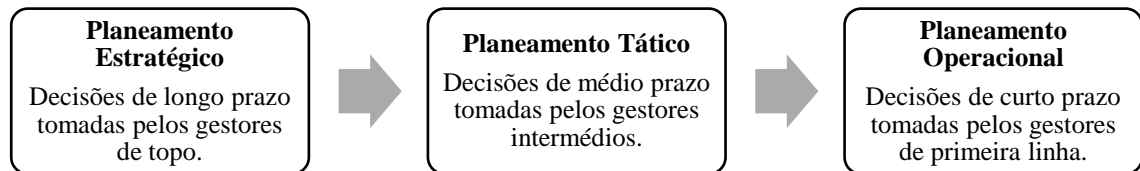


Figura 2 – Níveis de planeamento.

Fonte: Adaptado de Mações (2017).

Numa outra perspetiva, segunda hierarquia, os vários níveis decisórios são entendidos como patamares de conhecimento da organização.

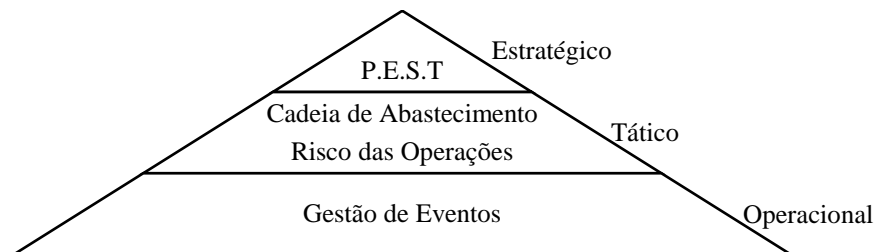


Figura 3 – Conhecimento da cadeia de abastecimento.

Fonte: Adaptado de Christopher & Peck (2004).

No que se refere ao escalonamento da produção e ao seu objetivo, Lisboa & Gomes (2008) afirmam que “consiste em determinar a sequência mais conveniente no processamento de um conjunto de encomendas, de modo a otimizar um determinado critério considerado relevante na performance organizacional. No entanto este é um dos problemas de difícil tratamento e um dos mais complexos na área da gestão das operações.”. O número de encomendas a executar, o número de máquinas que integram o circuito de fabrico, o tipo de fluxo de fabrico existente na unidade, o ritmo de chegada das encomendas e o critério utilizado na avaliação das diversas sequências possíveis são alguns dos fatores que influenciam o escalonamento da produção.

Uma grande diferença que se encontra entre o planeamento e o escalonamento da produção é o facto de o primeiro conceito se realizar a um nível agregado, enquanto o escalonamento se realiza a um nível mais pormenorizado. Assim, ao avaliar o planeamento a organização pode apurar bons indicadores de operação que a análise detalhada proporcionada pelo escalonamento pode contrariar.

Sumariamente, é inegável que tanto o planeamento da produção como o escalonamento têm demonstrado possuir, cada vez mais, um papel fundamental na gestão dos sistemas produtivos das empresas. O planeamento ótimo da produção conjugado com os seus fatores diferenciadores é determinante para a capacidade de serviço ao cliente e, como tal, para o sucesso das organizações.

1.4 Conceitos e Determinantes Operacionais

As questões operacionais relativas à capacidade de resposta aos desafios de incerteza e de variabilidade dos mercados determinam vários tipos de atuação e resultam em diferentes níveis de desempenho.

As dimensões de agilidade, flexibilidade, versatilidade, entre muitas outras, são conceitos que têm vindo a ser explorados, considerada a sua importância na caracterização da capacidade de resposta das organizações.

Sumariam-se em seguida cada um desses determinantes, vistos na ótica de algumas contribuições da literatura, e apresentam-se alguns registos comparativos dos conceitos.

Agilidade

De acordo com Santos (2012) e Christopher & Peck (2004) “a agilidade é a capacidade de uma organização responder rapidamente a alterações na procura, quer em termos de volume quer de variedade.”. Para Pires (2011) ser ágil significa ter “foco na obtenção de um sistema produtivo que se adapte e responda rapidamente às mudanças no mercado, ou seja, um sistema mais responsivo”.

Santos (2012) ao realizar a sua investigação constatou que “a agilidade tanto é considerada um recurso como uma integração, uma capacidade, uma estratégia, uma descrição ou, ainda, uma aliança”.

Para Rodrigues (2014) “a agilidade (*agility*) trata “as competências globais do negócio que englobam as estruturas organizacionais, sistemas de informação, processos logísticos e, em particular, a mentalidade e cultura da organização.”.

A esse propósito, Christopher & Peck (2004) afirmam que “a chave para uma resposta ágil é a presença de parceiros ágeis a montante e a jusante da empresa central”, tendo por base a ideia de que uma organização não é uma ilha. Ou seja, está inteiramente ligada com os seus fornecedores e clientes. Estes afirmam, ainda, que a visibilidade e a velocidade são dois conceitos fundamentais da agilidade. Sendo que a visibilidade “implica uma vista clara dos inventários a montante e a jusante, as condições de procura e de oferta, a produção e a programação de compras, por exemplo.”.

Surge assim a pertinência de ampliar o conceito de agilidade a um contexto organizacional mais amplo, como é o caso da gestão da cadeia de abastecimento (i.e., *Supply Chain Management*). Rodrigues (2014). define então conceptualmente agilidade numa cadeia de abastecimento como sendo “a capacidade de as organizações responderem de modo rápido e eficaz à imprevisibilidade e alterações da procura.”. Assim, para uma cadeia de abastecimento ser considerada ágil tem de ser sensível ao mercado, virtual, haver integração de processos e baseada em *network*.”.

O *Council of Supply Chain Management Professional*, CSCMP, define agilidade como a capacidade de se adaptar de forma rápida e económica às mudanças do mercado, sem impacto negativo significativo sobre qualidade ou confiabilidade (cscmp, 2013).

Segundo Santos (2012) a aplicação da agilidade a uma cadeia de abastecimento permite: 1) “aumentar a capacidade de resposta da *Supply Chain* (SC) às exigências do cliente”, 2) “tornar a SC mais flexível” e 3) “aumentar a capacidade de colocar no mercado, com sucesso, produtos de elevada qualidade com tempo de ciclo curto e volume variável que forneçam maior valor acrescentado ao cliente”.

Em suma, “A cadeia de abastecimento ágil tem por objetivo a rápida resposta às solicitações dos clientes e mudanças do mercado, controlando custos e qualidade.”, Alves, Pires, & Saraiva (2012).

Flexibilidade

Ao ingressar pelo conceito da flexibilidade, importa referir que Esmailikia *et al.*, (2016) afirmam que reporta à “capacidade de um sistema de manufatura reagir ao alterar

entre vários estados do sistema com pouca penalidade no tempo, custo e desempenho (Swafford *et al.* 2006: Upton 1995)”. Santos (2012) afirma que “A flexibilidade refere-se à capacidade de adaptação a um ambiente em mudança e está relacionada com a capacidade de produzir em diferentes condições. A agilidade é um conceito de negócio para o desempenho global da organização, estando relacionada com a capacidade de reagir à mudança numa dimensão para além da flexibilidade.”.

Qin & Nembhard (2015) definem ainda que “A flexibilidade é uma resposta planeada a contingências antecipadas enquanto a agilidade envolve a reconfiguração para proactivamente capturar oportunidades emergentes e para resolver problemas imprevistos.”.

Numa outra perspetiva, Briano *et al.* (2009) consideram que: “Para alcançar uma flexibilidade “intrínseca”, a empresa deve realizar de forma sistemática ações de padronização de processos, privilegiar os processos simultâneos em detrimento dos sequenciais, recorrer a planos de adiamento dos processos de acabamento, de modo a deslocar os produtos de zonas excedentes para áreas que mostrem um défice.”

Já numa ótica de enquadramento em cadeia de abastecimento, flexibilidade resulta como a capacidade de responder com rapidez e eficiência às mudanças na procura dos clientes e consumidores (cscmp, 2013). De acordo com Longo & Ören (2008, referindo Sheffi, 2006) a “flexibilidade ajuda as empresas a responder corretamente aos mercados usando alguns fatores como processos concorrentes, produtos finais a completar adiamento dentro da cadeia de abastecimento, partilha de estratégias com os fornecedores.”.

Versatilidade

Através da definição apresentada por Cebola & Brocardo (2019) é possível concluir que o conceito de versatilidade se encontra inteiramente relacionado com o de flexibilidade, atendendo a que de acordo com estes autores “A flexibilidade na utilização de estratégias relaciona-se com multiplicidade (múltiplos procedimentos na resolução de um conjunto de problemas) (Berk, Taber, Gorowara & Poetzl, 2009; Rittle-Johnson & Star, 2007; Selter, 2009; Sowder, 1992), versatilidade (utilizar múltiplos processos de resolução de um dado problema) (Berk *et al.*, 2009) e eficiência (escolher um, de entre vários métodos, com base na competência relativa) (Blote *et al.*, 2001 *in* BERK *et al.*, 2009; Robinson; Lefevre, 2012; Star Newton, 2009).”.

Cebola & Brocardo (2019) relativamente à multiplicidade e versatilidade “defendem que é preciso considerar dois tipos de perícia bastante diferentes. Por um lado, possuir uma perícia de rotina (*routine expertise*, no original) permite resolver problemas rotineiras de forma rápida e eficiente, utilizando procedimentos que se automatizaram; por outro, ser detentor de uma perícia adaptativa (*adaptive expertise*, no original) permite compreender como e porque funcionam os procedimentos e ser capaz de modificá-los e adaptá-los, à medida que as condições do problema se alteram. Possuir perícia adaptativa significa, por isso, não estar limitado a regras ou procedimentos e ter acesso a muitas formas de encontrar com sucesso uma solução.”.

Segundo Szymczak *et al.* (2018) “A versatilidade consiste na capacidade de colaborar com os fornecedores e compradores perante os diversos prazos de entrega (versatilidade de coordenação).”.

Abordagens comparativas e outros determinantes

É frequente encontrar contribuições em que os determinantes operacionais são colocados em confronto. Nessa ótica, Santos (2012) considera que “A agilidade implica flexibilidade, mas o inverso pode não ser verdade.”. A partir deste pensamento pode-se inferir que a flexibilidade é uma das características da agilidade e que, conseqüentemente, se pode concluir que a flexibilidade está para a agilidade, assim como a capacidade de adaptação está para a flexibilidade.

Por outro lado, Christopher & Peck (2004) apresentam a flexibilidade como uma relação bastante próxima com a resiliência, definindo esta como “a capacidade de um sistema retornar ao seu estado original ou passar para um estado novo, mais desejável após ser perturbado.”.

Briano, Caballini, & Revetria (2009) corroboram a afirmação dos autores anteriores relativamente ao conceito de resiliência e salientam que “a resiliência não é um problema ao nível da empresa, mas ao nível da cadeia de abastecimento, uma vez que uma empresa pode sofrer danos não apenas quando uma das suas instalações está em causa, mas também se a capacidade de um fornecedor crucial for destruída ou se um grande cliente falha. Finalmente, a resiliência da cadeia de abastecimento não implica simplesmente a capacidade de gerir riscos, mas também para estar melhor localizado em relação aos concorrentes na gestão de danos – e até mesmo tirar vantagem disso.”.

Para Briano *et al.* (2009) “um sistema resiliente deverá adaptar-se para encontrar uma nova posição estável. Num negócio, a capacidade de sobreviver (resiliência) é muito mais importante do que a capacidade de recuperar rapidamente a estabilidade (força).”.

Tendo em conta os conceitos supracitados e os objetivos do presente projeto é igualmente relevante a explanação dos conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável e das respetivas vertentes.

Silva (2019) cita que “no relatório *Our Common Future*³, O desenvolvimento sustentável procura responder às necessidades e aspirações do presente, sem comprometer as gerações vindouras.”. Acrescenta, ainda, que “Tendo em conta que a sustentabilidade engloba três dimensões: económica, social e ambiental, isto implica que as organizações tenham atenção a todas elas para manter a harmonia, e alcançar o objetivo de desenvolvimento a longo prazo.”. Ainda segundo este autor, “a preocupação das organizações com a maneira como lidam com o meio ambiente adquire importância estratégica, comprovada pelo facto de que a adesão das organizações às normas da série ISO 14000⁴ (normas de certificação ambiental) tem registado um forte crescimento nos últimos anos.”.

1.5 Sumário

A presente revisão da literatura tem como objetivo contextualizar a gestão de operações e o seu enquadramento na dimensão global de uma cadeia de abastecimento. Impera ainda rever o estado da arte, na área de investigação que integra os determinantes operacionais de agilidade, flexibilidade, versatilidade, recolhendo-se ainda algumas apreciações comparativas e outros determinantes, que serão objeto de análise no decurso de desenvolvimento do presente trabalho de projeto. Acresce a estas razões, o facto de a revisão da literatura servir de suporte às questões de relevância para o estudo.

³ Comissão Mundial do Ambiente do Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas

⁴ Série de normas que estabelecem diretrizes sobre a área da gestão ambiental nas empresas.

2 CAPÍTULO 2 – A ORGANIZAÇÃO

2.1 História da Organização

A *Neckmolde – Moldes e Acessórios para a Indústria do Vidro de Embalagem, Lda*, doravante designada por *Neckmolde*, é uma empresa integrada na categoria das Pequenas e Médias Empresas que nasceu, no ano de 2002, na freguesia de Amor, distrito de Leiria, constituída societariamente por três sócios, dos quais se deve destacar Carlos Cruz. Aquando da criação da *Neckmolde*, os sócios já contavam com mais de 25 anos de Alguns meses mais tarde, iniciou-se a preparação da estrutura desta empresa com vista a adquirir a certificação do seu sistema de gestão da qualidade. O processo de certificação deu-se por terminado em junho de 2006, sendo a *Neckmolde* certificada pela EN ISO 9001⁵ desde esse momento.

Ao longo dos vários anos de existência, a *Neckmolde* foi sempre orientada para a qualidade do produto comercializado e para a satisfação do cliente, conseguindo através desta ideologia estabelecer a sua marca no mercado e, progressivamente, aumentar a sua quota de mercado. Mantiveram-se aliadas, à visão da *Neckmolde*, ideias inovadoras que permitiram melhorar a qualidade do produto fabricado e dos processos de fabricação dos mesmos. Em consequência desta evolução, a *Neckmolde* foi premiada como PME líder no ano de 2012.

Volvidos 12 anos, sentiu-se a necessidade de dissolver a sociedade, até à data existente, tendo o sócio Carlos Cruz adquirido a totalidade da sociedade. Em maio do ano seguinte, ano de 2015, nasceu uma nova sociedade, passando esta empresa a ser de carácter familiar, contando, ainda atualmente, com Carlos Cruz e seus dois filhos: Tiago Cruz e João Cruz. Nesta nova sociedade, Carlos Cruz ocupa o cargo de gerência, Tiago Cruz o de diretor da produção e, por fim, João Cruz de diretor comercial e financeiro.

Ainda no ano de 2015, submeteu uma candidatura ao programa de incentivos no âmbito do Portugal 2020, designada por *NECKMOLDE – GROWING2INNOVATION*, tendo a mesma sido aprovada no ano de 2016. Esta proposta exibia como objetivo “Capacitar a *NECKMOLDE* para reforçar a sua atuação nos mercados internacionais através do investimento em atividades inovadoras e que contribuem para a sua progressão

⁵ Série de normas técnicas que estabelecem um modelo de gestão de qualidade para as organizações.

na cadeia de valor”, “*Neckmolde - Moldes e Acessórios para Indústria do Vidro de Embalagem, Lda*” (n.d.). Esta candidatura encontrava-se integrada no programa de incentivos designada de Inovação Produtiva.

No ano de aprovação da candidatura integrada no programa da Inovação Produtiva, a *Neckmolde* foi também apoiada através do programa de Internacionalização das PME’s. O projeto apresentado pela *Neckmolde* denominava-se por *NECKMOLDE2-THEWORLD – Consolidar e desenvolver novos mercados*”. O objetivo deste projeto assentava em “A *NECKMOLDE* para reforçar a sua atuação nos mercados internacionais através da integração de pessoal qualificado, implementação de um plano de formação que permita um aumento da qualificação dos ativos, renovar o site da empresa, produzir material promocional, realização de viagens de prospecção, registo e promoção da marca internacional, obter o referencial normativo para a norma ISO 9001:2015”, “*Neckmolde - Moldes e Acessórios para Indústria do Vidro de Embalagem, Lda*” (n.d.).

Dada a insuficiente capacidade das instalações fabris face às necessidades dos consumidores e à inovação tecnológica, no ano de 2016, a sede da *Neckmolde* foi movida para a Zona Industrial da Ortigosa, mais concretamente para a localidade da Ruivaqueira.



Figura 4 – Sede da *Neckmolde*.

Fonte: “*Neckmolde - Moldes e Acessórios para Indústria do Vidro de Embalagem, Lda*” (n.d.).

A *Neckmolde* tem dado prova de crescimento ao longo do seu percurso, sendo que se aponta para um crescimento anual acima de 10%. Este crescimento deu-se tanto a nível do volume de negócios como na diversificação dos produtos comercializados. Considera-se que esta empresa tem crescido de forma sustentada tanto em recursos humanos,

equipamentos e tecnologia, contando com uma capacidade produtiva de 22.000 boquilhas/ano. Os presentes dados são relativos ao ano de 2020.

Esta organização realiza negócios não só a nível nacional, mas também em países como Espanha, França, Bélgica, Alemanha, Polónia, Rússia, Itália, Grécia, Roménia, Bulgária, República Checa, Índia, Arábia Saudita, Egito e, mais recentemente, Angola. É importante frisar que 40% do volume de negócios da *Neckmolde* é para consumo no mercado nacional, sendo o remanescente para o mercado intracomunitário e outros mercados. No exercício de 2019, o volume de negócios da *Neckmolde* cifrou-se nos 2,25 milhões de euros, ao passo que, no exercício transato, o volume de negócios estabeleceu-se em 2,572 milhões de euros. Através dos resultados apresentados, pode-se concluir que o crescimento do ano de 2019 para 2020 foi, aproximadamente, 14,3%, corroborando a informação apresentada anteriormente, relativamente ao crescimento anual da *Neckmolde*.

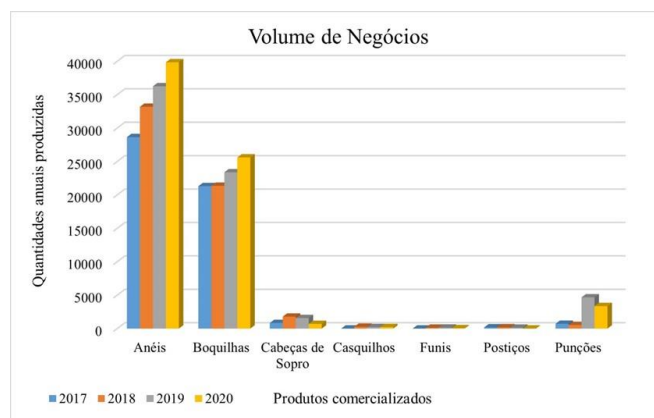


Figura 5 – Evolução do volume de negócios por produto, em quantidade.

Fonte: Elaboração própria.

Entre os vários clientes podem-se salientar a Verallia, a Vidrala e a BA Glass, em Portugal, a Misr Glass Manufacturing Co., no Egito, e Gerresheimer, na Alemanha. De ressaltar, ainda, que as principais indústrias fornecidas por esta organização são as indústrias farmacêutica alemã e de bebidas russa.

A *Neckmolde* considera-se uma *player*, desde 2002, a nível europeu no que toca à produção de moldes e acessórios para a indústria do vidro de embalagens.

2.2 Missão, Visão e Máximas da Organização

O sucesso da *Neckmolde* não foi alcançado de forma ligeira, requereu bastante esforço e dedicação por parte do órgão de gestão e restante equipa. Para conquistar o êxito que possui, esta empresa teve de pautar a sua conduta, diariamente, pela missão, visão e máximas estabelecidas.

A missão desta empresa desdobra-se em quatro pontos:

- a) Principal Fornecedor – Assume-se como um dos principais fornecedores de referência na indústria de moldes para a indústria do vidro de embalagens;
- b) Melhoria Contínua e Progressiva – Forma e motiva os colaboradores com o propósito de obter recursos humanos qualificados, de modo a aceitar e satisfazer os reptos dos clientes de forma eficaz, eficiente e competitiva;
- c) Satisfação dos Clientes – Afirma-se como uma das melhores empresas de moldes e acessórios para a indústria do vidro de embalagens em território nacional e como um *player* Europeu;
- d) Inovação Constante – Procura, dia após dia, encontrar-se na vanguarda tecnológica e do conhecimento.

A visão da *Neckmolde*, por sua vez, modela-se por ser: uma referência no mercado dos moldes e acessórios para a indústria de embalagens de vidro, como sendo uma empresa com qualidade no produto e no serviço prestado, diversidade de produtos e boa relação qualidade-preço. Pauta, também, pela Higiene e Segurança no Trabalho dos seus colaboradores e preservação do Ambiente.

No âmbito das boas práticas industriais, na *Neckmolde* as máximas proferidas são:

- a) fazer bem à primeira, b) manter a organização e limpeza, c) prevenir as falhas, d) perguntar, se tiver dúvidas, e) trabalhar com foco, f) comunicar os factos, g) eliminar os desperdícios e, por último, h) trabalhar em Equipa.

Em suma, a *Neckmolde* regula a sua atuação no setor dos moldes para embalagens de vidro, por três conceitos base: qualidade, inovação e ambiente.

2.3 Estrutura Organizacional

A estrutura executiva da *Neckmolde*, como referido acima, é composta por três sócios: Carlos Cruz, Tiago Cruz e João Cruz.

Carlos Cruz iniciou a sua carreira profissional aos 18 anos na Intermolde. Esteve vinculado a esta empresa durante 29 anos, tendo exercido o cargo de chefe em várias secções, entre as quais desenho, programação e planeamento. Na *Neckmolde*, desempenha o cargo de CEO.

Tiago Cruz, o filho mais velho de Carlos Cruz, iniciou a sua carreira profissional no setor dos moldes com apenas 16 anos, na Intermolde à semelhança de seu pai. Nesta empresa, colaborou durante seis pausas escolares de verão. Em outubro de 2005, ingressou na *Neckmolde*, tendo passado nos centros tecnológicos de torneamento, fresagem e metalização, abraçando, por fim em 2015, o cargo de diretor da produção.

João Cruz ingressou na *Neckmolde* com 16 anos, tendo-se associado a esta, durante as férias escolares de verão. Mestre em Engenharia e Gestão Industrial pela Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra e Erasmus na Universidade de Linköping, na Suécia. Foi colaborador na indústria dos moldes para injeção de plástico, como estagiário no planeamento e gestor de projeto, durante três anos. Desde 2015, que integra a equipa da *Neckmolde*, desempenhando o cargo de diretor comercial e financeiro.

