

Desenho e implementação de uma estratégia de *pull-flow* numa indústria de ciclismo

Raquel Maria Antunes Carvalho

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Mário Amorim Lopes



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2023-06-26

Resumo

A implementação de uma estratégia de pull-flow numa indústria de ciclismo surge em resposta aos desafios de eficiência enfrentados pela empresa, além da necessidade de recuperação pós-COVID. Nesse contexto, houve aceleração de algumas indústrias que atingiram um volume de negócios recorde em 2021. No entanto, esses resultados positivos foram acompanhados pela identificação de desafios que afetaram a sua atividade produtiva, tais como interrupções no fluxo de produção, tempos prolongados de espera de material, layout funcional desfavorável, descoordenação entre as áreas da empresa e oscilações na procura. Além desses desafios internos, uma mudança no mercado resultou numa diminuição drástica da procura, exigindo uma rápida adaptação e ajuste dos recursos disponíveis.

Diante desses problemas, tornou-se necessário adotar uma abordagem integrada para promover um fluxo de trabalho contínuo e eficiente. Inicialmente, a secção de acabamentos foi selecionada como piloto, devido às oportunidades claras de melhoria e à facilidade de implementação de mudanças físicas nessa área específica. A abordagem consistiu em redesenhar e dedicar as linhas de produção, desde a etapa de acabamentos estendendo-se às etapas anteriores do processo, a fim de simplificar o planeamento diário, reduzir o *WIP*, eliminar atividades sem valor acrescentado e estabelecer um fluxo contínuo de produção.

O dimensionamento inicial das linhas de produção foi baseado na procura média, considerando diferentes cenários de recursos por linha, incluindo número de operadores e máquinas. Em seguida, procedeu-se à dedicação das famílias de referências em cada linha de acabamentos, agrupando as referências com características semelhantes, como diâmetro, perfil ou tipo de furação dos aros. O dimensionamento dos recursos por linha foi realizado tendo em consideração a procura específica de cada referência. No contexto do rearranjo físico interno de cada linha, definiu-se a disposição das mesas de operadores de modo a garantir o balanceamento do fluxo de trabalho. Esse ciclo de melhoria foi finalizado com a normalização do trabalho, garantindo a consistência dos processos.

Além das mudanças físicas, uma ferramenta de planeamento foi desenvolvida para permitir uma visão abrangente e detalhada das necessidades e recursos da empresa em diferentes períodos. Essa ferramenta possibilitou o planeamento a longo prazo, projetando e antecipando a carga de trabalho futura, com base na procura real e tendências de procura identificadas, além de permitir ajustes para lidar com a flutuação e nivelar a carga de produção. No curto prazo, o modelo de planeamento permitiu uma visão atualizada da carga de trabalho e das necessidades de produção, permitindo à empresa estabelecer cenários para alocação de recursos e programação de operações.

Dessa forma, o desenho e implementação de uma estratégia de pull-flow na indústria de ciclismo analisada visa superar os desafios de eficiência, melhorar o balanceamento das operações e permitir uma resposta ágil às flutuações da procura, contribuindo para a recuperação pós-COVID e aumento da eficiência operacional da empresa.

Design and implementation of a pull-flow strategy in the cycling industry

The implementation of a pull-flow strategy in a cycling industry comes in response to the efficiency challenges faced by the company, in addition to the need for post-COVID recovery. In this context, there has been acceleration in some industries achieving record turnover in 2021. However, these positive results were followed by the identification of challenges affecting its production activity, such as interruptions in production flow, extended material waiting times, unfavourable functional layout, poor coordination between areas of the company and fluctuations in demand. In addition to these internal challenges, a change in the market resulted in a drastic decrease in demand, requiring a quick adaptation and adjustment of the available resources.

Faced with these problems, it became necessary to adopt an integrated approach to promote a continuous and efficient workflow. Initially, the finishing section was selected as a pilot due to the clear opportunities for improvement and the ease of implementing physical changes in that specific area. The approach consisted of redesigning and dedicating the production lines, from the finishing stage extending to the previous stages of the process, in order to simplify daily planning, reduce WIP, eliminate non-value-added activities and establish a continuous production flow.