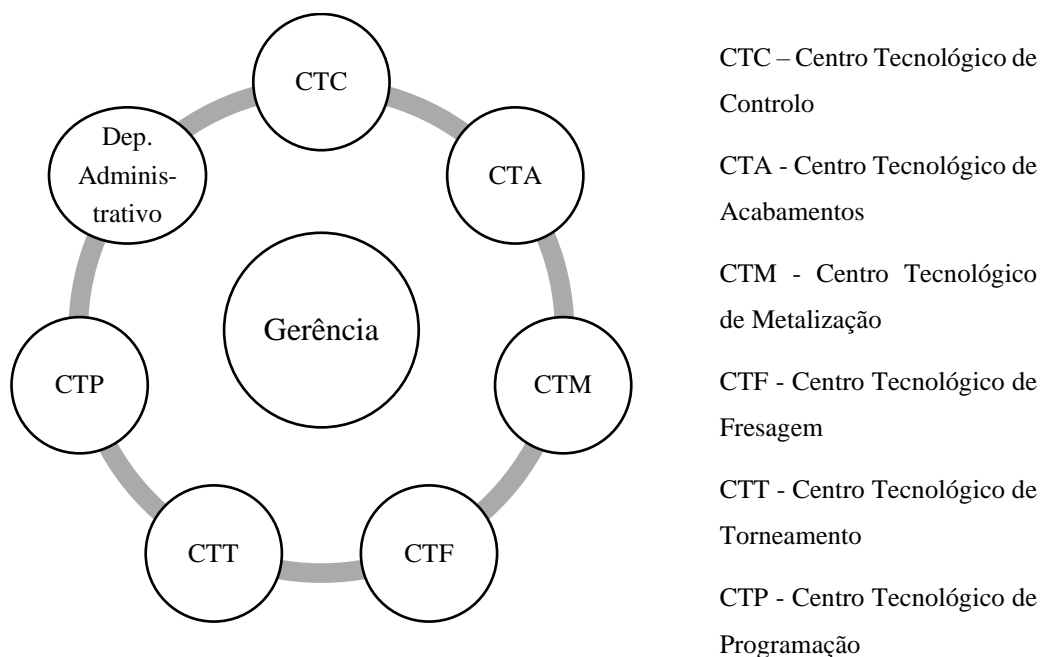


Figura 6 – Organograma da *Neckmolde*.

Fonte: Elaboração própria.

Em termos de constituição da equipa *Neckmolde*, esta conta com um total de 31 colaboradores, distribuídos pelos diversos centros tecnológicos, da seguinte forma:

Tabela 1 – Distribuição do quadro de pessoal da *Neckmolde*, por centros tecnológicos

Gerência	3	CTF	7
CTC	3	CTT	9
CTA	3	CTP	2
CTM	1	Dep. Administrativo	3

De notar que na tabela anterior, não se encontram indicados os departamentos de produção nem o comercial e financeiro, pelo facto de os dois trabalhadores destes departamentos serem gerentes e já estarem considerados no ponto da gerência.

Ainda relativamente ao quadro de pessoal da *Neckmolde*, pode-se afirmar que em 2020 a equipa passou a contar com a colaboração de seis mulheres, quatro contratadas em 2019, e 25 homens. Nos últimos anos, a integração de funcionárias na equipa *Neckmolde* tem sido uma das prioridades do órgão de gestão, numa ótica de equilíbrio, de igualdade de género e de oportunidades. As boas práticas determinam: “proibida a discriminação em razão, designadamente, do sexo, raça, cor ou origem étnica ou social, características genéticas, língua, religião ou convicções, opiniões políticas ou outras, pertença a uma minoria nacional, riqueza, nascimento, deficiência, idade ou orientação sexual.”, de acordo com o a Carta dos Direitos Fundamentais da União Europeia, no seu artigo 21º (“Carta dos Direitos Fundamentais da EU | Eurocid”, 2000).

A idade média dos colaboradores situa-se na casa dos 31 anos. Tendo por base o fator idade, pode-se afirmar que a *Neckmolde* é uma empresa que possui uma equipa bastante jovem.

Apesar de cada funcionário se encontrar alocado a uma dada função e centro tecnológico, estes são integrados na *Neckmolde* de forma que estes adquiram capacidades polivalentes ao nível do processo produtivo. Esta decisão deve-se ao facto de as práticas industriais terem revelado ser mais benéfica a *polivalência dos profissionais fabris* que a *especialização dos mesmos*. Esta política da empresa faz-se notar nas práticas internas atendidas para satisfação do cliente e de todas as encomendas rececionadas. Nessas ocasiões, sempre que se revela necessário, recorre-se à formação polivalente dos respetivos operadores fabris.

Ao analisar a estrutura organizacional da *Neckmolde*, é perceptível que nesta não existe um departamento de contabilidade. Os serviços de contabilidade são contratualizados em *outsourcing*, realizados por um gabinete externo à *Neckmolde*.

2.4 Análise SWOT

De acordo com Leite & Gasparotto (2018 citando Leite, 2013) afirmam que “nos últimos 50 anos houve uma profunda mudança no meio produtivo, pois os clientes começaram a exigir mais das empresas, pois o mercado fornecedor é vasto e a variedade de escolha faz com que o cliente migre facilmente de fornecedor.”.

Neste âmbito a análise SWOT é vista como “uma ferramenta estratégica da qualidade”, criada em 1960 por Albert Humphrey, e composta por 4 áreas: 2 delas são forças e fraquezas e estão relacionadas ao ambiente interno e podem ser controladas pela empresa, as demais são oportunidades e ameaças; porém, são de ambiente externo e devido a essa característica, não podem ser controladas pela empresa.”, conforme Leite & Gasparotto (2018).

Após observação e análise, foi possível sintetizar os pontos fortes e fracos da *Neckmolde*, as suas oportunidades e ameaças. Desta forma, pretende-se que esta análise dê uma perspetiva sistematizada da empresa e do seu posicionamento.

Tabela 2 Análise SWOT. (A) – Ambiente Interno; (B) – Ambiente Externo

	Forças	Fraquezas
(A) Ambiente Interno (características da organização)	<ol style="list-style-type: none">1) Mão-de-obra qualificada;2) Centros Tecnológicos bem definidos e equipamentos fabris de ponta;3) Planeamento diário e semanal da produção (reuniões);4) Experiência no setor;5) Conhecimento generalizado do processo produtivo por parte dos operários fabris (polivalência de RH);6) Equipa focada no cumprimento dos objetivos estabelecidos;7) Respeito pelo local de trabalho;8) Boa relação com os clientes;9) Capacidade de resposta face a encomendas volumosas;10) Descentralização da gestão de topo.	<ol style="list-style-type: none">1) Pouco capital disponível para investimento;2) Défice no mercado de trabalho de profissionais interessados em envergar neste setor industrial;3) Ausência de meios que permitam aferir com fiabilidade a produtividade da <i>Neckmolde</i>.

(B) Ambiente Externo (características do mercado)	Oportunidades	Ameaças
	1) Exportação da produção na casa dos 60%; 2) Produto de alta qualidade; 3) Aproveitamento dos equipamentos obsoletos para I&D; 4) Comunidade de clientes fidelizada; 5) Boa localização face aos fornecedores, devido à proximidade com a Zona Industrial da Marinha Grande; 6) Maior diversidade dentro do próprio produto contra a fraca diversificação de produtos dos seus concorrentes; 7) Especialização numa dada gama de produtos; 8) Alargamento ao mercado angolano.	1) Preço flutuante dos produtos (dependente do preço da MP); 2) Forte concorrência internacional por parte de países com custos de produção inferiores (Europa de leste, China); 3) Importação, por parte de clientes, de produtos provenientes de países com custos de produção, significativamente, inferiores.

Atendendo ao conteúdo dos fatores negativos, sugere-se que a *Neckmolde*:

- 1) estabeleça acordos com escolas profissionais e superiores;
- 2) recorra a apoios estatais, semelhantes aos que já se socorreu no decurso da sua atividade;
- 3) participação em feiras, tanto a nível nacional como internacional, que permitam divulgar os seus produtos e a relação preço-qualidade-produtividade destes em contraposição com os produtos dos seus concorrentes;
- 4) investir em mecanismos que possibilitem com maior rigor a aferição da produtividade.

Com a implementação destas medidas, acredita-se ser possível colmatar parte dos pontos negativos apresentados, sejam eles fraquezas ou ameaças, e, ainda, reforçar as forças e as oportunidades.

2.5 Sumário

No presente capítulo procedeu-se à exposição da história e caracterização da *Neckmolde*.

Em suma, esta empresa nasceu no ano de 2002, na freguesia de Amor, distrito de Leiria, e, atualmente, localiza-se na Zona Industrial da Ortigosa. Esta movimentação das instalações da *Neckmolde* deu-se no ano de 2016 e deveu-se, na sua maioria, a necessidades de logística, uma vez que havia maior dificuldade na satisfação dos pedidos dos seus clientes e não havia espaço à inovação tecnológica. A estrutura societária da *Neckmolde* é composta por Carlos Cruz e seus dois filhos: Tiago Cruz e João Cruz. Cada

um destes sócios possui uma participação de 1/3 do capital da empresa. Esta organização é composta pelos três sócios mais 28 colaboradores distribuídos pelos vários centros tecnológicos existentes. Ao longo do percurso desta empresa, o nível de consumo nos mercados intra e extracomunitário tem-se cifrado na casa dos 80% do volume de negócios da *Neckmolde*. No exercício de 2019, apurou-se um volume de negócios de 2,25 milhões de euros, ao passo que no ano de 2020 se atingiu o valor de 2,572 milhões de euros, tendo vindo a notar-se um crescimento superior a 10% ao ano.

A missão da *Neckmolde* foca quatro pontos: assumirem-se como o principal fornecedor neste setor, melhoria contínua e progressiva dos seus colaboradores de forma a melhor satisfazer as necessidades dos seus clientes, afirmação como uma das melhores empresas neste ramo industrial no que toca à satisfação dos clientes e, por fim, demanda pela vanguarda tecnológica e do conhecimento. A visão que a *Neckmolde* tem sobre si mesma é a de uma empresa de referência no mercado dos moldes para a indústria de embalagens de vidro, nunca descurando a higiene e segurança no trabalho dos seus colaboradores e preservação do ambiente. Internamente, esta empresa é regulada por oito máximas, que servem de conduta à sua atuação face à missão e visão propostas por si.

No último ponto deste capítulo, realizou-se uma análise aos ambientes interno e externo da organização, através das suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. Pretende-se que, com a construção da matriz SWOT, a organização seja dotada de conhecimentos que lhe permitam solucionar os pontos identificados como pontos fracos e, por outro lado, tornar as ameaças dos seus concorrentes em oportunidades para si. Pegando nas palavras de Alves & Saraiva (2017) “Os pontos fracos e as ameaças são fundamentalmente fatores de risco para a empresa e a consciencialização dos pontos fortes e oportunidades, quando analisadas podem evitar riscos não evidentes.”.

3 CAPÍTULO 3 – PROCESSO INDUSTRIAL

3.1 Matérias-Primas

Ao realizar a avaliação da análise SWOT, dois são os pontos que se encontram diretamente relacionados com as matérias-primas: “maior diversidade dentro do próprio produto contra a fraca diversificação dos seus concorrentes” e “especialização numa dada gama de produtos”. Estes pontos devem-se ao facto do vasto conhecimento das matérias-primas utilizadas e da longa experiência da *Neckmolde*.

As matérias-primas utilizadas são o bronze, o ferro, o *dameron* e o aço. A matéria-prima ferro pode encontrar-se em varão ou fundido, isto é, como as designações indicação por si só, o ferro varão encontra-se em barra, ao passo que o ferro fundido é ferro que passou previamente pela fundição.

Matérias-primas diferentes geram moldes e acessórios diferentes. O bronze e o ferro fundido são utilizados apenas na fabricação de boquilhas; o ferro varão de anéis, punções, cabeças de sopro, falsos canhões e funis; o *dameron* de anéis, punções, cabeças de sopro e falsos canhões; e, por fim, o aço apenas de posiços.

Segundo João Cruz, tem-se denotado, nos últimos anos, uma crescente evolução da utilização da matéria-prima *dameron*. A justificar esta tendência está o facto de o *dameron* ser a matéria-prima utilizada como *standard* por parte de um dos seus clientes. Dada a relevância desde cliente, a posição do *dameron*, na *Neckmolde*, tem-se tornado cada vez mais vincada.

3.2 Moldes e Acessórios

Conforme supra indicado, a gama de produtos comercializados pela *Neckmolde* é composta por anéis, boquilhas, cabeças de sopro, falsos canhões, funis, posiços e punções. Internamente, estes produtos distinguem-se por moldes e acessórios, sendo a terminologia mais consensual: moldes de principiar (auxiliam no início da produção da indústria de embalagens de vidro) e moldes de terminar (usados nos acabamentos da produção de vidro em curso). Os moldes adquirem esta designação através da fase de principiar da indústria vidreira. Na figura abaixo, ilustra-se a diversidade de produtos fabricados pela *Neckmolde*.



Figura 7 – Produtos comercializados.

Fonte: “*Neckmolde - Moldes e Acessórios para Indústria do Vidro de Embalagem, Lda*” (n.d.).

O anel é uma peça única que se assemelha com um disco. A sua função é dar forma ao topo do gargalo da embalagem que se encontra em curso. O anel é inserido na cavidade existente na parte interior da boquilha. Esta, por sua vez, é uma peça constituída por duas metades, a metade feminina e a metade masculina. A sua função é a de moldar o gargalo da embalagem que será originada.

A cabeça de sopro é constituída apenas por uma peça, sendo o seu papel soprar ar comprimido para o interior da pré-forma com vista a moldar a forma final, isto é, através da boca da embalagem é injetado ar, obrigando o vidro no estado líquido a expandir-se contra as paredes do molde. Esta peça é encostada ao topo do molde.

O falso canhão e a punção, apesar de serem peças independentes entre si, funcionam como uma só, uma vez que a função do falso canhão é guiar a punção, isto é, serve de suporte ao punção. Ao passo que a função do punção é moldar e soprar a pré-forma, forçando o vidro a adquirir a sua primeira configuração. Durante a produção de uma embalagem, o falso canhão situa-se entre o punção e o anel. De notar que, independentemente do produto final ser, por exemplo, uma garrafa de cerveja ou boião de papa, o falso canhão é sempre o mesmo, em contraposição ao punção e ao anel que vão variando. Nesta fase do processo, dá-se por concluída apenas a boca da embalagem.

O funil é composto por uma única peça, que tem a tarefa de guiar o vidro, quando este cai na fase de principiar. Por último, o postiço é a combinação de duas peças, sendo a sua missão moldar o fundo da garrafa na fase de principiar.

Através da análise da figura abaixo, é possível distinguir dois tipos de indústrias: a indústria do setor dos moldes (lado esquerdo) e a indústria do setor vidreiro (lado direito).

No lado esquerdo, é ainda possível desagregar duas indústrias: indústria de produção de moldes para gargalo da embalagem de vidro e a indústria de produção de moldes para o corpo da embalagem.



Figura 8 – Articulação entre uma garrafa de vidro e os moldes e acessórios necessários para a sua produção (fase de finalizar).

Fonte: Cedido por João Cruz.

O processo de fabricação e comercialização, de uma dada embalagem de vidro, passa por várias indústrias: de produção de moldes para o gargalo e corpo da embalagem, vidreira e de comercialização de produtos alimentares e bebidas. Tomando o exemplo da marca apresentada na figura 8, a Heineken inicia este processo adjudicando a produção das embalagens de vidro a uma dada empresa, esta atuante na indústria vidreira. Atendendo a que esta empresa apenas comercializa as embalagens de vidro, por sua vez tem de conceder o trabalho de produção de moldes tanto para o gargalo como para o corpo da garrafa. Neste ponto, são intervenientes duas indústrias que, apesar de não estarem ligadas entre si, trabalham em conjunto, quando os seus produtos chegam à indústria vidreira a que foi entregue o trabalho da parte da Heineken. Ao longo do todo o processo de comercialização da cerveja Heineken, a *Neckmolde* situa-se na produção de moldes para o gargalo da garrafa de vidro. Conclui-se, desta forma, que a *Neckmolde* não é diretamente fornecedora da Heineken, tendo em atenção que abastece uma fornecedora de embalagens de vidro da Heineken.

Atendendo aos anos de experiência da equipa *Neckmolde*, pode-se afirmar que entre os vários produtos fabricados, os anéis são os que apresentam um desgaste mais rápido,

seguidos das boquilhas e punções, ocupando o segundo e terceiro lugares, respetivamente. Ao recuar até ao capítulo 2, secção 2.1 História da Organização, figura 5 relativa à evolução do volume de negócios da *Neckmolde*, facilmente é corroborada a informação anterior, em particular para os anéis e boquilhas. Isto é, o impacto no volume de negócios resultante da venda de anéis e boquilhas é muito mais evidente do que o dos restantes moldes e acessórios, tendo em conta as quantidades comercializadas. É importante referir que se trata de quantidades, visto que o valor monetário destes moldes e acessórios pode não transmitir a mesma informação.

De acordo com os dados do exercício económico de 2020, os anéis traduzem 17,8% do Volume de Negócios (VN) da *Neckmolde*, as boquilhas 60,69%, as cabeças de sopro 1,78%, e as punções 6,31%. A produção de falsos canhões e funis representa 11,24%. Os 2,18% pertencem a um produto designado por *cooler*, ao qual não é dada relevância, uma vez que este é adquirido para revenda sem sofrer qualquer alteração por parte da *Neckmolde*. Durante o exercício transato, não houve fabricação de posições.

3.3 Operações de Transformação e Equipamentos

“Os processos são as sequências de atividades de gestão e de agregação de valor realizadas pela empresa. É provável que a execução desses processos seja imediatamente dependente em ativos de propriedade ou geridos internamente e em uma infraestrutura em funcionamento. Portanto, ativos de propriedade ou geridos internamente e a confiabilidade do suporte de transporte, comunicação e infraestrutura devem ser cuidadosamente considerados.”, assim o referem Christopher & Peck (2004).

Posto isto, o processo produtivo de determinado bem ou serviço pode ser fixado como um conjunto de operações e fases que têm de ser realizadas de forma sequencial, tendo em vista a obtenção desse mesmo bem ou serviço. O processo produtivo inicia-se com a receção das matérias-primas e termina com a expedição do produto desenvolvido ou execução do serviço contratualizado.

O processo produtivo não é um conjunto de operações e fases lineares, isto é, depende de indústria para indústria e de produto para produto, por outras palavras há uma customização das operações de transformação a que estão sujeitos os moldes e acessórios. Dada esta afirmação, há relevância na explanação do processo produtivo da *Neckmolde*.

De forma a facilitar a compreensão da relação entre os equipamentos fabris e os produtos fabricados, sintetizou-se essa informação abaixo.

- **Serrote:** Produtos cuja matéria-prima é ferro varão: anéis, cabeças de sopro, falsos canhões, funis e punções.
- **KSK PPC 250 GMR (PTA 1) e KSK PPC 250 GMR (PTA 3):** Boquilhas tanto de bronze como de ferro fundição.
- **KSK PPC R3 (PTA 2):** Produtos cuja matéria-prima é ferro varão: anéis, cabeças de sopro e punções.
- **QUASER MV 154 APC:** Boquilhas tanto de bronze como de ferro fundição.
- **MAS MCV 1000 (1) e MAS MCV 1000 (2):** Boquilhas tanto de bronze como de ferro fundição.
- **MURATEC MW 200 G:** Boquilhas tanto de bronze como de ferro fundição.
- **BIGLIA 951 OM:** Boquilhas tanto de bronze como de ferro fundição.
- **DOOSAN DNM 350 AX:** Boquilhas tanto de bronze como de ferro fundição.
- **DECKEL FP3 NC:** Boquilhas tanto de bronze como de ferro fundição.
- **MURATEC MD 120:** Produtos cuja matéria-prima é *dameron* e ferro varão: anéis, cabeças de sopro, falsos canhões e punções; funis; postigos.
- **LVT 300(1):** Produtos cuja matéria-prima é ferro varão: anéis, cabeças de sopro e punções.

O processo produtivo da *Neckmolde* traduz-se apenas em 2 fluxos de produção, um cinge-se apenas ao fluxo das boquilhas e ao fluxo dos anéis. Esta situação deve-se ao facto de os anéis partilharem o seu processo com os restantes moldes à exceção das boquilhas. Isto é, o processo dos anéis não é exatamente igual ao processo dos restantes moldes, mas partilham entre si equipamentos fabris e a sequência destes. O que pode diferir é o facto de um dado molde não utilizar um determinado equipamento que é utilizado pelos anéis. Ou seja, o processo dos anéis poderá ou não ser mais longo do que o dos restantes moldes.

Consequentemente, representa-se pela cor vermelha o fluxo produtivo das boquilhas, ao passo que se representa o fluxo dos anéis pela cor azul.

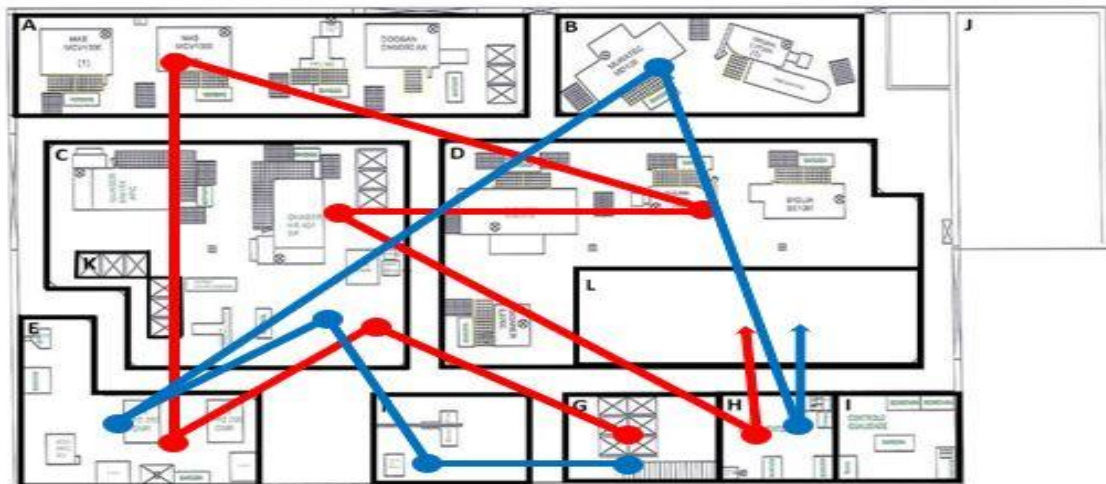


Figura 9 – Fluxos produtivos.

Fonte: Planta cedida pela *Neckmolde* com edição própria.

Ao analisar a figura acima, é possível concluir que os vários produtos fabricados na *Neckmolde* partilham entre si centros tecnológicos e, conseqüentemente, recursos fabris e humanos.

3.4 Layout Industrial

As instalações industriais da *Neckmolde* ocupam cerca de 1.100m² e encontram-se divididas em dois pisos: piso superior e piso inferior. No piso inferior é possível encontrar a zona fabril, uma sala de refeições, um balneário e a receção; no piso superior, por seu turno, é possível distinguir a sala de reuniões, o gabinete de direção comercial/financeira e de direção de produção, o gabinete de gerência, o gabinete de programação e outro balneário.

Doravante considerar-se-á apenas a área fabril por ser a que é alvo de estudo. À exceção do centro tecnológico de programação, adiante descrito, nenhuma das restantes áreas interferem diretamente no processo produtivo da *Neckmolde*.

3.4.1 Layout Atual – “As Is”

As instalações da *Neckmolde* contam com uma área de instalação de 1.100m². O arranjo físico encontra-se dividido em 5 zonas distintas, mais concretamente designadas por centros tecnológicos: de controlo (CTC), de acabamentos (CTA), de metalização (CTM), de fresagem (CTF) e de torneamento (CTT). Fora os centros tecnológicos referidos são, também, facilmente identificadas quatro zonas: o armazém de matérias-

primas (interno e externo), o de matérias-primas requisitadas, o de produtos acabados e o serrote. Apesar de localizado no piso superior, o centro tecnológico de programação (CTP) também se encontra integrado no processo produtivo da *Neckmolde*.

Na figura abaixo, espelha-se a planta das instalações fabris da organização. É importante realçar que se encontra representada uma área que não havia sido antes mencionada. A divisão identificada é uma sala de arrumos, que ocupa cerca de 10,50m² e encontra-se instalada no chão de fábrica, mas sem relevância para o processo produtivo dos vários moldes e acessórios.

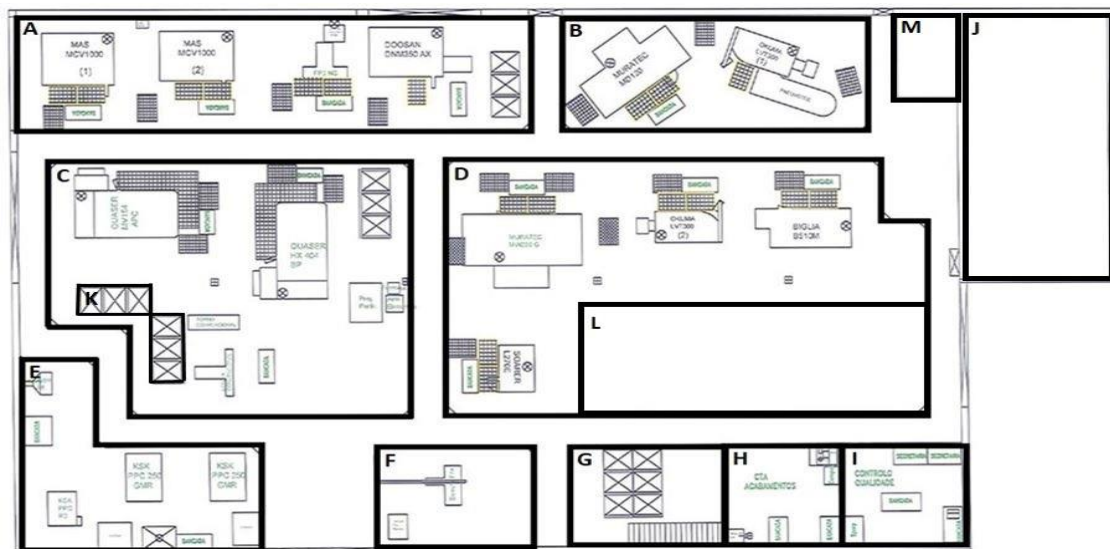


Figura 10 – Planificação das instalações fabris (piso inferior) e legenda das mesmas: **A** – Centro Tecnológico de Fresagem (2ª fase); **B** – Centro Tecnológico de Torneamento (Produção de Anéis e Restantes Moldes e Acessórios); **C** – Centro Tecnológico de Fresagem (1ª fase); **D** – Centro Tecnológico de Torneamento (Produção de Boquilhas); **E** – Centro Tecnológico de Metalização; **F** – Serrote; **G** – Armazém de Matérias-Primas (interno); **H** – Centro Tecnológico de Acabamentos; **I** – Centro Tecnológico de Controlo; **J** – Recepção, Balneário e Sala de Refeições; **K** – Armazém Matérias-Primas Requisitadas; **L** – Armazém de Produtos Acabados; **M** – Sala de arrumos.

Fonte: Planta cedida pela *Neckmolde* com edição própria.

Na imagem abaixo apresentada, é possível compreender de uma forma mais realista as instalações fabris da *Neckmolde*, a disposição dos diversos centros tecnológicos, o arranjo das máquinas dentro dos vários centros tecnológicos. É de reforçar que a análise

do *layout* industrial será efetuada de forma análoga às visitas realizadas, quer com isto dizer que partir-se-á de uma visão generalizada para uma particularizada.

Assim, num primeiro plano, ter-se-á a apresentação ampla das instalações e, num segundo plano, a exibição de cada um dos centros tecnológicos.



Figura 11 – Vista geral das instalações fabris.

Fonte: Elaboração Própria.

A partir da observação da figura acima, é possível identificar numa distância mais curta, à direita, o centro tecnológico de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios), no ponto central, o centro tecnológico de torneamento (produção de boquilhas) e, à esquerda, o centro tecnológico de controlo e o de acabamentos. Na planta das instalações fabris, estas áreas foram identificadas como B, D, I e H, respetivamente.

Em paralelo, numa distância mais afastada, pode-se diferenciar à direita o centro tecnológico de fresagem (2ª fase), ao meio, o centro tecnológico de fresagem (1ª fase) e, à esquerda, o centro tecnológico de metalização. Estes espaços encontram-se assinalados como A, C e E, na respetiva ordem.

Ao partir para a exploração mais detalhada da planta da *Neckmolde*, esta será feita, primeiramente, pelo centro tecnológico de controlo e terá o seu término no de programação, no sentido dos ponteiros do relógio. De seguida, passar-se-á apresentação das quatro zonas supra identificadas.

No centro tecnológico de controlo é estabelecido o comparativo entre os desenhos de 3 dimensões (3D) produzidos pelo centro tecnológico de programação e as digitalizações realizadas pelo controlo, assegurando-se, desta forma, o nível dos produtos comercializados.

As necessidades deste centro tecnológico são colmatadas sem recurso a maquinaria fabril, havendo apenas necessidade de recursos humanos. Estes funcionários fazem as suas observações e análises através do recurso a equipamentos tecnológicos como computadores com *software* específico e microscópios. Estes utensílios permitem a confrontação entre os desenhos dos centros tecnológicos de controlo e de programação e assegurar, ainda, que as matérias-primas utilizadas se encontrem em conformidade com as normas exigidas tanto pela *Neckmolde* como pelos seus clientes.

Este centro tecnológico ocupa uma área de 22,50m², tendo 5m de comprimento por 4,50m de largura. Estão destinadas a este centro três colaboradoras, sendo o horário de laboração destas das 08h às 17h.

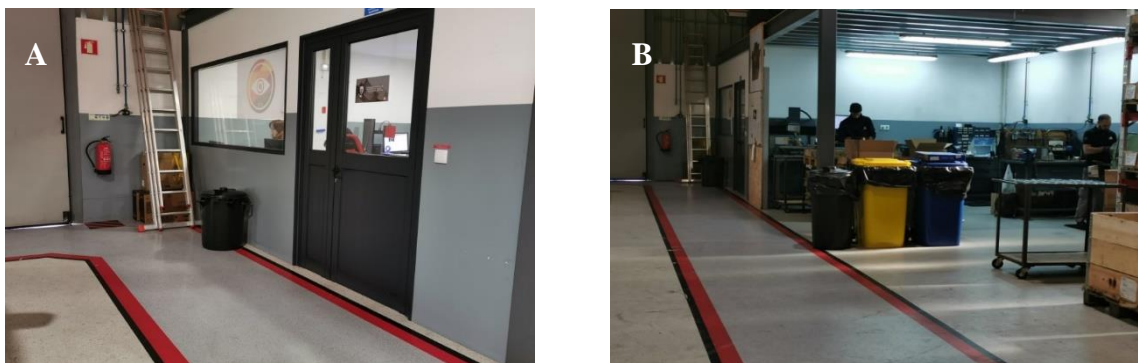


Figura 12 (A) – Centro tecnológico de controlo; **(B)** – Centro tecnológico de acabamentos.

Fonte: Elaboração Própria.

No centro tecnológico de acabamentos são executados os retoques que se considerem essenciais às ordens de fabrico, como são os casos de polir e marcar e são, também, embaladas as ordens que já se encontram prontas para expedição.

À semelhança do centro tecnológico acima exposto, as necessidades deste são suprimidas na sua maioria através de recursos humanos, podendo haver necessidade de recurso a maquinaria fabril. Os trabalhadores alocados a este centro tecnológico após marcação e polimento das peças que assim o exigem, procedem ao embalamento das ordens de fabrico que se encontram concluídas para expedição.

Este centro ocupa as mesmas dimensões que o centro tecnológico de controlo. Dentro deste, há uma área reservada ao armazenamento das ordens de fabrico prontas a serem expedidas para os respetivos clientes.

Este centro tecnológico à semelhança do anterior, funciona apenas das 08h às 17h, contando com a mão-de-obra de três elementos da equipa. Neste posto de trabalho existe apenas a intervenção de uma máquina fabril designada por MDX-540, apesar de se encontrarem instalados três postos de trabalho. Ou seja, nesta secção a relação operadores/postos de trabalho é de três para três ao passo que a relação operadores/máquinas fabris é de três para um.

Por seu turno, no centro tecnológico de metalização, como o próprio nome indica, é aplicada metalização nas matérias-primas que assim o exigem, como é o caso do bronze e do ferro, seja este fundido ou de varão. A metalização, tecnicamente designada por *metal cladding*, é um tratamento que tem como finalidade revestir as matérias-primas, ligando uma camada de metal a outra camada de metal, apresentando estes metais características diferentes.

No caso da *Neckmolde*, este processo realiza-se através do soldador de plasma a *laser*. Especificando ao bronze, esta matéria-prima tem a possibilidade de ser sujeita ou não a esta operação, ao passo que o ferro, dadas as suas características, tem de ser sujeito obrigatoriamente a este tratamento da matéria-prima. Traduzindo esta informação em produtos acabados, conclui-se que as boquilhas podem ou não ter necessidade de serem submetidas a este tratamento, enquanto os anéis, cabeças de sopro e punções têm necessariamente de passar por esta fase, quando utilizado o ferro.

De modo a encarar as necessidades exigidas pelas ordens de fabrico, neste centro tecnológico estão à disposição da *Neckmolde* três máquinas fabris: KSK PPC 250 GMR, a KSK PPC R3 e, por fim, a KSK PPC 250 GMR, também designadas por PTA 1, PTA 2 e PTA 3, respetivamente. As PTAs 1 e 3 estão direcionadas para a aplicação da metalização ao bronze e ferro fundido (boquilhas), em contrapartida da PTA 2 que está direcionada para o ferro varão (anéis, cabeças de sopro e punções). Tendo em conta que as boquilhas têm à sua disposição dois equipamentos de produção, pode-se afirmar que estes são entre si *suitable*, isto é, dado que ambas têm capacidade para executar uma dada ordem de fabrico de boquilhas, o operador fabril pode optar por recorrer à PTA 1 ou PTA 3.

Este centro tecnológico ocupa uma área de 45m², e, tal como no anterior, comporta um espaço onde se localizam as matérias-primas que já foram sujeitas ao processo de metalização, enquanto estas aguardam passagem ao centro tecnológico seguinte.

À semelhança dos centros tecnológicos anteriores, este funciona apenas das 8h às 17h, estando apenas um funcionário alocado a este e tendo ao seu encargo a produção das três máquinas fabris acima apresentadas.



Figura 13 – Centro tecnológico de metalização.

Fonte: Elaboração Própria.

No centro tecnológico de fresagem, as matérias-primas, no seu estado bruto, são submetidas à ação de corte por arranque de aparas. Esta ação é executada através de fresadoras e centros de maquinação. A fresagem é o processo de retirar o excesso de metal da superfície de uma peça, com o intuito de dar a esta a forma e os acabamentos pretendidos. A área do CTF encontra-se dividida em duas subáreas: fresadoras de 1ª fase e fresadoras de 2ª fase.

As fresadoras de 1ª fase realizam, essencialmente, a preparação para metalização, justar e guiar a matéria-prima. O justar consiste em pegar na peça que está a ser executada, no seu estado bruto, e verificar se a metade masculina encaixa na metade feminina sem balançar, ou seja sem ter folga. Caso a peça balance, necessita de ser ajustada a parte masculina à parte feminina. No caso de guiar traduz-se em verificar se a peça, no seu estado bruto, tem o mesmo diâmetro e se tem saliências. Em caso afirmativo, é necessário guiar a peça, ou seja, é necessário traçar umas guias que tornam a peça redonda, tendo a metade masculina e a metade feminina unidas, toda com o mesmo diâmetro e sem saliências. Nesta fase do processo, os equipamentos envolvidos são a QUASER MV 154 APC e QUASER HX 404 BP. Estas máquinas são *suitable*, uma vez que ambas podem realizar estas tarefas, apesar de ser conferida preferência à QUASER HX 404 BP.

As fresadoras de 2ª fase fazem fresagens diversas, como por exemplo cortes, rasgos, ovalizações, cópias de perfil, conforme o que seja solicitado na ordem do produto final. Na 2ª fase deste centro tecnológico estão à disposição dos operadores fabris a seguinte

maquinaria: MAS MCV 1000 (1), MAS MCV 1000 (2), DOOSAN DNM 350 AX e DECKEL FP3 NC. As MAS´s MCV 1000 são *suitable* entre si. Este centro tecnológico encontra-se dedicado ao processo produtivo das boquilhas.

As fresadoras de 1ª fase ocupam uma área de 65,25m², contando com um comprimento de 14,50m sobre uma largura de 4,50m. Ao passo que as fresadoras de 2ª fase ocupam 90m², perfazendo 20m de comprimento por 4,50m de largura. De realçar que tanto as fresadoras de 1ª como de 2ª fases, detêm um armazém de produtos em vias de fabrico. Este centro tecnológico funciona por turnos, sendo que num turno se encontram três operadores e no outro quatro, tendo à sua responsabilidade os equipamentos fabris anteriormente mencionados. Os turnos deste centro funcionam das 07h às 15h (turno da manhã) e das 15h às 23h (turno da tarde), sendo que numa semana a equipa A entra no turno da manhã e a equipa B no turno da tarde, havendo depois rotatividade entre as equipas.



Figura 14 (A) – Centro tecnológico de fresagem (1ª fase); **(B)** – Centro tecnológico de fresagem (2ª fase).

Fonte: Elaboração Própria.

No centro tecnológico de torneamento, os produtos são submetidos à ação de torneamento mecânico, com o intuito de obter superfícies de revolução, recorrendo à utilização de uma ou mais ferramentas monocortantes. A área de instalação do CTT é subdividida em duas áreas distintas, em contraposição com o CTF, estas áreas não se designam de 1ª fase e 2ª fase. O que as distingue é o facto de uma ser dedicada à produção de boquilhas e a outra dedicada à produção de anéis, restantes moldes e acessórios. Por simplificação, estas áreas serão designadas por torneamento de anéis e torneamento de boquilhas. Tanto o torneamento de anéis como o de boquilhas por seu turno dividem-se dentro de si como 1ª e 2ª fases.

Na 1ª e 2ª fases de torneamento de anéis, o que distingue as operações executadas é o lado da peça que está a ser trabalhado. Por outras palavras, quando se trata de tornos de 1ª fase significa que está a ser aplicada a ação de tornos mecânicos ao 1º lado da peça. Por analogia, quando se trata de tornos de 2ª fase expressa a ação que está a ocorrer no 2º lado da peça.

Neste espaço é possível encontrar os seguintes aparelhos fabricis: MURATEC MD 120 e OKUMA LVT 200 (1). A MURATEC MD 120 destina-se a trabalhar todos os moldes e acessórios que têm necessidade de serem trabalhados no centro tecnológico de torneamento de anéis ao passo que a OKUMA LVT 200 (1) está alocada à preparação da matéria-prima no caso dos anéis, cabeças de sopro e punções, sendo a matéria-prima ferro de varão.

As tarefas desempenhadas no torneamento de boquilhas são as mesmas que são executadas no torneamento de anéis. Nesta área dispõem-se a MURATEC MW 200 G, BIGLIA 951 OM, OKUMA LVT 200 (2), SOARER L270E e TSUGAMI. Tanto a MURATEC MW 200 G como a BIGLIA 951 OM são utilizadas sempre na produção de boquilhas, enquanto a LVT 200 (2) se encontra disponível para casos excecionais. À semelhança com o centro tecnológico anterior, há equipamentos fabricis *suitable*. Este é o caso da MURATEC MD 120 pela SOARER L270E e OKUMA LVT 200 (1), OKUMA LVT 200 (2) pela MURATEC MW 200 G, OKUMA LVT 200 (2) pela BIGLIA 951 OM e, por fim, OKUMA LVT 200 (2) pela TSUGAMI.

O torneamento de anéis ocupa uma área de 58,50m², contando com um comprimento de 13m sobre uma largura de 4,50m. Por outro lado, o torneamento de boquilha ocupa 90m², perfazendo 20m de comprimento por 4,50m de largura. À semelhança do centro tecnológico supra apresentado, tanto o torneamento de anéis como de boquilhas possuem um armazém próprio de produtos em vias de fabrico.

A produção deste centro tecnológico funciona por turnos, contando com a mão-de-obra de nove operadores CNC e a laboração das sete máquinas previamente apresentadas.



Figura 15 (A) – Centro tecnológico de torneamento (produção de boquilhas); (B) – Centro tecnológico de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios).

Fonte: Elaboração Própria.

No centro tecnológico de programação são produzidos ficheiros que servirão de suporte para a produção das ordens de fabrico. Tendo em consideração que este espaço se localiza no piso superior, a área ocupada por este centro tecnológico é irrelevante para o *layout* industrial da *Neckmolde*.

Encontram-se alocados a este centro tecnológico dois colaboradores, sendo o seu horário de trabalho das 08h às 17h.

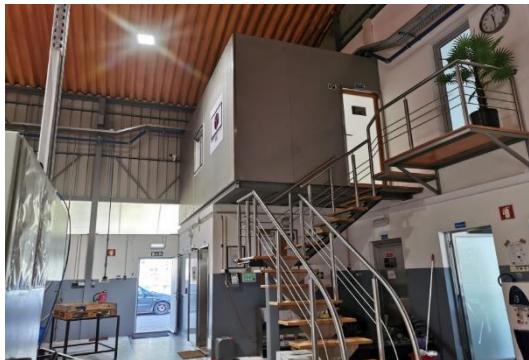


Figura 16 – Centro tecnológico de programação.

Fonte: Elaboração Própria.

Como referido no início da secção “*Layout* industrial”, as quatro zonas que se destacam nas instalações fabris são os armazéns de matéria-prima, de matéria-prima requisitada, de produtos acabados e o serrote.

Começando pelo armazém das matérias-primas, este subdivide-se em duas áreas distintas: uma interna e outra externa. No armazém de matérias-primas interno encontram-se armazenadas as peças em bruto de bronze, de ferro fundido, *dameron* e aço; ao passo que no armazém de matérias-primas externo, encontra-se depositado o ferro de

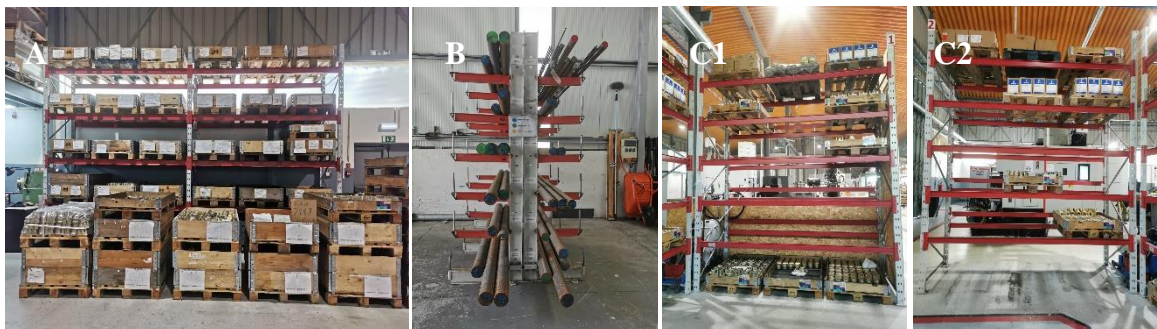
varão. Este é armazenado na parte de fora das instalações fabris, uma vez que apresenta dimensões consideráveis.

A área do armazém de matérias-primas interno ocupa 27m², dispendo de 6m de comprimento por 4,50m de largura (figura 17A). O armazém de matérias-primas externo serve-se de 2,30m², 2,30m de comprimento sobre 1m de largura (figura 17B).

Já no caso do armazém das matérias-primas requisitadas, como a própria designação sugere, é um espaço onde se encontra reservada a matéria-prima necessária para o cumprimento das ordens de fabricação subsequentes (figura 17C1 e C2). Este espaço é disposta em forma de L. Posto isto, esta área é composta por dois retângulos de 2,80m de comprimento por 1,30m de largura e, ainda, outro quadrado com 1,30m de lado. Assim sendo, o armazém de matérias-primas requisitadas encontra-se instalado numa área de 8,97m².

O armazém de produtos acabados, como a própria designação indica, é o espaço que se encontra reservado para armazenar as ordens de fabrico que se encontram dadas como concluídas e prontas para expedição. Para além de este espaço ter esta finalidade, também serve para parquear, durante a noite, as viaturas de trabalho (figura 17D). Este armazém ocupa uma área de cerca de 5m de largura por 10m de comprimento, perfazendo desta forma uma área de 50m².

A zona designada por serrote é um espaço, como o próprio nome indica, que integra uma ferramenta de corte mecânica: o serrote. Este utensílio é requerido em ordens que fabrico em que a matéria-prima a utilizar é o ferro varão. Uma vez que este ferro é adquirido em varão, este é cortado à medida para a ordem de fabrico em produção. Este espaço ocupa 4,50m de largura por 3m de comprimento. Ou seja, uma área de 13,50m² (figura 17E).



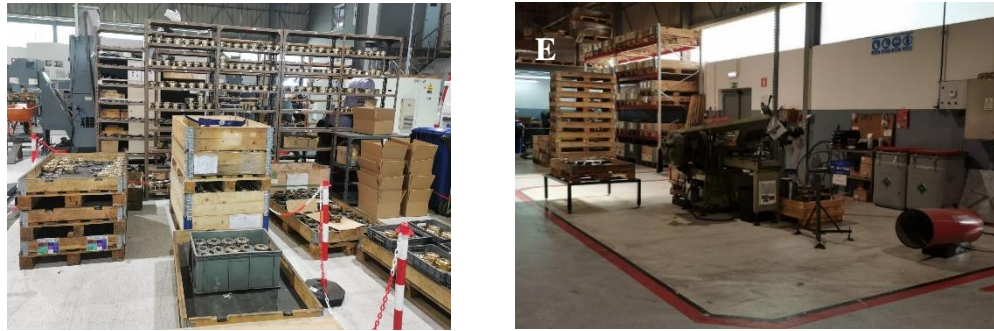


Figura 17 (A) – Armazém matérias-primas (interno); (B) – Armazém matérias-primas (externo); (C1 e C2) – Armazém matérias-primas requisitadas; (D) – Armazém produtos acabados; (E) – Serrote.

Fonte: Elaboração Própria.

Relativamente ao *layout* industrial apresentado pela *Neckmolde*, é importante frisar que os centros tecnológicos de fresagem e torneamento foram projetados tendo em conta a relevância que representa a proximidade destes centros tecnológicos entre si e da maquinaria fabril dentro de cada um destes centros, no processo produtivo dos vários moldes e acessórios.

No caso específico do centro tecnológico de metalização, este encontra-se localizado num dos cantos das instalações, uma vez que este centro requer condições especiais de instalação. Isto é, tendo em consideração as condições de segurança exigidas pela utilização do *laser* no processo de soldadura do plasma, este centro tem de ser isolado dos restantes. Acresce a este facto, a necessidade de existência de um extrator de fumos.

Os centros tecnológicos de controlo e de acabamentos, à semelhança do centro acima, também apresentam uma particularidade. Estes centros distinguem-se dos restantes através da forma como se encontra definida a sua área. Ou seja, o CTC e o CTA encontram-se dentro de uma estrutura que se situa assente no chão de fábrica da *Neckmolde*. A esta limitação do espaço acrescem as marcações coloridas no chão, enquanto os restantes centros tecnológicos têm as suas áreas definidas apenas pelos traçados, no chão, de cores vermelha e preta.

Relativamente ao tipo de produção, a *Neckmolde* segue um regime de produção semi-contínua ou seja, os centros operam de forma contínua, por períodos de tempo (i.e., turno laboral, lote/ordem de fabrico, período/quantia fixa) Na *Neckmolde* ao cabo de produzir 1.000 produtos referentes a uma dada ordem de fabrico tem de proceder à paragem de produção com o intuito de realizar os ajustes necessários às máquinas, de forma a reduzir a possibilidade de incorreções no produto final. Relativamente aos turnos

laborais, conforme indicado em secção anterior, a presente organização trabalha no regime de bi-horário, sendo que entre as 23h e as 07h da manhã seguinte não há produção. Por último, diferentes ordens de fabrico implicam ajustes diferentes nas máquinas. Ou seja, só é possível produzir duas ordens de fabrico seguidas sem interrupções, caso essas ordens sejam do mesmo produto final e com as mesmas características. Atendendo à experiência da empresa, esta é uma situação que ocorre raramente.

Tendo em consideração o facto da *Neckmolde* trabalhar com ordens de fabrico e de cada ordem ser uma ordem distinta da anterior ou da seguinte, pode-se afirmar que a sua produção segue o sistema de produção em lote. O sistema de produção é classificado desta forma, uma vez que os produtos a fabricar podem agregar-se por grupos específicos, num dado horizonte temporal. Este tipo de produção permite que sejam exigidas quantidades menores de produto final, que por sua vez garante os padrões de qualidade assumidos pela *Neckmolde*. Em suma, este sistema caracteriza-se por estar associado a alguma variedade de produtos e quantidades relativamente pequenas nas ordens de fabrico.

3.4.2 Proposta de *Layout* – “To Be”

Antes de se proceder à análise do *layout* que melhor responde aos requisitos de fabrico da *Neckmolde*, é importante compreender os fatores considerados de relevância no respetivo arranjo físico. De acordo com Gerlach et al. (2017) “Os principais fatores são: produto e matéria-prima – dimensões, pesos, quantidades movimentadas e características físico-químicas; máquinas e equipamentos – itens quantificados em função das suas capacidades, da eficiência e da quantidade a ser fabricada; homem – elemento que, na movimentação ao realizar tarefas junto às máquinas ou na supervisão, requer espaço compatível com seu bem-estar; transporte interno – tipo de transporte utilizado entre os setores.”.

Por outro lado, Gerlach et al. (2017 reportando a Moreira, 2002) “cita três motivos que tornam importantes as decisões acerca do *layout*: uma mudança adequada de *layout* pode aumentar a produtividade dentro da instalação, sem aumentar o uso de recursos, por meio da racionalização no fluxo de pessoas e materiais; mudanças de *layout* podem implicar o dispêndio de consideráveis somas de dinheiro, dependendo, entre outros fatores, da área afetada e das alterações físicas realizadas; e as mudanças de *layout* podem representar elevados custos e/ou dificuldades técnicas para futuras alterações. Além disso, podem causar interrupções indesejáveis da operação.”.

Atendendo à informação acima exposta, neste momento do estudo, pretende-se avaliar a oportunidade de melhorar a mobilização interna de produtos e de operadores. Para tanto, vai-se atender às deslocações, durante o processo produtivo da *Neckmolde*. A intenção é conhecer os “custos/ valores atuais” inerentes ao fluxo produtivo e, identificar a possibilidade de propor melhorias. Genericamente, esta classe de problemas envolve formulações matemáticas de otimização. Algumas das propostas mais frequentes consideram a construção de um *layout* inicial em blocos que é depois melhorado iterativamente, por troca estruturada entre blocos. Uma das técnicas mais populares na resolução desta classe de problemas é o *Computerized Relative Allocation of Facilities Technique* (CRAFT), que assenta na resolução dos problemas equacionados através de métodos heurísticos e, como tal, tem implícito o risco de a solução encontrada poder não ser uma solução ótima.

Estes problemas de otimização, em geral, têm como objetivo minimizar o “Custo Total” gerado pelas deslocações, entre áreas produtivas em chão de fábrica, necessárias à execução das várias ordens de fabrico ou seja:

$$\text{Função Objetivo, F.O.} \quad \text{Custo total, CT: } CT = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_{i,j} d_{i,j} c_{i,j},$$

sendo que i e j representam áreas produtivas, para as quais se avalia $d_{i,j}$, ou seja, a distância entre i e j , em metros, ponderada com base no nível de atividade (fluxo produtivo) que ocorre entre i e j , $A_{i,j}$; e nos custos $c_{i,j}$ que representam o valor unitário, por metro percorrido de i para j .

- **Variáveis de Decisão**

O algoritmo requer variáveis de decisão que representam, em cada iteração k , a posicionamento de cada área i , integrante do processo produtivo, Y_k . Este vai determinar a colocação dos blocos afetos à ocupação de cada área e, conseqüentemente, o valor das variáveis $d_{i,j}$, em cada iteração. De notar que cada área i é representada pelo respetivo centroide, sendo as distâncias avaliadas entre os centroides das várias áreas do processo.

- **Restrições e procedimento**

A cada iteração k são avaliadas as oportunidades de melhoria resultantes da troca entre cada par de blocos (para áreas iguais) ou triplete de blocos (para áreas adjacentes a

cada área *i*). As restrições consideradas são relativas à mobilidade dos blocos, ou seja, ao seu posicionamento e às trocas admissíveis.

A heurística termina quando já não houver trocas que permitam melhorar o valor do ótimo obtido nessa iteração, a menos de uma certa tolerância.

Posto isto, as ferramentas de resolução empregues, neste estudo, foram procedimentos heurísticos implementados por *Jensen* (2011), através de *Jensen & Bard* (2002), e disponibilizados como suplementos para o *Microsoft Excel* (i.e., o *Facility Layout Add-in* e *Optimize Add-in*). Relativamente ao suplemento *Facility Layout Add-in*, este permite sustentar o estudo em métodos de solução *Traditional CRAFT* (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*) e *Optimum Sequence*. No presente estudo foi utilizado o *CRAFT* e avaliadas, posteriormente, as oportunidades do *Optimum sequence*.

Para definir o *facility* do problema é preciso identificar dados como a lista e tamanho físico das áreas a tratar, os fluxos dos produtos em vias de fabrico, e a largura e comprimento do chão de fábrica. O algoritmo devolve o custo total do *layout* atual e o posicionamento ou arranjo físico das várias áreas, marcando as várias linhas de fluxo.

Assim, o objetivo do suplemento *CRAFT* é otimizar a disposição dos departamentos, de forma a minimizar o custo total dos fluxos em chão de fábrica. Conforme indicado acima, o procedimento heurístico propõe a representação gráfica de possíveis alternativas ao *layout* inicial.

Para utilizar esta ferramenta é ainda necessário prestar informações sobre o número de departamentos a considerar, os pontos fixos, a largura e comprimento das instalações fabris, e a área dos departamentos considerados. Tem de se ressaltar que este suplemento (i.e., *add-in*) identifica os pontos fixos como pontos de chegada de matérias-primas e de envio de produto acabado, ou seja, identifica os cais de descarga das matérias-primas e de carga do produto acabado. Apesar desta situação, considerou-se que os pontos fixos representam as áreas que não são passíveis de serem alteradas.

Adicionalmente, na formulação do problema do *layout* e na consequente verificação da possibilidade de melhoria, importa compreender quais as condições assumidas e quais os pressupostos atendidos. Neste ponto do estudo, foram assumidas condições de representação do processo e tidos em atenção alguns pressupostos de implementação

associados à resolução do problema. Assim, foram atendidos os seguintes requisitos no arranjo físico da *Neckmolde*:

- **Áreas funcionais ou Departamentos**

Neste ponto do estudo, consideraram-se 12 departamentos. Os departamentos devem ser entendidos como os vários espaços identificados através da planta das instalações fabris, em vez de ser interpretado como os centros tecnológicos existentes na *Neckmolde*. Houve necessidade de fazer esta distinção, tendo em consideração que, na empresa em observação, tanto os centros tecnológicos de torneamento como de fresagem têm a particularidade de serem compostos por dois espaços distintos. Desta forma, foram considerados como departamentos: os cinco centros tecnológicos existente, tendo o CTT e CTF sido divididos em dois espaços cada um; os armazéns das matérias-primas (interno), de matérias-primas requisitadas e de produto acabado o serrote e sala de arrumos. Consecutivamente, foram considerados sete espaços correspondentes aos centros tecnológicos e cinco correspondentes às outras zonas identificadas, perfazendo um total de 12 espaços distintos.

- **Áreas fixas**

Há um conjunto de áreas que não são passíveis de ser redistribuídas no arranjo físico da instalação. Trata-se das áreas dos CTC, CTA, CTM, Armazém das Matérias-Primas e Sala de Arrumos que têm necessidade de serem consideradas como pontos fixos no *layout* industrial. Esta situação deve-se ao facto de, no caso do CTM, este centro tecnológico ter necessidade de se encontrar isolado dos restantes, por questões de segurança associadas à utilização de *laser* no processo de soldadura. Acresce, ainda, a obrigatoriedade de instalação de extrator de fumos, sendo que a desinstalação e reinstalação do mesmo, resultaria em custos elevados para a *Neckmolde*. Os restantes casos identificados também não são passíveis de alteração, uma vez que se encontram instalados em estruturas implantadas no chão de fábrica. A estas limitações acresce a delimitação do espaço por marcações coloridas representadas no chão, estas servem para delinear os centros tecnológicos entre si e os corredores de circulação.

- **Área do chão de fábrica**

Este pressuposto refere-se à área total do chão de fabrico, isto é, ao total das áreas funcionais e áreas de mobilização entre as mesmas (i.e., corredores e outros elementos de ligação entre centros tecnológicos).

A análise do *layout* industrial pode ser conduzida marcando a área ocupada pelos corredores e mantendo-a como área fixa ou não a considerando na análise. Uma vez que essas áreas não são geradoras de fluxos no processo produtivo da *Neckmolde*, entendeu-se suprimi-las da análise.

- **Movimentação entre centros tecnológicos**

Este pressuposto refere-se à movimentação que acontece entre os diversos centros tecnológicos existentes na *Neckmolde*. Isto é, as movimentações que acontecem no chão de fábrica são retilíneas, ou seja, quando há deslocação de matéria-prima ou de produtos em vias de fabrico, esta deslocação acontece segundo corredores paralelos aos centros tecnológicos. Por outras palavras, estas deslocações não acontecem em diagonal, não há cruzamento de centros tecnológicos para chegar até outro.

As deslocações têm de ser forçosamente efetuadas pelos corredores delimitados, por questões de segurança, evitando a possibilidade de acidentes de trabalho.

Tendo em consideração os pressupostos previamente definidos, a primeira observação que se fez, ao arranjo físico da *Neckmolde*, foi ao nível do *layout* atual. Ou seja, numa primeira fase analisou-se o custo associado ao arranjo atual e, de seguida, analisou-se o custo associado à otimização desse arranjo. Através da utilização do processo CRAFT, concluiu-se que o *layout* atual representa para a *Neckmolde* um custo de 1.075, conforme indicado na figura 18 (A). Para facilitar a compreensão das várias análises e considerando que o propósito de avaliação é a distância total associada à mobilização dos materiais, considerou-se o coeficiente unitário de custo ($c_{i,j}$) igual a 1 e, como tal, tornou-se o critério objetivo exclusivamente dependente do posicionamento relativo das várias áreas (i.e., das distâncias $d_{i,j}$). Assim, nas demais apreciações adota-se a designação de valor para o resultado da função objetivo.

Nas diferentes representações que se ilustram dos vários arranjos físico foi considerada sempre a mesma descrição dos intervenientes no *layout*. Assim, para obviar a sua continua repetição em cada legenda descreve-se em seguida a notação utilizada: **1** (vermelho) – CTC; **2** (verde alface) – CTA; **3** (azul) – Armazém Matérias-Primas (interno); **4** (amarelo) – Serrote; **5** (violeta) – CTM; **6** (azul claro) – CTF (1ª fase); **7** (bordô) – CTF (2ª fase); **8** (verde escuro) – CTT (Produção de Boquilhas); **9** (azul escuro) – CTT (Produção de Anéis e Restantes Moldes e Acessórios); **10** (verde tropa) – Armazém de Produto Acabado; **11** (roxo) – Armazém Matérias-Primas Requisitadas; **12** (azul petróleo) – Sala de Arrumos.

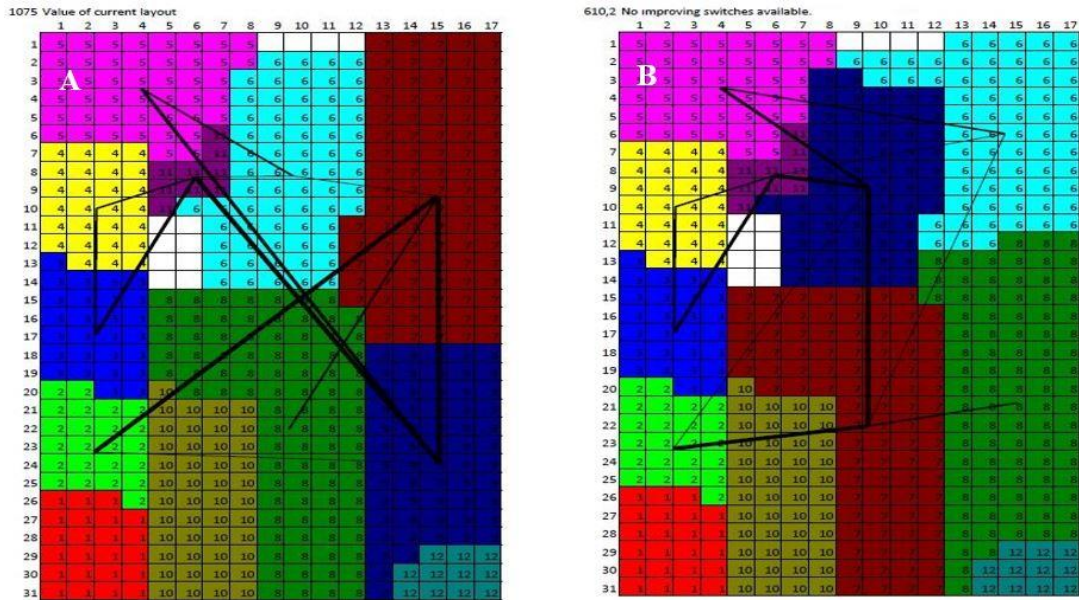


Figura 18 (A) – Situação controlo: *layout* atual e respetivos fluxos; **(B)** – Situação controlo: *layout* melhoria e respetivos fluxos.

Fonte: Elaboração própria.

De seguida, gerou-se o *layout* resultante da execução do suplemento do *software* Microsoft Excel, com o intuito de otimizar o mesmo. Concluiu-se que é possível melhorar o atual arranjo físico, conforme figura 18 (B), ficando avaliado em 610,2.

Ao proceder a esta alteração no *layout* atual, ter-se-ia uma otimização de cerca de 43,24% face ao valor atual. Atendendo a esta alteração, o *layout* atual da Neckmolde teria de sofrer alterações ao nível dos centros tecnológicos de fresagem (2ª fase), de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios), de fresagem (1ª fase) e de torneamento (produção de boquilhas). No final do processo de *CRAFT* apurou-se uma redução do valor associado ao arranjo físico, uma vez que, numa primeira fase, trocou-se o centro tecnológico de fresagem (2ª fase) pelo de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios) que permitiu uma redução do valor em 327,3. De seguida, simulou-se a troca do centro tecnológico de fresagem (1ª fase) pelo de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios) que por sua vez permitiu diminuir o valor em 49,9. Por último, trocou-se o centro tecnológico de fresagem (2ª fase) pelo de torneamento (produção de boquilhas) que permitiu reduzir o valor até aos 610,2.

Deste modo, é possível concluir que a técnica utilizada pelo *CRAFT* para resolução dos problemas equacionados é através da troca de áreas que sejam adjacentes entre si ou que tenham a mesma área.

Seguidamente calculou-se o valor associado ao arranjo físico atual da *Neckmolde*, tendo sido adicionada uma condição aos pressupostos anteriormente enunciados. A restrição imposta vincula o fluxo do processo produtivo da *Neckmolde* apenas aos fluxos dos anéis e boquilhas, atendendo a que estes fluxos se consideram dominantes, uma vez que o volume de negócios se resume em grande parte a estes produtos. Tendo em consideração esta restrição, obteve-se associado ao *layout* atual da *Neckmolde* um valor de 342,5, conforme figura 19 (A).

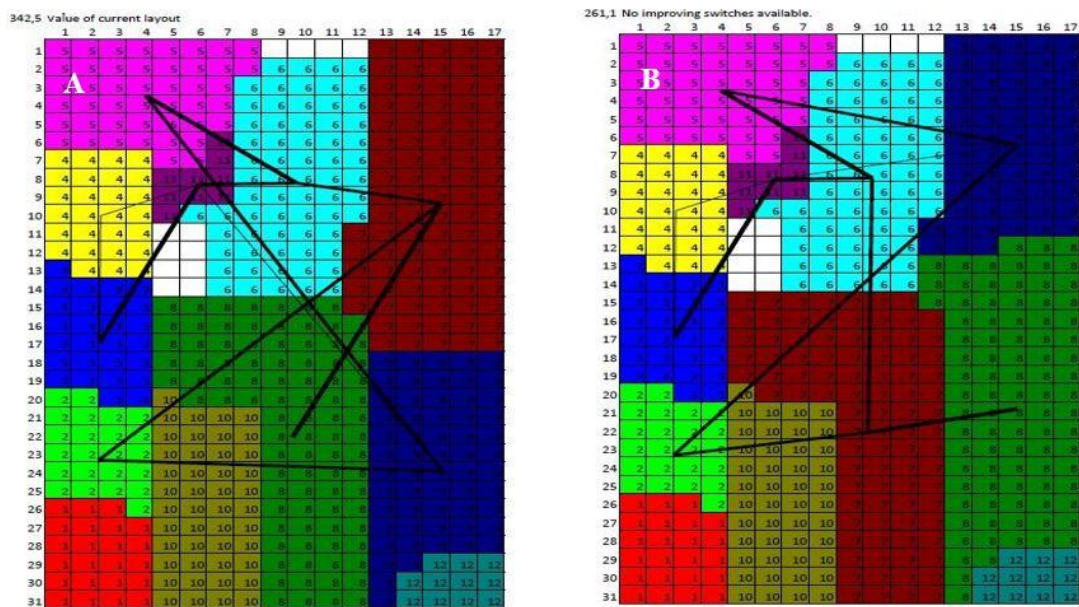


Figura 19 (A) – Situação avaliação 1: *layout* atual e respetivos fluxos produtivos; (B) – Situação avaliação 1: *layout* melhoria e respetivos fluxos produtivos.

Fonte: Elaboração própria.

A implementação desta melhoria teria repercussões ao nível dos centros tecnológicos de fresagem (2ª fase), de torneamento (produção de boquilhas) e de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios). As interações que existiriam neste cenário seria entre os centros assinados com os números 7 e 9, numa primeira fase, e de seguida entre os 7 e 8. Estas interações permitiriam uma diminuição do valor para 282 e 261,1, respetivamente. Através desta avaliação é possível melhorar o arranjo físico em 23,77% (figura 19B).

De seguida, fez-se a avaliação 2, que contempla os pressupostos inicialmente anunciados e a restrição de penalização do valor referentes aos anéis e boquilhas. Ao penalizar os fluxos dos anéis e boquilhas, apurou-se o valor do *layout* atual em 2.037, de acordo com a figura abaixo apresentada. Importa referir que a penalização se deveu à

atribuição de um valor unitário de 2 nas deslocações relativas aos processos produtivos destes produtos.

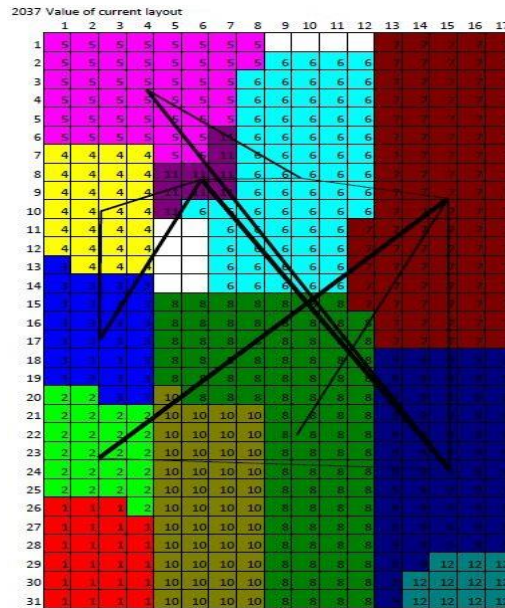


Figura 20 – Situação avaliação 2: *layout* atual e respetivos fluxos produtivos

Fonte: Elaboração própria.

Em paralelo com os cenários anteriormente expostos, de seguida fez-se correr o suplemento, tendo revelado que o *layout* atual com a restrição imposta pode ser otimizado em cerca de 45,11%, apurando-se um valor de 1.118, em conformidade com a figura 21 (A). De forma a obter esta melhoria no arranjo físico seria necessário trocar o centro tecnológico de fresagem (2ª fase) pelo centro tecnológico de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios), obtendo um valor de 1.383. De seguida, seria necessário recorrer à troca entre os centros tecnológico de fresagem (1ª fase) e centro tecnológico de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios), diminuindo o valor em 123. Por último, haveria a obrigatoriedade de alterar a instalação do centro tecnológico de fresagem (2ª fase) pelo de torneamento (produção de boquilhas). Desta forma, seria possível reduzir o valor do arranjo físico em 919.

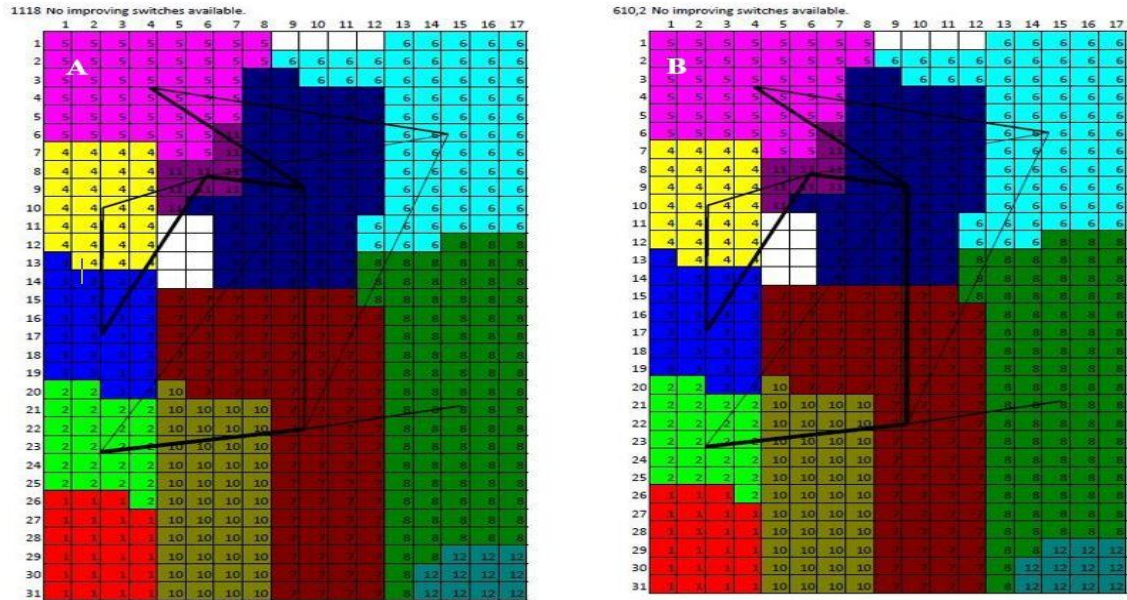


Figura 21 (A) Situação avaliação 2 – *layout* melhoria com penalização e respetivos fluxos produtivos; (B) Situação avaliação 2 – *layout* melhoria sem penalização e respetivos fluxos produtivos.

Fonte: Elaboração própria.

Ainda neste cenário, simulou-se o apuramento do valor do *layout* considerando que ao produzir o *solver* se voltou a colocar o valor inicialmente atribuído ao fluxo do processo produtivo. Em semelhança à situação de controlo, verificou-se que o valor final da melhoria seria 610,2, sendo a otimização em cerca de 70,04%. Ainda na melhoria neste cenário, concluiu-se que as interações e suas valorizações são iguais às apresentadas na melhoria da situação de controlo (figura 21A).

Por último, avaliou-se um cenário que deixa de parte um dos pressupostos acima indicados. Isto é, no presente cenário avaliou-se a alteração do valor do *layout* atual, tendo em conta a introdução dos corredores considerados principais face à planta atual. Com a simulação do presente cenário, concluiu-se que a introdução dos corredores não produziu uma alteração significativa ao nível do valor do *layout*. Ou seja, houve um agravamento de 610,2 para 668, que representa um agravamento do valor, em cerca, de 9,47%, conforme apresentado na figura 22.

De forma a dar resposta a esta avaliação, partiu-se do cenário melhoria da situação de controlo e implantou-se na área de implantação anteriormente considerada adicionada da área referente aos corredores considerados.

Atendendo a que o agravamento é inferior a 10%, conclui-se que a consideração dos corredores não altera a otimização do problema equacionado. Isto é, tendo em atenção que a alteração do valor é de tal forma reduzida que não coloca em causa o estudo realizado sem a consideração dos corredores. Outra consideração que é possível tirar relativamente a este cenário, é que o acréscimo destes corredores leva à alteração dos centroides de cada área, sendo estes o ponto central de cada um dos departamentos. Deste modo ocorre alteração ao nível do valor associado ao arranjo físico.

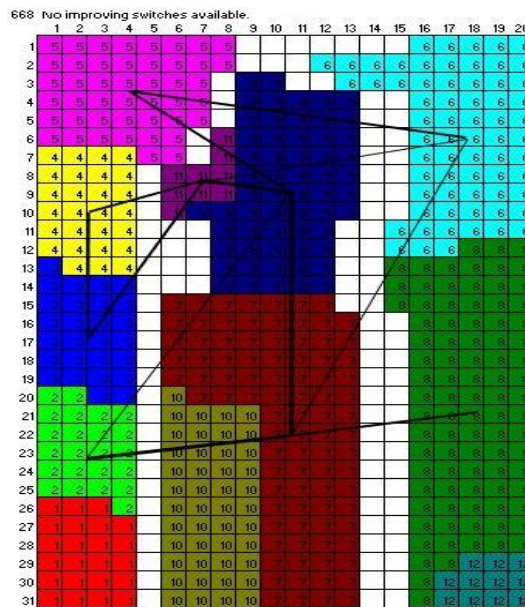


Figura 22 – Situação avaliação 3: *layout* melhoria com introdução dos corredores principais e respetivos fluxos produtivos.

Fonte: Elaboração própria.

De forma a facilitar a compreensão dos dados extraídos da ferramenta do *Microsoft Excel*, procedeu-se à construção da tabela infra indicada. Na mesma é possível identificar o valor em que foi, inicialmente, avaliada cada uma das situações anteriores e posterior reavaliação.

Tabela 3 – Avaliação dos cenários equacionados.

Situações	<i>Layout</i> atual	<i>Layout</i> melhoria	<i>Layout</i> melhoria com aumento valor	<i>Layout</i> melhoria retirado o aumento valor	Otimização
Controlo	1.075	610,2	-----	-----	43,24%
1	342,5	261,1	-----	-----	23,77%
2	2.037	-----	1.118	610,2	45,11%/70,04% respetivamente
3	-----	668	-----	-----	9,47%.

Atendendo aos dados apresentados na tabela acima, concluiu-se que o cenário que traria mais benefícios para a *Neckmolde*, seria, efetivamente, a otimização do *layout* presente na situação 1, isto é, tendo em consideração na construção do arranjo físico apenas o fluxo das boquilhas e dos anéis. Com esta implementação não teria de se deixar de produzir os restantes moldes e acessórios, apenas se teria em atenção, exclusivamente, os fluxos das boquilhas e anéis, aquando da reconfiguração do chão de fábrica.

Tendo em consideração os valores apresentados na linha referente à situação 1, a otimização encontrada situa-se apenas na casa dos 23,77%, sendo o valor mais baixo na coluna das otimizações. Mas tendo em conta a instalação atual (situação controlo) e a instalação atual só consideração boquilhas e anéis (situação 1), seria produzida uma redução do valor inicial em sensivelmente 68,1%. A implementação desta alteração no chão de fábrica da *Neckmolde*, poderia produzir uma otimização de aproximadamente 75,71%, face ao valor atual avaliado.

Por último, pode ainda concluir-se que há maiores ganhos pela modificação do *layout* atual da organização do que pela penalização do valor associado aos produtos fabricados em maior quantidade.

3.4.3 Pontos Convergentes e Divergentes

Tendo em atenção que a avaliação 1 é a que se revela mais benéfica para a *Neckmolde*, fica deste modo assente que as alterações aconselháveis ao *layout* atual são as que levam até ao ponto em que se encontre implementado no chão de fábrica a melhoria referente à avaliação 1.

O *layout* de que se parte inicialmente é o que se encontra representado na figura 19(A) e o arranjo que se pretende atingir é o que se encontra na figura 19(B). Na figura abaixo encontram-se representadas as alterações que teriam de ocorrer no *layout* atual caso se pretenda instalar o *layout* otimizado, de acordo com a avaliação 1, avaliação que considera apenas o fluxo de anéis e boquilhas.

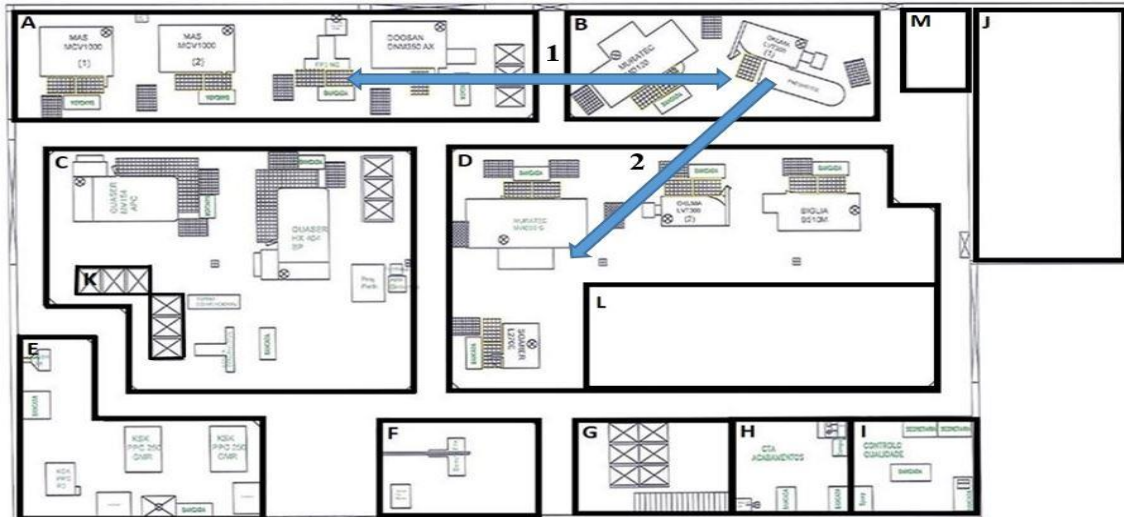


Figura 23 – Alterações ao layout da Neckmolde.

Fonte: Planta cedida pela Neckmolde com edição própria.

Caso esta solução seja implementada, ao analisar a figura acima apresentada, conclui-se que nove das 12 áreas definidas para o estudo do layout se mantêm inalteráveis. As interações desta melhoria acontecem ao nível os Centro Tecnológicos de Fresagem (2ª fase), de Torneamento (Produção de Anéis e Restantes Moldes e Acessórios) e de Torneamento (Produção de Boquilhas).

Tendo às informações anteriores, pode-se afirmar que os pontos comuns ao layout atual e o otimizado são os armazéns de matérias-primas (interno), o de matérias requisitadas e o de produto acabado, os centros tecnológicos de controlo, de acabamentos, de metalização e de fresagem (1ª fase), serrote e sala de arrumos. Pode-se ainda indicar que parte dos pontos comuns, no momento de arranque, eram expectáveis, atendendo a que foram considerados pontos fixos, dadas as suas características.

Por outro lado, os pontos divergentes entre os dois arranjos físicos são os centros tecnológicos de fresagem (2ª fase), de torneamento (produção de anéis e restantes moldes e acessórios) e torneamento (produção de boquilhas). Acresce, ainda, a conseqüente alteração ao fluxo do processo produtivo.

3.5 Sumário

De reter neste capítulo que há quatro tipos de matérias-primas: o *dameron*, o ferro, o bronze e o aço, podendo o ferro ser de fundição ou de varão. Estes, tendo em consideração as necessidades das ordens de produção dos clientes, darão origem a anéis,

boquilhas, cabeças de sopro, falsos canhões, funis, postiços ou punções. E, por último, o meio de transformação, que permite partir de uma destas matérias-primas até a um produto final, designa-se por processo produtivo. O processo produtivo aplicado encontra-se sempre condicionado pela matéria-prima a operar e pelo produto final requerido.

Acresce, ainda, salientar que os centros tecnológicos são áreas de trabalho bem definidas, com número determinado de trabalhadores e respetivas máquinas fabris. Ao observar o atual *layout* fabril, é possível constar que cada centro tecnológico se distingue dos restantes, através de marcações no chão. Estas marcações têm como objetivo a delimitação das várias áreas de fabricação como também garantir a seguranças dos seus funcionários, tendo em atenção que na parte da fabricação coabitam trabalhadores e maquinação de transporte desde as matérias-primas até ao produto acabado.

É de evidenciar que no início da história da *Neckmolde*, esta seguia a ideologia de que cada funcionário devia ser especializado num dado centro tecnológico. Com a aquisição de experiência por parte do órgão de gestão e com a evolução no campo da gestão, concluiu-se que seria mais viável a não especialização dos funcionários por centros tecnológicos. Revelou-se mais interessante o conhecimento dos vários centros tecnológicos por parte dos trabalhadores. Ou seja, uma das atuais políticas do órgão de gestão é o de que todos os novos funcionários antes de estarem totalmente alocados a um determinado centro tecnológico devem rodar por todos os centros tecnológicos. Desta forma é dada a oportunidade ao trabalhador de ter contacto com os vários centros da empresa e, consecutivamente, ter maior versatilidade do que os colega com mais anos de experiência na *Neckmolde*, no que toca ao processo de produção da mesma. Dada esta oportunidade aos seus funcionários, resulta, para a organização, trabalhadores com maior *know-how* do processo produtivo.

4 CAPÍTULO 4 – PLANEAMENTO INDUSTRIAL

No presente capítulo realiza-se a análise crítica e o diagnóstico de eventuais problemas industriais identificados através do confronto das visões apresentadas no Capítulo 1 - Enquadramento Teórico e a realidade da empresa exposta nos Capítulos 2 – A Organização e 3 – Processo Industrial.

Apresentar-se-á a proposta de planeamento ótimo e, conseqüentemente, serão discutidos os resultados e apreciados os desvios observados entre a prática industrial e as propostas de planeamento ótimo. A formulação matemática de otimização que suporta este estudo foi implementada em *Microsoft Excel* e resolvida através do suplemento *OpenSolver*, atendendo a que a ferramenta *solver* se revelou insuficiente para dar resposta à dimensão do problema em análise. Adicionalmente, foi elaborado um painel de visualização (i.e., modelo *dashboard*) com o intuito de ilustrar os resultados que se revelaram de maior interesse, facilitando assim a compreensão das informações produzidas pelo modelo e a sua comparação com os registos da produção.

4.1 Definição do Problema

Atendendo às características industriais da *Neckmolde*, o problema de otimização da produção é dado através de diversos elementos operacionais disponibilizados pela entidade. Os dados operacionais concedidos resumem-se ao horizonte temporal e restantes condições temporais relativas ao processo produtivo e equipamentos industriais. Adicionalmente, foram ainda facultados dados relativos à gama de produtos fabricados, ao número de trabalhadores e alguns detalhes dos processos produtivos.

A gama de produtos desta empresa diferencia-se, em primeira análise, com base na matéria-prima utilizada, existindo, tal como já se referiu, quatro tipos de materiais: bronze, *dameron*, aço e ferro. O ferro por sua vez pode apresenta-se em dois estados distintos: ferro fundido e ferro varão. Agrupando os produtos fabris por matérias-primas, conclui-se que o bronze e o ferro fundido são requeridos na comercialização apenas de boquilhas; o *dameron* para anéis, cabeças de sopro, falsos canhões e punções; o aço apenas para os postiços; e, por último, o ferro varão para anéis, cabeças de sopro, falsos canhões, funis e punções.

Outro ponto fundamental do presente capítulo são as operações e equipamentos envolvidos no processo produtivo. No caso da *Neckmolde* as operações que envolvem

maquinação, ao longo do processo, são: preparar para metalizar, metalização, torneamento, marcações, fresagens como furar, justar, guias, roscar, ovalizações. Na tabela abaixo, é possível identificar a afetação entre as operações e os equipamentos.

Tabela 4 – Afetação operações/equipamentos.

Operações	Equipamentos
Preparar para metalizar	OKUMA LVT 200 (1) QUASER HX 404 BP QUASER MV154 APC MAS MCV 1000 (1)
Metalização	KSK PPC 250 GMR (PTA 1) KSK PPC R3 (PTA 2) KSK PPC 250 GMR (PTA 3)
Torneamento	MURATEC MD 120 OKUMA LVT 200 (1) MURATEC MW 200 G BIGLIA 951 OM OKUMA LVT 200 (2)
Furar	DOOSAN DNM350 AX
Marcação	MDX-540
Justar	MAS MCV 1000 (1) QUASER HX 404 BP QUASER MV154 APC
Guias	MAS MCV 1000 (1) MAS MCV 1000 (2)
Roscar	DECKEL FP3 NC
Fresagens diversas	DOOSAN DNM350 AX

Importa, ainda, salientar na definição do problema os recursos humanos ao dispor da *Neckmolde*. Relativamente a este ponto, conhece-se que os Centros Tecnológicos, CTC, CTA, CTM, CTF, CTT e CTP, são compostos por 3, 3, 1, 7, 9 e 2 trabalhadores, respetivamente. Considera-se relevante referir a carga laboral, tendo em atenção que nem todos os centros tecnológicos trabalham por turnos ou por horário fixo. Os centros tecnológicos de controlo, CTC, acabamentos, CTA, metalização, CTM, e programação, CTP, funcionam apenas no horário das 8h às 17h, ao passo que os restantes centros tecnológicos (i.e., CTF e CTT) funcionam por turnos em sistema de rotatividade, sendo o turno da manhã das 7h às 15h e o da tarde das 15h às 23h.

No que reporta às facilidades de produção (i.e., equipamentos, máquinas, etc.), as máquinas laboram em processo semi-contínuo, isto é, encontram-se a produzir de forma contínua, por períodos de tempo, havendo necessidade de paragens quando se dá um dos seguintes cenários: término da ordem de fabrico ou término de horário laboral.

Atendendo à informação presente acima, pretende-se proceder à afetação dos equipamentos fabris e dos recursos humanos, tendo em vista a satisfação de critérios

operacionais como o tempo total de produção, a capacidade dos recursos humanos e facilidades fabris, e o cumprimento de requisitos de entrega ao cliente. Acresce, ainda, compreender se a operação da *Neckmolde* decorre segundo as características que definem os determinantes de operação como a agilidade, a flexibilidade, ou a versatilidade. Estes aspetos têm-se revelado bons indicadores de desempenho para boa parte das empresas e organizações industriais.

De forma a melhor compreender os fluxos materiais existentes na organização e respetiva articulação entre centros tecnológicos e equipamentos fabris, esboçou-se, a título ilustrativo, o processo produtivo das boquilhas, exibido na tabela 5 (apêndice 2.1), e apresentam-se os processos dos demais produtos nos apêndices 2.2 a 2.7.

No que reporta às boquilhas, tendo em conta que estas podem ser de bronze ou ferro fundido, ao analisar o esquema deve ter-se em atenção que o esboço foi produzido da seguinte forma: da esquerda para a direita, na primeira coluna identifica-se o produto em fabricação, na segunda coluna a matéria-prima utilizada e nas restantes colunas encontram-se as tarefas ordenadas (identificadas a negrito) e respetivos equipamentos fabris. Aquando da apresentação de mais do que um equipamento fabril, pretende-se espelhar as máquinas que são *suitable* para a mesma ou outras tarefas. Nessa situação, a escolha do equipamento fabril a operar depende do curso das demais obras de produção. Acresce a esta referência, a informação visual retirada a partir da cor utilizada na ilustração. As cores verde, laranja, azul, roxo, bordô e cinzento correspondem ao armazém MP, CTF, CTM, CTT, CTA, transporte e PA, respetivamente. Adicionalmente, junta-se a indicação do símbolo “*” em determinadas operações e, consequentes, máquinas. Esta simbologia confere a possibilidade ou não de recurso a determinada tarefa e respetivo equipamento assinalado com esse símbolo.

Tabela 5 – Processo produtivo de boquilhas.

		I1 = J1		I2 = J2 V I2 = J3	I3 = J4	I4 = J5 V I4 = J6	I5 = J7	I6 = J8	I7 = J9	I8 = J10	I9 = J11	I10 = J12		
Boquilhas	Bronze	Preparação da MP		Preparar para metalizar *	Metalização *	Justar	Guias	Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Polimento*	Acabamentos	Transporte *
		T1 = ARMAZÉ M MP	ARMAZÉ M MP requisitada	T2 = QUASER MV 154 APC*	T3 = KSK PPC 250 GMR (PTA 1)*	T5 = QUASE R MV 154 APC	T6 = MAS MCV 1000 (1)	T8 = MURATE C MW 200 G	T9 = BIGLI A 951 OM	T10 = DOOSA N DNM 350 AX*	T11 = DECKE L FP3 NC*	T12 = POLIMENTO *	T13 = ACAB	T14 = TRANS*
				T4 = KSK PPC 250 GMR (PTA 3)*		T7 = MAS MCV 1000 (2)								
	Ferro Fundição	Preparação da MP		Preparar para metalizar	Metalização	Justar	Guias	Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Polimento*	Acabamentos	Transporte *
		T1 = ARMAZÉ M MP	ARMAZÉ M MP requisitada	T2 = QUASER MV 154 APC	T3 = KSK PPC 250 GMR (PTA 1)	T5 = QUASE R MV 154 APC	T6 = MAS MCV 1000 (1)	T8 = MURATE C MW 200 G	T9 = BIGLI A 951 OM	T10 = DOOSA N DNM 350 AX*	T11 = DECKE L FP3 NC*	T12 = POLIMENTO *	T13 = ACAB	T14 = TRANS*
		T4 = KSK PPC 250 GMR (PTA 3)		T7 = MAS MCV 1000 (2)										
		I1 = J1		I2 = J2 V I2 = J3	I3 = J4	I4 = J5 V I4 = J6	I5 = J7	I6 = J8	I7 = J9	I8 = J10	I9 = J11	I10 = J12		

Importa ainda referir que os processos descritos e facultados no apêndice 2, foram construídos tendo em atenção os mesmos pressupostos de análise referidos para o esquema anterior. A sistematização das apreciações efetuadas permitiu concluir que são iguais entre si, os seguintes processos de fabrico:

- anéis e cabeças de sopro, considerando matérias-primas iguais;
- falsos canhões, anéis e cabeças de sopro de *dameron*;
- punções de ferro fundido, anéis e cabeças de sopro com o mesmo material;
- falsos canhões de ferro fundido e os funis, igualmente de ferro fundido;
- posições e punções de *dameron*.

4.2 Modelo de Planeamento

De acordo com D'Andréa & Cardoso (2011 citando Pizzolato *et al.*, 2004), “para a solução de problemas logísticos, são utilizados modelos por meio dos quais toda a rede logística pode ser representada.”. Este pensamento respeita não apenas à problemática da logística como também ao planeamento da produção.

Com vista ao desenvolvimento do modelo matemático de otimização, para o planeamento da produção, decidiu-se pela utilização do modelo de representação proposto por Amaro & Barbosa-Póvoa (2008) e pela consideração da formulação matemática apresentada, ainda que sujeita a algumas simplificações da proposta e adotando como função objetivo o Fluxo de Produção, sujeito a um critério de maximização. Em seguida apresentam-se os elementos mais relevantes da proposta desenvolvida, caracterizando as variáveis de decisão e parâmetros do modelo, e explicam-se as principais restrições da formulação utilizada.

Índices

$s=1,\dots,Ns$ – estados de material, $s \in SMP \cup SI \cup SP$;

$i=1,\dots,Ni$ – tarefas/ task, $i \in I$;

$j=1,\dots,Nj$ – Equipamentos, $j \in J \cup JS$;

$h=1,\dots,Nh$ – recursos Humanos, $h \in RH$;

$t=1,\dots,/T/$ – Intervalos discretos de planeamento.

Conjuntos

$$JI_j = \{i \in I: \text{tarefa/task } i \text{ que pode ser executada no equipamento } j \in J\}$$

$$HI_h = \{i \in I: \text{tarefa/task } i \text{ que pode ser executada pelo recurso } h \in RH\}$$

$$IP_s = \{i \in I: \text{tarefa/task } i \text{ que integra o fabrico de } s \in SPF\}$$

$$IP_s = \{s \in S: \text{estados de material } s \text{ que podem ser armazenados em } j \in JS\}$$

Variáveis de Decisão

$Qp_{i,t}$ = quantidade de material processado na facilidade j , em resultado da tarefa/ task i , $i \in JI_j$, no intervalo t ;

$S_{s,t}$ = quantidade de estado de material s , no intervalo t ;

As quantidades de materiais rececionadas a partir do exterior (i.e., matérias-primas e auxiliares), e expedidas para o cliente (i.e., produtos finais) podem também ser definidas como variáveis de decisão, considerando:

$R_{s,t}$ = quantidade de estado de material s rececionada, no intervalo t ;

$D_{s,t}$ = quantidade de estado de material s expedida para o cliente em t .

Variáveis Binárias e/ou Inteiras

$$Y_{i,t} = \begin{cases} 1 & \text{se a tarefa } i \text{ é atribuída ao equipamento } j \text{ em } t \\ 0 & \text{restantes casos} \end{cases} \quad \forall i; \forall t \in T$$

* **facilidade** – representa, na escala macro, um Centro Tecnológico, CT, ou na escala detalhada, um equipamento.

$Y_{i,t}$ = para modelar alguns cenários de operação será considera a possibilidade de realização de mais que uma obra, em cada período t , passando estas variáveis de decisão a ser definidas como inteiras;

Parâmetros de Tempo e de Capacidade

$ThCT_j$ = capacidade dos RH, recursos humanos, afetos à facilidade j (tempo, volume, massa, taxa, etc.);

$TmCT_j$ = capacidade dos RM, recursos máquina, da facilidade j (tempo, volume, massa, taxa, etc.);

$\underline{Dweek}_s, \overline{Dweek}_s$ OU $Dweek_s =$ quantidade mínima/ máxima OU quantidade de produto final $s \in SPF$ a expedir semanalmente;

$\underline{D}_{s,t}, \overline{D}_{s,t} =$ quantidade mínima/ máxima de produto final $s \in SPF$ a expedir em t;

$\underline{R}_{s,t}, \overline{R}_{s,t} =$ quantidade mínima/ máxima de estado material rececionado em t;

$\varphi_s =$ Proporção de recurso de armazenagem, j dedicada ao estado material s ;

$\alpha_{i,j} =$ fator de utilização da facilidade j pela tarefa/ *task* i .

Formulação de Planeamento

Modelo 1

(lote de dimensão fixa e definida a priori)

$$F.O.1: \quad \mathbf{Max} \mathbf{z} : \mathbf{z} = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{NI} Y_{i,t}$$

Modelo 2

(lote de dimensão variável)

$$F.O.2: \quad \mathbf{Max} \mathbf{z} : \mathbf{z} = \sum_{t=1}^T \sum_{s=1}^{SPF} S_{s,t}$$

Descrita a função objetivo (F.O.), de cada um dos dois modelos propostos, importa descrever, de forma sumária, as condições a que está sujeita (s.a.):

- Para as operações de processamento, num dado momento t, a atribuição é definida através da ocupação das facilidades fabris (i.e., equipamentos, máquinas, etc.) com viabilidade (i.e., “*suitable*”) para a execução da tarefa de processamento j . De notar que a definição de uma relação unívoca entre tarefas e facilidades fabris permite transferir para as tarefas os requisitos impostos pelo equipamento.

- Quando se definem as variáveis de decisão, $Y_{i,t}$, como binárias representa-se um contexto de operação em que cada tarefa é executada uma única vez, em cada janela de tempo t e, quando definimos essas variáveis de decisão no domínio inteiro, abrimos a possibilidade de várias execuções dessa tarefa i, em cada período de tempo t.

$$Y_{i,t} \leq Y_{i-1,t} \quad \forall i \in IP_s, \forall s \in SPF, \forall t \in T \quad (1)$$

$$\sum_{t=1}^T Y_{i,t} - Y_{i-1,t} \leq 1 \quad \forall i \in IP_s, \forall s \in SPF \quad (2)$$

$$\sum_{i \in JI_j} Y_{i,t} th_i \leq ThCT_j \quad \forall j, \forall t \quad (3)$$

$$\sum_{i \in JI_j} Y_{i,t} tm_i \leq TmCT_j \quad \forall j, \forall t \quad (4)$$

$$S_{st} = S_{st-1} + \sum_{i \in IS_s^{out}} Y_{i,t} Ldim - \sum_{i \in IS_s^{in}} Y_{i,t} Ldim + R_{st} - D_{st} \quad \forall s \in S, \forall t = 1, \dots, T \quad (5)$$

OU

$$S_{st} = S_{st-1} + \sum_{i \in IS_s^{out}} Y_{i,t} Ldim - \sum_{i \in IS_s^{in}} Y_{i,t} Ldim + R_{st} - D_{st} \quad \forall s \in S, \forall t = 1, \dots, T \quad (6)$$

$$\underline{S}_{st} \leq S_{st} \leq \bar{S}_{st} \quad \forall s \in S, \forall t \in T \quad (7)$$

$$\underline{D}_{st} \leq D_{st} \leq \bar{D}_{st}, \quad \forall t \in T, \forall s \in S \quad (8)$$

$$\underline{R}_{st} \leq R_{st} \leq \bar{R}_{st}, \quad \forall t \in T, \forall s \in S \quad (9)$$

Para o modelo 2, houve necessidade integrar novas variáveis de decisão, $Q_{i,t}$, de forma a representar a dimensão de cada lote produtivo i (i.e., obra ou ordem de fabrico) executada em cada período t . Neste modelo as variáveis $Y_{i,t}$ representam a execução ou não da tarefa i , em cada período t , sendo por isso definidas como variáveis binárias.

São assim introduzidas as restrições relativas à continuidade das tarefas afetas em cada período t , e no decurso do horizonte de planeamento T , restrições (10) e (11) com a seguinte formulação:

$$Q_{i,t} \leq Q_{i-1,t} \quad \forall i \in IP_s, \forall s \in SPF, \forall t \in T \quad (10)$$

$$\sum_{t=1}^T Q_{i,t} - Q_{i-1,t} \leq QLt \quad \forall i \in IP_s, \forall s \in SPF \quad (11)$$

As restrições (1) a (11) são reformuladas da seguinte forma:

$$\sum_{i \in JI_j} \frac{Y_{i,t}}{QLt} th_i \leq ThCT_j \quad \forall j, \forall t \quad (12)$$

$$\sum_{i \in JI_j} \frac{Y_{i,t}}{QLt} tm_i \leq TmCT_j \quad \forall j, \forall t \quad (13)$$

$$S_{st} = S_{st-1} + \sum_{i \in IS_s^{out}}^T Q_{i,t} - \sum_{i \in IS_s^{in}}^T Q_{i,t} + Rd_{st} - Dd_{st} \quad (14)$$

$\forall s \in S, \forall t = 1, \dots, T$

OU

$$S_{st} = S_{st-1} + \sum_{i \in IS_s^{out}}^T Q_{i,t} - \sum_{i \in IS_s^{in}}^T Q_{i,t} + R_{st} - D_{st} \quad (15)$$

$\forall s \in S, \forall t = 1, \dots, T$

Foram assim tidas em consideração as condicionantes relativas ao detalhe dos tempos de Mão de Obra e máquina, balanceamento dos materiais (i.e., *Bill Of Materials*) para cada facilidade fabril e apuradas as quantidades fabricados, de cada um dos tipos de produtos.

Uma vez desenvolvidas as propostas de modelos de planeamento apresentada, os modelos foram testados em vários cenários de forma a permitir compreender qual a atuação que trará mais vantagem competitiva para a *Neckmolde*.

Em ambos os modelos, a função objetivo representa a maximização do fluxo produtivo da *Neckmolde*, apesar de terem sido definidas duas funções objetivo com parametrizações diferentes. Isto é, uma das funções está escrita de forma a maximizar o número de tarefas executadas, em cada período t, ao passo que a outra está elaborada com o intuito de maximizar a quantidade total produzida de produtos finais (i.e., produtos acabados). Ou seja, uma das funções dá prioridade ao começo e término de uma dada obra de fabrico ((i.e., F.O. 2), enquanto a outra dá preferência ao início do maior número possível de tarefas, podendo ou não serem terminadas (i.e., F.O. 1).

4.3 Soluções de Planeamento – Análise e Discussão

Na presente secção vamos efetuar uma análise ao planeamento atual (“As Is”) de nível tático (i.e., produção com detalhe de fabrico semanal) e, posteriormente, aprecia-se também o planeamento de nível operacional. Neste, por questões relativas aos dados disponibilizados e para assegurar a comparabilidade com o modelo de planeamento desenvolvido, foi implementada uma análise à produção semanal, com detalhe diário.

Considerado o detalhe temporal adotado para o planeamento, entendeu-se implementar, de modo equivalente, a descrição das facilidades fabris num nível

igualmente agregado. Assim, serão utilizadas as disponibilidades dos centros tecnológicos e não dos equipamentos individuais neles existentes.

Na secção seguinte apresentam-se então os vários resultados e cenários de operação e, sempre que possível, apontam-se sugestões e oportunidades de melhoria.

4.3.1 Planeamento Tático

De forma a compreender o planeamento a nível tático da *Neckmolde*, solicitou-se à gerência da organização a disponibilização de dados sobre a produção, tendo sido facultada informação relativa às 21 primeiras semanas do ano corrente, aproximadamente, os primeiros quatro meses e meio de trabalho. Esta foi organizada e sistematizada em *Microsoft Excel* e encontra-se ilustrada no painel de visualização ou *dashboard* apresentado na figura 24 (apêndice 3).

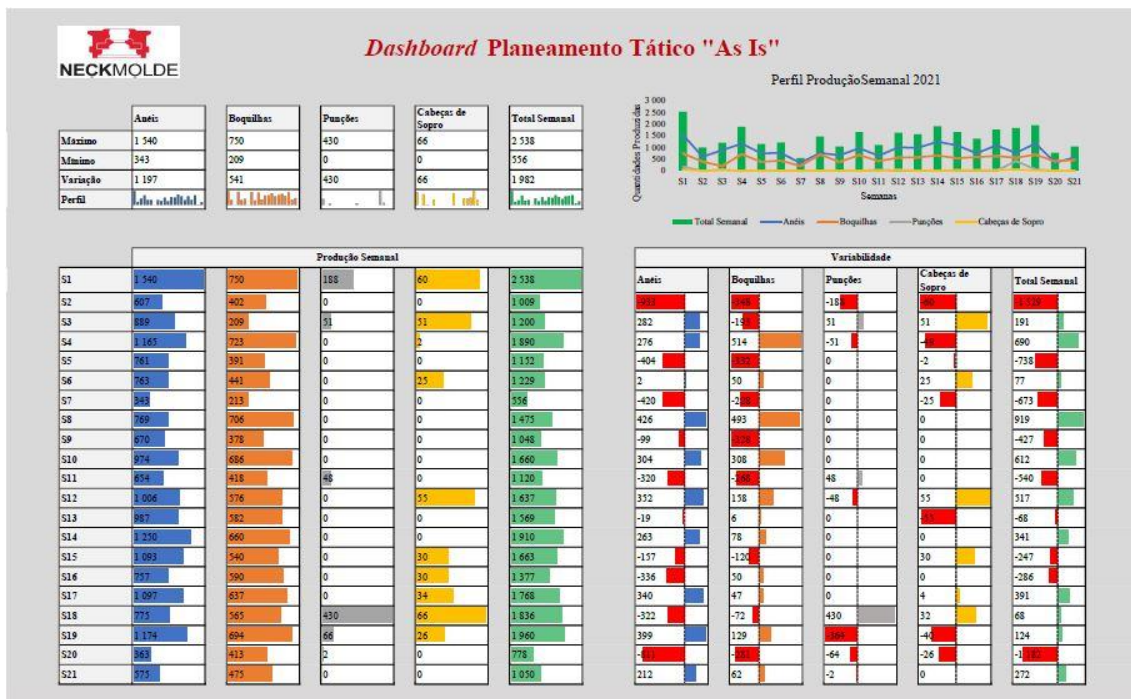


Figura 24 – Dashboard planeamento tático "as is".

Fonte: Elaboração própria.

A figura 24 permite ter uma perceção rápida dos perfis semanais de produção, para os vários produtos fabricados e da respetiva variabilidade. O painel está organizado em duas grandes áreas, na superior registam-se alguns indicadores de operação, no período de análise, como o máximo, mínimo, e a amplitude de variação para quatro famílias de produtos e representa-se graficamente os valores de fabrico de cada família e os totais

semanais. Na área inferior do painel; está ilustrada (em coluna) a produção de anéis, boquilhas, punções, cabeças de sopro e os totais, por semana (linhas). A estes registos segue-se igual número de colunas (i.e., produtos e total) relativas ao cálculo da variabilidade entre semanas consecutivas.

Nesta fase do estudo, agrupou-se apenas os produtos por tipo, ou seja, para tratamento dos dados não houve discriminação da matéria-prima dentro de cada família ou gama de produto. Esta situação deve-se ao facto de esta análise se realizar numa ótica de controlo e planeamento macro da produção.

Ao observar o *dashboard* pode-se concluir que há uma certa regularidade face ao total de produtos fabricados, isto é, há apenas três semanas que se consideram discrepantes face à média semanal de produção. As semanas com maior desfasamento são a primeira do ano com uma produção final de 2.538, a sétima com 556 e, por último, a vigésima com 778.

Na primeira semana de produção estão contemplados valores máximos para os anéis e boquilhas, 1.540 e 750, respetivamente. Esta é uma razão pela qual esta semana resulta numa das mais díspares. Por outro lado, a semana dezoito apresenta os valores máximos de produção de punções e cabeças de sopro, 430 e 66 respetivamente. Relativamente aos valores mínimos, estes localizam-se na semana sete para os anéis (343), sendo uma semana identificada como fora do padrão, na semana três para as boquilhas (209) e para as punções e cabeças de sopro existem várias semanas em que a produção não ocorre (i.e., o mínimo é zero para ambas). As semanas 2, 5, 7 a 10, 13, 14 e 21 apresentam o valor zero cumulativamente para as punções e cabeças de sopro. Acresce a estas as semanas 4, 6, 12 e 15 a 17 em que não há fabrico de punções e as semanas 11 e 20 em que não se produzem cabeças de sopro.

Conclui-se que a quantidade produzida de anéis e boquilhas apresenta o mesmo andamento, isto é, há um fator de proximidade. Quer com isto dizer que existe uma relação nas encomendas destes produtos, quando se encomenda um destes também se encomenda o outro. O que difere são as quantidades encomendadas de cada produto. Há uma maior procura de anéis, uma vez que estes têm maior desgaste.

Ao analisar o gráfico que traduz a variabilidade semanal (figura 24), conclui-se que há uma grande variação da quantidade produzida, ao longo do período temporal indicado, sendo que a variabilidade é mais acentuada nos anéis e boquilhas, ao passo que a menor

variabilidade é apresentada pelas cabeças de sopro. Esta situação deve-se ao facto das boquilhas e anéis representarem a maior fatia do *core business* da empresa. A variação entre a semana com mais e menos produção de anéis, boquilhas, punções e cabeças de sopro situa-se nas 1.197, 541, 430 e 66 unidades de diferença, respetivamente. Através dos dados recolhidos relativos à variabilidade da produção, conclui-se que há um grande desfasamento entre os quatro produtos indicados. Ao analisar de uma forma mais pormenorizada os valores de produção final de anéis e boquilhas, pode-se inferir que o valor semanal mais alto e mais baixo de produção de anéis foi 1.540 e 343, respetivamente, e o mais alto e baixo para as boquilhas foi 750 e 209, respetivamente.

Através da análise do gráfico de extremos e quartis (*boxplot* figura 25) conclui-se que produtos com maior frequência produtiva e maiores quantidades de produtos acabado têm inerente a si maior variabilidade do produto. Ou seja, no caso das cabeças de sopro a variabilidade é de apenas 66, uma vez que este é o valor de produção mais elevado e que várias são as semanas que apresentam produção acabada de zero unidades deste produto. De ressaltar que os dados referentes às punções mostram a presença de *outlier* (i.e., valores discrepantes) assinalados com bola cinza, ou seja, semanas em que a produção deste produto foi fora da regular distribuição.

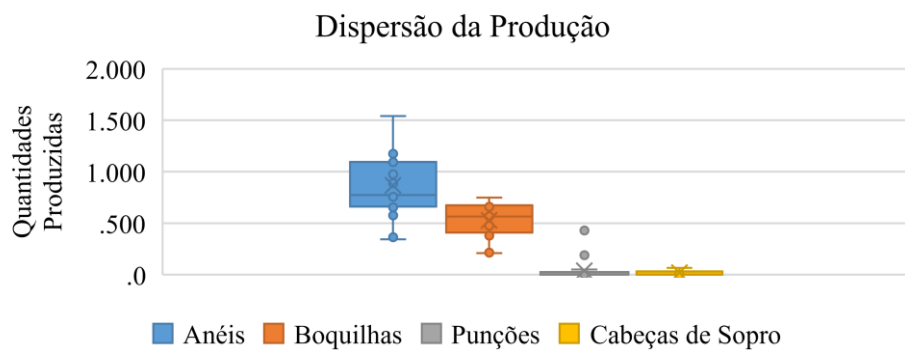


Figura 25 – Dispersão da produção, em 2021.

Fonte: Elaboração própria.

Tendo em mente o volume de negócios do ano de 2020, pode-se afirmar que, até à semana 21 do ano corrente, a *Neckmolde* produziu maior quantidade de produto acabado do que proporcionalmente no período homólogo do ano anterior. Ou seja, durante o período de 2021, a *Neckmolde* produziu mais 2.969 anéis do que em 2020, 1.255 boquilhas e 113 cabeças de sopro. Por outro lado, reduziu as punções em 501. Apesar da diminuição da quantidade de punções, é possível afirmar que a *Neckmolde* se encontra

acima da linha de produção do ano transato. A presente informação vem reforçar que os anéis e as boquilhas são o *core business* da Neckmolde.

4.3.2 Planeamento Operacional

Antes de se conhecer as avaliações realizadas ao modelo de planeamento e respetivas ilações, é importante salientar que é possível retirar deste conclusões tanto a nível do planeamento tático como operacional. Por opção fez-se o estudo apenas ao nível do planeamento operacional, isto é, apesar dos diferentes detalhes em matéria de planeamento tático e operacional, deu-se prioridade à ilustração do operacional. Esta decisão adveio do facto de a nível tático os dados referentes aos equipamentos fabris e recursos humanos se encontrarem muito agregados. Acresce a questão da especificidade do planeamento operacional, uma vez que este permite ilustrar com maior detalhe como sejam requisitos de operação de diferentes produtos candidatos ao mesmo equipamento e o mesmo produto em equipamento ou centros tecnológicos diferentes.

Conforme anteriormente indicado, considerou-se a semana 21 do ano corrente para dar resposta ao planeamento de nível operacional.

Em termos de dados reais de produção, relativamente aos resultados da semana 21, foi possível apurar as quantidades produzidas, por produto, e os tempos das respetivas operações. Posto isto, durante este período, deram-se por concluídas cinco ordens de fabrico, identificadas respetivamente por T011, 5983, 7371, 2739-T e, por último, WW330. Na primeira ordem de fabrico foram produzidas 120 boquilhas e 150 anéis, na segunda 100 boquilhas e 140 anéis, na terceira 80 boquilha e 110 anéis, na quarta 50 boquilhas e 50 anéis e, por fim, 125 boquilhas e 125 anéis. Desta forma, foram fabricadas 475 boquilhas bronze e 575 anéis de ferro varão. Durante esta semana, não foram produzidas punções nem cabeças de sopro.

Para garantir comparabilidade de valores, os testes ao modelo de otimização foram efetuados considerando uma base diária, ou seja, durante os cinco dias úteis da respetiva semana. Numa primeira fase, houve necessidade de recolher tempos de mão de obra e máquinas e proceder à respetiva análise.

No *dashboard* abaixo encontra-se compilada a informação referente ao presente nível de planeamento semanal, com detalhe diário. Com o intuito de facilitar a

compreensão da informação apresentada, optou-se por representar, para cada obra de fabrico, os tempos por centros tecnológicos.

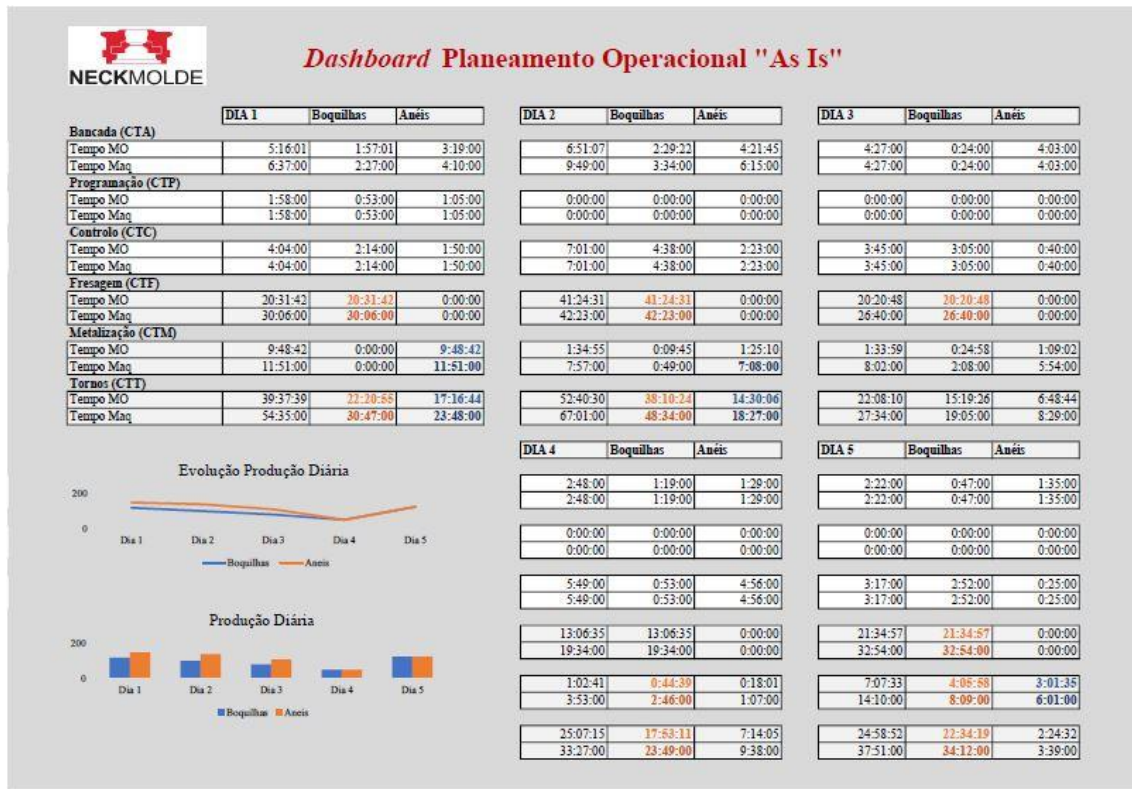


Figura 26 – Dashboard planeamento operacional "as is", na semana 21.

Fonte: Elaboração própria.

Tendo apenas em consideração a quantidade de boquilhas, ao estabelecer uma relação entre o volume fabricado e os tempos de execução, conclui-se que, por exemplo, a quantidade de boquilhas encomenda na obra T011 é superior às da 5983, mas por outro lado o tempo de produção da T011 é inferior ao da 5983 no centro tecnológico de fresagem. Outro caso em que podemos verificar esta situação é no centro tecnológico de torneamento. À semelhança do caso anterior, o centro tecnológico de torneamento na obra 5983 é mais demorado do que na T011. No caso do CTF, uma das razões que justifica este tempo mais elevado, deve-se ao facto das boquilhas serem obrigadas a realizar três passagens neste centro. De facto, não há proporcionalidade entre tempos e quantias produzidas, verificando-se que na semana 21 há uma variabilidade importante entre os valores reais e os obtidos pelo modelo., Efetivamente, esta variabilidade encontra-se enfatizada ao nível dos centros tecnológicos de torneamento, fresagem e metalização, porque são os que revelam maiores tempos de duração e não são proporcionais entre si.

Assim, o método que se considerou mais correto para identificar os dados a utilizar no modelo de planeamento foi a frequência de repetição dos valores observados. Isto é, analisou-se os dados recolhidos e aqueles que se repetiram com maior frequência foram utilizados como valores de referência para a modelação elaborada. Atendendo ao facto de nem todas as encomendas terem a mesma quantidade de produção, estabeleceu-se uma relação de proporcionalidade entre as quantidades das várias encomendas e os respetivos tempos de produção. Dentro dessa relação, analisou a frequência dos valores apresentados.

Os valores identificados com maior frequência foram usados no modelo de planeamento como sendo dados de referência. Os factos apresentados sobre as características da semana 21 e do processo produtivo em termos das particularidades observadas foram as razões que levaram a optar por este período temporal.

De forma a conhecer a atuação da *Neckmolde* em termos de desempenho do processo produtivo, definiram-se cenários que permitiram aferir o cumprimento dos determinantes operacionais estabelecidos em capítulo anterior. Ao longo dos vários cenários apresentados, há pressupostos comuns a observar e pontos de diferenciação.

Numa primeira fase ilustra-se o modelo 1, lote de dimensão fixa, em que se considerou-se que um lote de produto acabado corresponderia a 125 unidades, para cada tipo de produto. Em seguida, apresentam-se os testes ao modelo 2, lotes de dimensão variável, em vários cenários de operação.

Ao longo dos 3 primeiros cenários, modelo 1, a função objetivo foi sujeita a 135 variáveis e 43 restrições.

Num primeiro cenário, pretendeu-se conhecer a flexibilidade inerente ao processo produtivo da organização. Neste usou-se por base a função objetivo que dá preferência ao término dos lotes de produção e concluiu-se que o processo produtivo da *Neckmolde* respeita as condições que definem este conceito, tendo em vista que se apurou um resultado de 1.625 unidades nas situações 1A e 1B. Os pressupostos assentes foram os de que as obras de produção valeriam todas por igual e na situação 1B foram alteradas as quantidades requeridas pelo cliente face às quantidades da 1A.

Atendendo às condições impostas na situação 1A, é possível dar como terminado 1 lote de boquilhas de bronze na 5^a-feira, 1 lote todos os dias exceto à 5^a-feira das boquilhas

de ferro fundido, 1 lote de anéis de *dameron* à 3^a, 4^a e 6^a-feira e, por último, 1 lote todos os dias de anéis de ferro varão. Os principais constrangimentos, ao nível da mão-de-obra, são os centros tecnológicos de fresagem e torneamento que na 5^a-feira praticamente esgotam o tempo que têm disponível e, ao nível das máquinas, é o CTT que na 2^a e 5^a-feira também ficam perto de atingir o limite.

Na situação 1B, dá-se por terminado 1 lote à 2^a e 5^a-feira das boquilhas de bronze, 1 lote de boquilhas de ferro fundido à 3^a, 4^a e 6^a-feira, 1 lote de anéis de *dameron* todos os dias exceto à 5^a-feira e, por fim, 1 lote de anéis de ferro varão todos os dias exceto à 2^a-feira. À semelhança da hipótese anterior, denota-se que os constrangimentos, ao nível da MOD, são no CTF e CTT, em particular na 5^a-feira, e nas máquinas conclui-se igual à situação 1A.

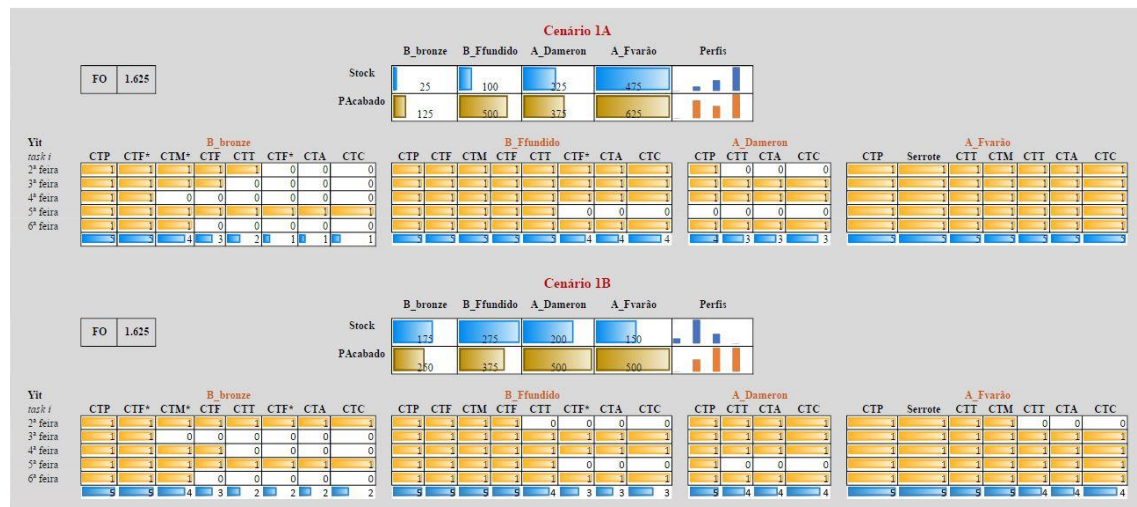


Figura 27 – Output cenário 1A e 1B.

Fonte: Elaboração própria.

No cenário dois, pretendeu-se avaliar o grau de versatilidade inerente ao processo produtivo da organização. Para tal, esta avaliação sustentou-se no pressuposto de que as boquilhas de ferro fundido e anéis de *dameron* pesariam três na função objetivo, ao passo que os restantes pesariam apenas um. A função objetivo usada neste caso foi a que dá preferência ao arranque máximo de tarefas, descurando a obrigação de ter de terminar durante a semana de laboração. Na primeira situação (2A), deu-se por terminado um lote de boquilhas de bronze na 3^a e 5^a-feira, as boquilhas de ferro fundida deram por terminado um lote nos dias intercalados das boquilhas de bronze, os anéis de *dameron* todos os dias exceto 5^a-feira e os de ferro varão todos os dias exceto 3^a-feira. Na situação 2B, inferiu-

se o término de 1 lote de boquilhas de bronze apenas à 3^a-feira, por seu turno as boquilhas de ferro fundido e anéis de varão só não concluem 1 lote à 3^a-feira e, em último os anéis de *dameron* dão por terminado todos os dias 1 lote de produção. Mais uma vez se constata que os recursos limitantes estão situados no CTF e no CTT, sendo no caso deste último tanto ao nível dos RH como dos equipamentos fabris.

Tendo em consideração o volume de um lote e que, na situação 2A, a obra de produção era composta por 200, 350, 50 e 50 boquilhas de bronze, boquilhas de ferro fundido, anéis de *dameron* e anéis de varão, respetivamente, e que paralelamente, na situação 2B, era composto por 80, 200, 50 e 325, conclui-se que tanto numa situação como na outra, a produção acabada é superior à requerida na ordem de fabrico. Quer com isto dizer que ao ser dada ordem à função objetivo para maximizar a produção, esta tem capacidade para produzir a quantidade solicitada na ordem de fabrico e, ainda, tem possibilidade de produzir mais unidades com a folga de tempo existente.

A última conclusão sobre este cenário vai ao encontro dos valores devolvidos pela função objetivo. Apurou-se um máximo de produção de 207 e 218 unidades, situação 2A e 2B respetivamente. Conclui-se que o processo produtivo da *Neckmolde* para além de ser flexível também é versátil. Estes valores demonstram que há versatilidade, aquando da alteração das quantidades solicitadas na obra fabril. Deste modo, o processo produtivo está preparado para dar resposta ao máximo de tarefas quanto a sua capacidade.

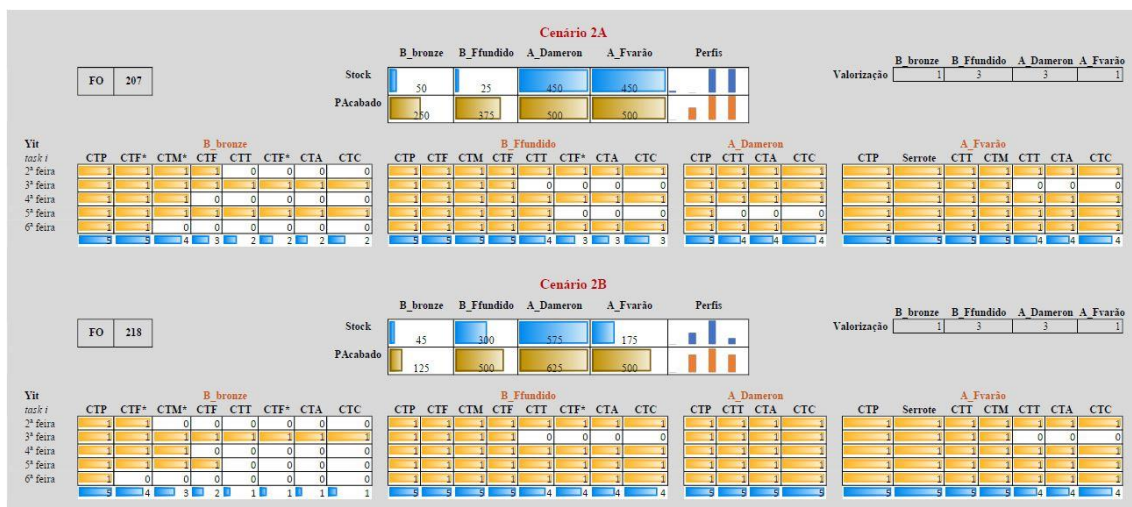


Figura 28 – Output cenário 2A e 2B.

Fonte: Elaboração própria.

O intuito do terceiro cenário elaborado era o de permitir compreender o comportamento traduzido pelo modelo de planeamento, quando a este fosse retirada a restrição variável binária relativa à atribuição da tarefa i a um determinado centro tecnológico, no momento t e esta passa-se a ser uma variável inteira. Dada esta alteração, o modelo de planeamento ganha maior grau de liberdade face ao cenário inicial descrito.

Ao atribuir maior grau de liberdade ao modelo, para afetação do tempo produtivo ao mesmo produto, verifica-se que este dá preferência à realização de 12 lotes de anéis de ferro varão entre 4^a, 5^a e 6^a-feira, sete lotes de boquilhas de ferro fundido entre 2^a, 3^a, 5^a e 6^a feira, um lote de boquilhas de bronze na 4^a-feira e um lote de anéis de *dameron* na 6^a-feira. Com este cenário, diversos são os lotes que são iniciados num dia e nesse mesmo dia não são dados como concluídos. Este grau de liberdade dá permissão ao modelo de planeamento para iniciar tantos lotes quantos os que a sua capacidade suportar. Com a produção deste cenário, a compatibilidade das tarefas ao nível da MOD é praticamente esgotada em todos os centros tecnológicos pelo menos uma vez por semana.

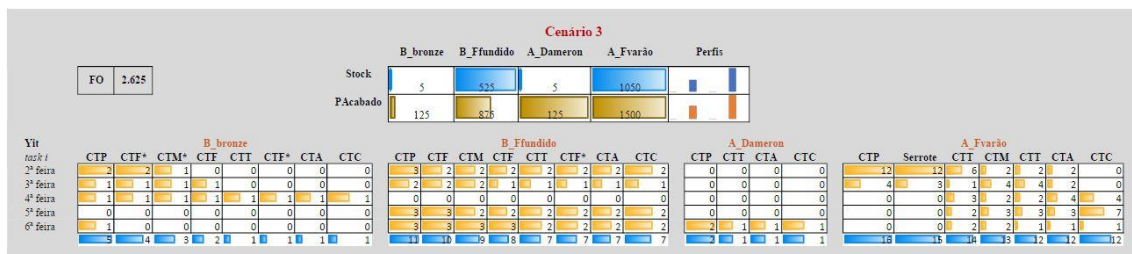


Figura 29 – Output cenário 3.

Fonte: Elaboração própria.

Conforme acima indicado, numa segunda fase avaliou-se a atuação do modelo de planeamento tendo sido atribuído a este a possibilidade de produção de lotes variáveis. Deste modo, foram adicionadas duas restrições relativamente aos limites de capacidade dos lotes. Nos cenários 4 e 5, colocou-se que o limite mínimo de produção teria de ser 50, ao passo que no cenário 4 e 5 se colocou 125 e 150, respetivamente. Esta situação deve-se ao facto de no cenário 5 o lote de produção de anéis de *dameron* na 2^a e 3^a-feira da semana 21 ultrapassar o limite superior de capacidade de produção. Acresce a avaliação do comportamento do modelo de planeamento, apresentado diferentes capacidades.

Ao adicionar estas restrições ao cenário 4 e tendo como pedido para esta semana de produção 120 boquilhas de bronze, 450 boquilhas de ferro fundido, 120 anéis de *dameron* e 450 anéis de ferro varão, conclui-se que se produz todos os dias um lote de 50 boquilhas

de bronze e anéis de *dameron*; um lote de 50 na 2ª e 5ª-feira, um de 125 na 3ª, 4ª e 6ª-feira de boquilhas de bronze; um lote de 50 na 2ª e 5ª-feira, um de 125 na 3ª e 4ª-feira e um de 100 na 6ª-feira de anéis de ferro varão. À semelhança dos cenários anteriores, é possível inferir que os centros tecnológicos de fresagem e torneamento são os limitantes tanto ao nível de MOD como máquina. Apesar desta aproximação aos cenários anteriores, esta não é tão evidente, tendo em conta que não revelam ter um grau de limitação tão elevado, ou seja, não se encontram tão próximos de atingir a sua capacidade máxima, deixando os restantes centros e tarefas em risco.

Ao adicionar as restrições referentes à capacidade máxima e mínima dos lotes, conclui-se que as restrições e variáveis passam a ser 81 e 250, respetivamente, ao passo que a função objetivo se encontra avaliada em 1425.

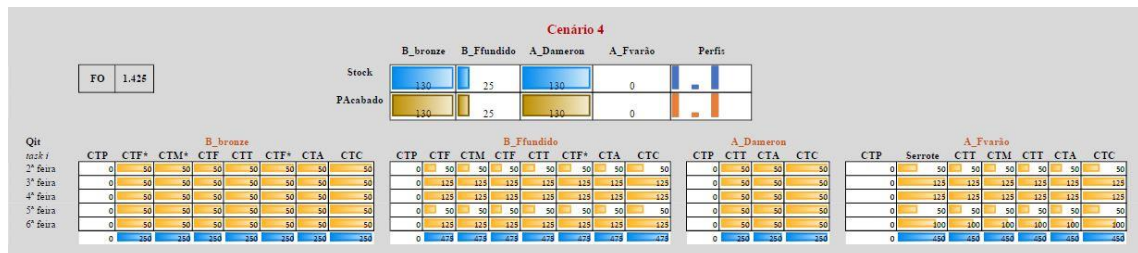


Figura 30 – Output cenário 4.

Fonte: Elaboração própria.

No último e quinto teste, analisou-se a interação que ocorreria quando a este fossem atribuídas as quantidades equivalentes às da semana 21, sendo que se procurou comparar o cenário ótimo com os cenários em que à liberdade para produzir outros produtos e em que não há liberdade para tal. O número de variáveis e restrições mantém-se inalterado relativamente ao teste número 4.

Conclui-se que tanto num cenário como no outro foram cumpridos os requisitos semanais impostos, sendo que no que há liberdade de operação, se termina todos os dias um lote de 50 de boquilhas de ferro fundido e de anéis de *dameron* à 6ª-feira e nos restantes dias, se produz um lote de 150 unidades desses anéis. Ao comparar o cenário ótimo com os cenários em que é dado grau de liberdade ao modelo, infere-se que as boquilhas da semana 21 estão a ser produzidas na sua capacidade máxima ao passo que os anéis apresentam uma folga face ao valor ótimo de produção.

Tanto num cenário como no outro, verifica-se que os maiores constrangimentos são, ao nível da mão-de-obra, no CTF e CTT, sendo que estes são mais evidentes no cenário em que há liberdade para produzir outros produtos, como seria expectável.

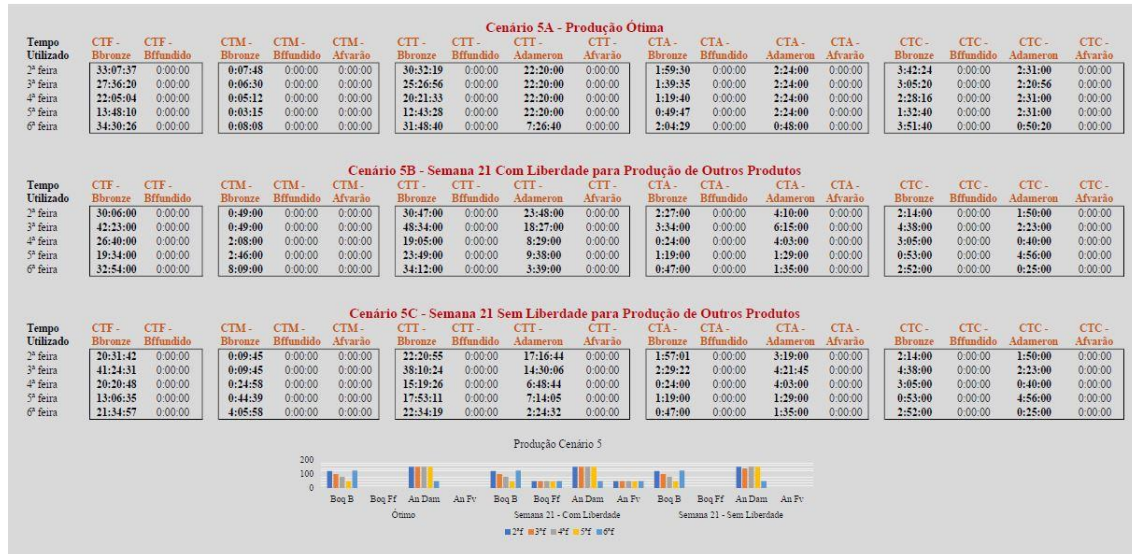


Figura 31 – Outputs cenário 5.

Fonte: Elaboração própria.

4.4 Sumário

De uma forma sucinta, é possível afirmar, através do presente capítulo, que parte dos produtos do processo produtivo da *Neckmolde* partilham entre si o fluxo produtivo e, consequentemente, tarefas e equipamentos fabris. Com base na recolha e sintetização dessa informação, foi possível recriar um modelo de planeamento que traduz em si toda essa informação.

O modelo de planeamento desenvolvido foi baseado na proposta de Amaro & Barbosa-Póvoa (2008). Com base no desenvolvimento efetuado foi possível validar a relação dos determinantes operacionais anteriormente definidos e analisar o processo produzido da empresa em estudo. De forma a compreender esta relação foram criados 5 testes, dos quais 3 foram submetidos a um modelo de planeamento (lotes de quantidade fixa) e os outros 2 foram submetidos a outro (lotes de quantidades variáveis). Destes cenários, foi possível inferir que o processo produtivo da *Neckmolde* respeita os conceitos de flexibilidade e de versatilidade.

CONCLUSÕES E PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

A abordagem do planeamento da produção e a satisfação dos determinantes operacionais definidos reforçou a importância que a área da gestão e otimização de operação representam para as organizações. Atualmente, os gestores são, cada vez mais, confrontados com a necessidade de novas decisões e atuações. Estas são, na sua maioria, motivadas pela agressividade das indústrias suas concorrentes e procuram responder às exigências de competitividade impostas pelos níveis de serviço ao cliente, nas suas diferentes dimensões: qualidade, quantidade, variedade, preço, entre outras.

A título de conclusão pode afirmar-se que os objetivos delineados para o trabalho de projeto foram, na sua generalidade, alcançados. Em termos sumários, para dar resposta às questões de investigação colocadas, o trabalho de projeto compreendeu a realização de um estudo ao nível do *layout* industrial e o desenvolvimento de modelos de planeamento, suportados em formulações matemáticas de otimização. Os resultados foram animadores e permitiram concluir do interesse de melhoria do arranjo físico e, ainda, a propósito dos produtos com maior relevância na produção da *Neckmolde* (i.e., os anéis e as boquilhas), e a respeito das etapas limitativas do processo de fabrico. No que concerne ao modelo planeamento, foi possível testar diferentes parametrizações, e representar vários cenários de operação, concluindo-se da relevância prática e organizacional do tema.

Em seguida, apresentam-se algumas considerações de detalhe relativas ao estudo do *layout* industrial e aos desenvolvimentos propostos ao nível do planeamento industrial.

Assim, no que toca ao *layout* industrial, a ideia relevante é a de que o *layout Neckmolde* tem possibilidade de ser melhorado face ao que está atualmente implantado. Em termos gerais, esta proposta melhora os fluxos fabris (i.e., deslocações e consequentes tempos), dando maior importância ao processo produtivo dos anéis e boquilhas em detrimento dos demais produtos. No entanto, importa salientar que as melhorias alcançadas para o arranjo físico não produzem diferenças significativas comparativamente com o *layout* atual “as is”. Apesar de a solução melhorada permitir, em alguns cenários, uma importante redução, da distância global percorrida (i.e., “custo” das mobilizações internas no processo produtivo), o reajustamento do *layout* atual “as is” para a proposta de *layout* “to be” não acarreta grandes reconfigurações fabris, pois não é muito díspar do arranjo físico atual.

Desta forma, pode concluir-se que o *layout* industrial da *Neckmolde* já se encontra projetado e estruturado em coerência com boa parte dos requisitos do processo produtivo. Adicionalmente, o *layout* poderá ainda ser analisado numa ótica de custos efetivos, ponderando-se nesse caso diferentes valorizações económicas para a relação entre áreas produtivas.

No que se refere ao planeamento industrial, uma das limitações encontradas no presente estudo está relacionada com a representação dos tempos de fabrico das obras e a sua relação com as quantidades produzidas. Isto é, conforme analisado anteriormente, a relação entre tempo de produção e dimensão do lote fabricado nem sempre respeita a regra de proporcionalidade que foi assumida. Na semana analisada foi possível verificar que há obras de produção com menores quantidades, às quais estão afetos maiores tempos de operação, em determinados centros tecnológicos.

Por outro lado, tendo em consideração os determinantes operacionais inicialmente definidos, pode-se concluir que a operação da *Neckmolde* respeita, no geral, tanto o conceito de agilidade quanto o de flexibilidade, ou o de versatilidade. No planeamento industrial foi possível concluir que, na solução ótima alcançada, esses conceitos traduzem a capacidade de adaptação da *Neckmolde* às oscilações quer na quantidade quer na variedade dos produtos fabricados.

Como possíveis trabalhos futuros, será oportuno melhorar o modelo de planeamento de modo a permitir, ao nível operacional, uma representação com maior detalhe dos recursos de equipamento/máquinas e dos trabalhadores, proporcionando dessa forma uma solução mais próxima do cenário real de operação. Ao nível agregado (i.e., planeamento tático) seria interessante criar uma proposta que permitisse conciliar os dois níveis de planeamento, numa proposta de representação única. Há ainda várias oportunidades de melhoria no que reporta à extensão da proposta de planeamento da produção ao contexto global da cadeia de abastecimento da *Neckmolde*. Nesta, a integração das parcerias, nacionais e internacionais, a montante da produção (i.e. fornecedores) e a jusante (i.e., parcerias comerciais e de distribuição), poderão dar uma nova perspetiva de gestão para o contexto operacional investigado.

Adicionalmente, sugere-se a investigação de outros determinantes operacionais, nomeadamente os que têm interpretação mais ampla no contexto da cadeia de abastecimento.

Verificou-se ainda a oportunidade de recorrer a ferramentas de resolução dos modelos que permitam tratar problemas de maior dimensão, de um modo robusto.

As aprendizagens que se obtiveram com a realização do presente trabalho de projeto foram, em primeiro lugar, a aquisição de novas competências, a nível académico e científico, e ainda pessoais e profissionais. A nível académico e científico pela procura de respostas para o problema industrial em estudo e pela integração em contexto real de conhecimentos adquiridos durante a componente letiva do mestrado, respetivamente. A nível pessoal e profissional pela valorização e enriquecimento que a realização deste estudo teve ao ser inserido em contexto real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, A. L. V., & Saraiva, A. (2017). *Planeamento e Controlo Operacional, Eficiência e Medição da Produtividade dos Departamentos/Secções Operacionais na Firma Armindo de Freitas Carregado, Lda.* Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra.
- Alves, A. R., Pires, A. R., & Saraiva, M. (2012). Qualidade e Inovação Organizacional na Gestão da Cadeia de Abastecimento. *TMQ - Techniques, Methodologies and Quality: Review in Portuguese, Spanish and English*, (nº 3), 36–55.
- Alves, P. C. (2014). *Otimização do Planeamento e Escalonamento da Produção na Indústria de Produtos Agro Químicos - Aplicação ao Caso da SAPEC Agro.* Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Amaro, A. C. S., & Barbosa-Póvoa, A. P. F. D. (2008). Planning and scheduling of industrial supply chains with reverse flows: A real pharmaceutical case study. *Computers and Chemical Engineering*, 32(11). <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2008.03.006>
- António, R. V. (2016). *Otimização da Produção com “Excel Dashboard.”* Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra, Coimbra.
- Bonfim, B. L. S., Gonçalves, C., Silva, S. C. da, & Telechi, A. V. (2017). Planeamento e Desenvolvimento da Gestão de Operações: Um Estudo de Temas Relevantes no Contexto do Brasil e de Portugal. *Revista Brasileira de Planeamento e Desenvolvimento*, 6(2), 282–300.
- Branco, M. S. F. (2018). *Otimização de um Sistema Produtivo.* Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo - Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Briano, E., Caballini, C., & Revetria, R. (2009). *Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on SYSTEM SCIENCE and SIMULATION in ENGINEERING.* 191–197. University of Genoa.
- Carta dos Direitos Fundamentais da UE | Eurocid. (2000). Retrieved July 26, 2021, from <https://eurocid.mne.gov.pt/artigos/carta-dos-direitos-fundamentais-da-ue>
- Carvalho, J. M. S. (2013). *Planeamento Estratégico: O seu Guia para o Sucesso* (2ª ed.). Vida Económica.
- Cebola, G., & Brocardo, J. (2019). Estratégias, Representações e Flexibilidade na Resolução de Tarefas de Comparação Multiplicativa. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 33(64), 568–590.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building The Resilient Supply Chain. *Internacional Journal of Logistics Management*, 15, 1–13.
- D’Andréa, R., & Cardoso, P. (2011). *Análise de um Modelo Matemático de Localização de uma Rede Logística Estabelecida.* Universidade Federal do Espírito Santo.
- da Silva, A. L. F. (2020). PROPOSTA DE MELHORIA DE LAYOUT: UM ESTUDO DE CASO NO SETOR DE ARAMADS DE UMA EMPRESA METALÚRGICA. *Refas - Revista Fatec Zona Sul*, 6(3), 13–26.
- Esmailikia, M., Fahimnia, B., Sarkis, J., Govindan, K., Kumar, A., & Mo, J. (2016).

- Tactical Supply Chain Planning Models with Inherent Flexibility: Definition and Review. *Ann Oper Res*, 244, 407–427.
- Gadelha, F. C., Bessa, J. A., Moura, L. B., Barroso, D. A., Menezes, J. W. M., & Alexandria, A. R. (2015). ALTERAÇÃO DE UM *LAYOUT* FUNCIONAL PARA *LAYOUT* CEULAR MOTIVADO PELOS FUNDAMENTOS DA MANUFATURA ENXUTA: ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA DE TRANSFORMADORES. *Holos*, 6, 156–169.
- Gerlach, G., Bueno da Silva, V., Almeida dos Santos, L., do Amaral Adamy, A. P., & Garlet, E. (2017). PROPOSTA DE MELHORIA DE *LAYOUT* COMO FATOR PARA A OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO ORGANIZACIONAL. *Revista de Administração Da Universidade Federal de Santa Maria*, 10, 41–55.
- Jensen, P. A., & Bard, J. F. (2002). *Operations Research Models and Methods* (1st ed.). John Wiley and Sons Ltd.
- Leite, M. M. S. (2017). *Abordagens de Otimização para o Planeamento e Escalonamento Integrado de Operações*. Escola de Engenharia - Universidade do Minho, Guimarães.
- Leite, M. S. R., & Gasparotto, A. M. S. (2018). Análise SWOT e suas Funcionalidades: o Autoconhecimento da Empresa e a sua Importância. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2), 184–195.
- Lisboa, J. V., & Gomes, C. F. (2008). *Gestão de Operações* (2ª Edição; V. Económica, Ed.).
- Longo, F., & Ören, T. (2008). Supply chain vulnerability and resilience: A state of the art overview. *20th European Modeling and Simulation Symposium*, 527–533. Campora San Giovanni, Italy.
- Mações, M. A. R. (2017). *Planeamento, Estratégia e Tomada de Decisão Volume IV*. Conjuntura Actual Editora.
- Miranda, L. T. (2013). *Planeamento e Controlo da Produção no Setor Industrial dos Açores*. Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial - Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Neckmolde - Moldes e Acessórios para Indústria do Vidro de Embalagem, Lda.* (n.d.). Retrieved from <https://www.Neckmolde.pt>
- Pires, S. R. I. (2011). *Gestão da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management): conceitos, estratégias, práticas e casos* (2ª ed.). São Paulo: Atlas.
- Qin, R., & Nembhard, D. A. (2015). Workforce Agility in Operations Management. *Surveys in Operations Research and Management Science*, 20, 55–69.
- Rodrigues, J. B. M. (2014). *Avaliação dos Modelos de Supply Chain Lean, Agile e Leagile : Uma Abordagem Empírica*. Universidade dos Açores, Ponta Delgada.
- Roldão, A. R. F. (2016). *Implementação de um Novo Planeamento de Produção - O Caso da Iberol Engenharia*. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Santos, A. L. V., & Reis, R. R. (2019). A IMPORTÂNCIA DO *LAYOUT* PARA AS EMPRESAS. *Revista Interface Tecnológica*, 16(2), 157–168.
- Santos, C. B. S. (2012). *Agilidade e Resiliência na Gestão da Cadeia de Abastecimento. Proposta de uma Framework*. Faculdade de Ciências e Tecnologias - Universidade

Nova de Lisboa, Lisboa.

Silva, M. M. C. e. (2019). *Análise das Práticas de Gestão Sustentável Adotadas na Indústria do Calçado em Portugal*. Instituto Superior de Economia e Gestão - Universidade de Lisboa, Lisboa.

Szymczak, M., Ryciuk, U., Leończuk, D., Piotrowicz, W., Witkowski, K., Nazarko, J., & Jakuszewicz, J. (2018). Key Factors for Information Integration in the Supply Chain - Measurement, Technology and Information Characteristics. *Journal of Business Economics and Management*, 19(5), 759–776.

Vieira, I. S. (2019). *Implementação de Ferramentas Lean e Melhoria do Layout Industrial de uma Empresa com Produção por Projeto*. Universidade de Aveiro.

APÊNDICES

APÊNDICE 1. ENTREVISTA A ELEMENTO DO ÓRGÃO DE GESTÃO.

Data da entrevista: 2019/Novembro/28

Apresentação do Entrevistado

Entrevistado: João Pedro Brás da Cruz

Idade: 31 anos

Cargo: Sócio/diretor comercial

Expectativas à investigação a realizar: O principal resultado esperado é que seja encontrado dentro do processo produtivo pequenos erros que não estão a ser detetados e que influenciam negativamente o desempenho da *Neckmolde*.

Apresentação da Equipa

Número de colaboradores: 27 funcionários, dos quais 6 são mulheres, sendo que 4 destas senhoras foram contratadas durante o ano de 2019.

Idade média da equipa: 31 anos

Horário laboral: A produção fabril é composta por duas equipas: A e B. Os turnos de laboração são das 07h às 15h (turno da manhã) e das 15h às 23h (turno da tarde). Os restantes departamentos, controlo de qualidade, escritório, programação, laboram das 08h às 17h. Toda a equipa *Neckmolde* faz pausa para descanso ao sábado e domingo.

Tempos mortos: Cerca de 10% do tempo de atividade e a equipa de chefia da *Neckmolde* tem consciência que esta situação prejudica as ordens de produção. Para fazer face a este cenário, o entrevistado revela que estão à espera da chegada de um braço *robot* que será colocado ao serviço da *Neckmolde*. Este braço *robot* não foi adquirido com o intuito de substituir os recursos humanos qualificados, foi adquirido com o objetivo de ser responsável pela produção de determinada máquina. A aquisição deste *robot* foi a melhor forma que a equipa de gestão encontrou para colmatar este problema, uma vez que esta organização se tem confrontado com muitas dificuldades para contratar mão-de-obra para as linhas de produção.

Pontualidade e assiduidade da equipa: João Cruz afirma que alguns dos seus colaboradores chegam atrasados cerca de 10 minutos. Interrogado sobre se esse facto influencia o desempenho da organização, admite que não tem uma opinião formada, uma vez que quando esses funcionários chegam atrasados, às vezes ficam mais alguns minutos a trabalhar para compensar o atrasado no início do seu turno. Quando se trata de um colega ter se de ausentar antes do término do seu turno, este tem uma influência mais relevante, pois o encerramento de determinada máquina pode condicionar a produção da seguinte ou seguintes. A solução apresentada por João Cruz a esta problemática, para o

ano de 2020, passa pela antecipação da entrada do segundo turno de trabalho em 15 minutos, isto é, em vez do turno se iniciar às 15h passa a iniciar-se às 14h45. Desta forma, pretende-se que haja uma correta passagem de turnos entre as duas equipas e que sejam evitados os atrasados dos colaboradores.

Apresentação das Matérias-Primas e dos Produtos Comercializados

Matérias-primas: Bronze, Ferro fundido e varão, Aço e *Dameron*

Produtos comercializados: Anéis, Boquilhas, Cabeças de sopro, Falsos canhões, Funis, Postiços e Punções

Volume de negócios: Cerca de 20% corresponde ao Mercado Nacional, sendo o remanescente para o Mercado Intra e Extracomunitário.

Criação de Valor: Perspetiva Atual e Futura

Perspetiva atual: Acreditam que em comparação com os seus concorrentes conseguem criar valor em dois momentos distintos, no serviço pré-venda e pós-venda e no controlo de qualidade a que os seus produtos se encontram sujeitos. A criação de valor no serviço de pré-venda acontece na medida em que a *Neckmolde* tem à sua disposição mais do que um fornecedor e no momento da aquisição da matéria-prima, esta procura que o preço-qualidade das matérias-primas adquiridas seja o mais ajustado possível à sua realidade. No serviço de pós-venda, a *Neckmolde* prima por prestar assistência mais adequada aos seus clientes e prima, também, por se encontrar o mais próximo possível dos mesmos. Relativamente ao controlo de qualidade, crêem que a criação de valor passa pelo apertado controlo a que os seus produtos estão sujeitos e dada a equipa qualificada que opera neste setor.

Perspetiva futura: Admitem que otimizando e definindo de uma forma mais detalhada o processo produtivo dos vários elementos comercializados, conseguirão, no futuro, aumentar o valor criado dentro da organização. Quando se refere que o processo deve estar mais detalhado significa que este deve estar mais padronizado, isto é, o processo deve ser passado, entre os vários elementos da equipa, em suporte de papel e não boca-a-boca. João Cruz afirma que, durante o decurso do ano de 2019, a equipa *Neckmolde* tem feito um esforço acrescido no sentido de que “atitude” seja cada vez mais uma prática corrente, mas este sócio/diretor comercial pretende que esta seja uma prática permanente dentro da organização.

Ordens de Fabrico

Acompanhamento das ordens de produção: Departamento comercial – Departamento controlo de qualidade – Requisição matéria-prima – Produção – Embalamento – Expedição

Tempo médio de produção: 2 semanas

Ordens de produção simultâneas: No momento t e no equipamento industrial j , não é possível ter duas ou mais obras de produção em curso, quando estas se tratam de matérias-primas diferentes e/ou encomendas com características diferentes. Isto deve-se ao facto de ordens de produção diferentes necessitarem de ajustes diferentes nos equipamentos fabris. Desta forma, só será possível produzir duas obras de produção distintas se estas se tratarem da mesma MP e se possuírem os mesmos requisitos de PA.

Reuniões planeadas: Durante o dia de trabalho, são realizadas 2 reuniões entre a equipa de gestão de topo e de linhas de produção. Estas acontecem às 8h, quando entra ao serviço o turno da manhã, e às 15h, quando entra ao serviço o turno da tarde.

Desperdícios: Relativamente às limalhas de bronze estas são recicladas internamente; as limalhas de níquel e ferro são vendidas para, posteriormente, serem recicladas pelo comprador; as limalhas de ferro, o óleo e a água são aproveitadas para um carrinho de mão. O óleo que está misturado com a água é analisado e corrigido de forma a ser introduzido novamente nas máquinas de produção.

Componentes de pequenas quantidades: Componentes como óleo, pastilhas de corte, fresas e equipamento de medição são requisitados como se se tratasse de uma matéria-prima. Esta requisição é feita através de uma máquina específica, que faz a gestão de *stock* desses componentes e a encomenda dos mesmos aos fornecedores, quando esta deteta que as quantidades disponíveis, em fábrica, são reduzidas.

Crítério de valorimetria dos inventários: A *Neckmolde* recorre ao *First In First Out* (FIFO), quando se trata de modelos *standard*. Quando para a comercialização de uma dada ordem de fabrico sobra matéria-prima, a equipa de gestão decidiu que estas serão colocadas de parte e utilizadas para a produção de amostras de moldes e acessórios. Ou seja, se estas matérias-primas sobrantes fossem utilizadas para fabricar determinada encomenda, estas não iriam ser suficientes para satisfazer o pedido do cliente. Com consequentemente, as máquinas em vez de estarem sujeitas apenas a um ajuste, estariam sujeitas a pelo menos dois ajustes.

Layout Industrial

Área de instalação: 1.100m²

Limpeza das instalações: As instalações fabris e respetivas máquinas são sujeitas a limpeza às sextas-feiras das 22h30 às 23h, sendo que durante o ano civil acontecem duas limpezas gerais: uma em agosto e outra em dezembro. Para o ano de 2020 e anos seguintes, decidiu-se que de 5 em 5 semanas será feita a limpeza de 1 das máquinas. Consequentemente, creem que será gerado mais valor nos produtos, uma vez que se espera que haja uma diminuição de avarias.

APÊNDICE 2. PROCESSOS PRODUTIVOS

2.1. BOQUILHAS.

		I1 = J1		I2 = J2 V I2 = J3	I3 = J4	I4 = J5 V I4 = J6	I5 = J7	I6 = J8	I7 = J9	I8 = J10	I9 = J11	I10 = J12		
Boquilhas	Bronze	Preparação da MP		Preparar para metalizar *	Metalização *	Justar	Guias	Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Polimento*	Acabamentos	Transporte *
		T1 = ARMAZÉ M MP	ARMAZÉ M MP requisitada	T2 = QUASER MV 154 APC*	T3 = KSK PPC 250 GMR (PTA 1)*	T5 = QUASE R MV 154 APC	T6 = MAS MCV 1000 (1)	T8 = MURATE C MW 200 G	T9 = BIGLI A 951 OM	T10 = DOOSA N DNM 350 AX*	T11 = DECKE L FP3 NC*	T12 = POLIMENTO *	T13 = ACAB	T14 = TRANS*
				T4 = KSK PPC 250 GMR (PTA 3)*		T7 = MAS MCV 1000 (2)								
	Ferro Fundição	Preparação da MP		Preparar para metalizar *	Metalização	Justar	Guias	Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Polimento*	Acabamentos	Transporte *
		T1 = ARMAZÉ M MP	ARMAZÉ M MP requisitada	T2 = QUASER MV 154 APC	T3 = KSK PPC 250 GMR (PTA 1)	T5 = QUASE R MV 154 APC	T6 = MAS MCV 1000 (1)	T8 = MURATE C MW 200 G	T9 = BIGLI A 951 OM	T10 = DOOSA N DNM 350 AX*	T11 = DECKE L FP3 NC*	T12 = POLIMENTO *	T13 = ACAB	T14 = TRANS*
				T4 = KSK PPC 250 GMR (PTA 3)		T7 = MAS MCV 1000 (2)								
		I1 = J1		I2 = J2 V I2 = J3	I3 = J4	I4 = J5 V I4 = J6	I5 = J7	I6 = J8	I7 = J9	I8 = J10	I9 = J11	I10 = J12		

2.2. ANÉIS.

		I1 = J1		I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4				
Anéis	Dameron	Preparação da MP		Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	Acabamentos		Transporte*		
		T1 = ARMAZÉM MP	ARMAZÉM MP requisitada	T2 = MURATEC MD 120	T3 = MURATEC MD 120	T6 = ACAB		T7 = TRANS*		
	Ferro Varão	Preparação da MP			Preparar para metalizar	Metalização	Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	Acabamentos	Transporte*
		T1 = ARMAZÉM MP	T2 = SERROTE	ARMAZÉM MP requisitada	T3 = LVT 300 (1)	T4 = KSK PPC R3 (PTA 2)	T5 = MURATEC MD 120	T6 = MURATEC MD 120	T9 = ACAB	T10 = TRANS*
		I1 = J1		I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4	I5 = J5	I6 = J6	I7 = J7	

2.3. CABEÇAS DE SOPRO.

		I1 = J1		I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4	I5 = J5	I6 = J6				
Cabeças de Sopro	Dameron	Preparação da MP		Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Acabamentos	Transporte*			
		T1 = ARMAZÉM MP	ARMAZÉM MP requisitada	T2 = MURATEC MD 120	T3 = MURATEC MD 120	T4 = *	T5 = *	T6 = ACAB	T7 = TRANS*			
	Ferro Varão	Preparação da MP			Preparar para metalizar	Metalização	Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Acabamentos	Transporte*
		T1 = ARMAZÉM MP	T2 = SERROTE	ARMAZÉM MP requisitada	T3 = LVT 300 (1)	T4 = KSK PPC R3 (PTA 2)	T5 = MURATEC MD 120	T6 = MURATEC MD 120	T7 = *	T8 = *	T9 = ACAB	T10 = TRANS*
		I1 = J1		I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4	I5 = J5	I6 = J6	I7 = J7	I8 = J8	I9 = J9	

2.4. FALSOS CANHÕES.

		I1 = J1		I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4	I5 = J5	I6 = J6			
Falsos canhões	Dameron	Preparação da MP			Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Acabamentos	Transporte*	
		T1 = ARMAZÉM MP	ARMAZÉM MP requisitada		T2 = MURATEC MD 120	T3 = MURATEC MD 120	T4 = *	T5 = *	T6 = ACAB	T7 = TRANS*	
	Ferro Varão	Preparação da MP				Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Acabamentos	Transporte*
		T1 = ARMAZÉM MP	T2 = SERROTE	ARMAZÉM MP requisitada		T3 = MURATEC MD 120	T4 = MURATEC MD 120	T5 = *	T6 = *	T7 = ACAB	T8 = TRANS*
		I1 = J1		I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4	I5 = J5	I6 = J6	I7 = J7		

2.5. FUNIS.

		I1 = J1		I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4	I5 = J5	I6 = J6	I7 = J7		
Funis	Ferro Varão	Preparação da MP				Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Acabamentos	Transporte*
		T1 = ARMAZÉM MP	T2 = SERROTE	ARMAZÉM MP requisitada		T3 = MURATEC MD 120	T4 = MURATEC MD 120	T5 = *	T6 = *	T7 = ACAB	T8 = TRANS*

2.6. POSTIÇOS.

		I1 = J1		I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4	I5 = J5	I6 = J6		
Postiços	Aço	Preparação da MP		Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Acabamentos	Transporte*	
		T1 = ARMAZÉM MP	ARMAZÉM MP requisitada	T2 = MURATEC MD 120	T3 = MURATEC MD 120	T4 = *	T5 = *	T6 = ACAB	T7 = TRANS*	

2.7. PUNÇÕES.

		I1 = J1		I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4	I5 = J5	I6 = J6				
Punções	Dameron	Preparação da MP		Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Acabamentos	Transporte*			
		T1 = ARMAZÉM MP	ARMAZÉM MP requisitada	T2 = MURATEC MD 120	T3 = MURATEC MD 120	T4 = *	T5 = *	T6 = ACAB	T7 = TRANS*			
	Ferro Varão	Preparação da MP			Preparar para metalizar	Metalização	Tornos 1ª fase	Tornos 2ª fase	CTF*		Acabamentos	Transporte*
		T1 = ARMAZÉM MP	T2 = SERROTE	ARMAZÉM MP requisitada	T3 = LVT 300 (1)	T4 = KSK PPC R3 (PTA 2)	T5 = MURATEC MD 120	T6 = MURATEC MD 120	T7 = *	T8 = *	T9 = ACAB	T10 = TRANS*
		I1 = J1	I2 = J2	I3 = J3	I4 = J4	I5 = J5	I6 = J6	I7 = J7	I8 = J8	I9 = J9		

APÊNDICE 3. PRODUÇÃO SEMANAL POR PRODUTO, EM 2021.

Produção Semanal	Anéis	Boquilhas	Punções	Cabeças de Sopro	Total
W1	1 540	750	188	60	2 538
W2	607	402	0	0	1 009
W3	889	209	51	51	1 200
W4	1 165	723	0	2	1 890
W5	761	391	0	0	1 152
W6	763	441	0	25	1 229
W7	343	213	0	0	556
W8	769	706	0	0	1 475
W9	670	378	0	0	1 048
W10	974	686	0	0	1 660
W11	654	418	48	0	1 120
W12	1 006	576	0	55	1 637
W13	987	582	0	0	1 569
W14	1 250	660	0	0	1 910
W15	1 093	540	0	30	1 663
W16	757	590	0	30	1 377
W17	1 097	637	0	34	1 768
W18	775	565	430	66	1 836
W19	1 174	694	66	26	1 960
W20	363	413	2	0	778
W21	575	475	0	0	1 050
				Média	1 449

Máximo	1 540	750	430	66	2 538
Mínimo	343	209	0	0	556
Variação	1 197	541	430	66	1 982
Perfil	