The initial dimensioning of the production lines was based on average demand, considering different resource scenarios per line, including the number of operators and machines. Then, we proceeded to the dedication of reference families in each finishing line, grouping the references with similar characteristics, such as diameter, profile or type of frame hole. The dimensioning of resources per line was carried out considering the specific demand for each reference. In the context of the internal physical rearrangement of each line, the layout of the operators' desks was defined in order to guarantee the balance of the workflow. This improvement cycle was finalised with the standardisation of the work, guaranteeing the consistency of the processes.

Besides the physical changes, a planning tool was developed to allow a comprehensive and detailed view of the needs and resources of the company in different periods. This tool enabled long-term planning, projecting and anticipating future workload, based on actual demand and identified demand trends, as well as allowing adjustments to deal with fluctuation and level out the production load. In the short term, the planning model provided an up-to-date view of workload and production needs, enabling the company to establish scenarios for resource allocation and operations scheduling.

Thus, the design and implementation of a pull-flow strategy in the cycling industry analysed aims to overcome efficiency challenges, improve the balancing of operations and enable an agile response to demand fluctuations, contributing to post-COVID recovery and increased operational efficiency of the company.

Agradecimentos

Esta dissertação representa muito mais do que as cinquenta páginas, teorias e soluções que a compõem. Hoje marca-se o desfecho de cinco anos de um caminho novo, numa cidade nova, em que parti em busca de um sonho, que nem eu sabia muito bem qual era. Neste percurso somaram-se inúmeras aprendizagens assim como o conhecimento de muitas e interessantes pessoas.

Pessoa, no seu heterónimo de Álvaro de Campos, dizia algo tão simples como: “*Tenho em mim todos os sonhos do mundo*”. Esta é a atitude com que fui “desbravando” este caminho, cada vez mais certa de que o destino não conhece a linha reta.

À minha família, que me apoiou incondicionalmente em todos os momentos. Aos cozinhados e conselhos da minha mãe, que me confortavam sempre que voltava a casa. Ao interesse pelo mundo sempre transmitido pelo meu pai, que todos os dias me ensina algo novo sobre história, geografia, política ou um pianista novo que estreou na Antena 3, ... Aos meus irmãos que, enquanto filhos mais velhos, sempre se preocuparam em antecipar-me nalgumas “dores de crescimento”. À minha “pequena” Valentina, que me faz querer ser a “tia exemplo”.

Aos meus amigos, os meus responsáveis do “departamento de cultura e lazer”, que garantem que não vão faltar planos para o fim-de-semana e repetem vezes sem conta “devias parar um bocadinho”. Que nunca nos falem concertos, viagens e jantares de sexta-feira.

À minha equipa do *Kaizen Institute*, que me acolheu desde o primeiro dia, especialmente, ao meu orientador Alexandre, que foi incansável com todas as explicações e detalhes no decorrer do projeto.

Por fim, a todos os professores que me inspiraram neste percurso e me fizeram estar mais convicta do caminho que escolhi.

Hoje, sou mestre engenheira. Acima de tudo, sou também a soma de muito trabalho, conhecimento e resiliência. Mas ainda falta tanto para aprender!

Índice de conteúdos

1. Introdução	1
1.1. Motivação.....	1
1.3. Apresentação da Empresa Cliente.....	2
1.4. Breve contextualização do problema	3
1.5. Objetivos do projeto.....	3
1.6. Estrutura da dissertação.....	4
1.7. Método seguido no projeto.....	4
2. Revisão de literatura	6
2.1. Métodos e estratégias de produção	6
2.2. Análise comparativa de metodologias de gestão da produção.....	8
2.3. TFM – Total Flow Management	10
2.4. Os principais ciclos logísticos.....	11
2.5. Aplicabilidade de metodologias <i>lean</i> na indústria discreta.....	15
3. Caracterização da situação atual da empresa	17
3.1. Breve introdução ao problema	17
3.2. O processo produtivo	18
3.3. Mapeamento do fluxo de valor	19
3.4. Análise de eficiência dos equipamentos	21
3.5. Análises de encomendas e produção.....	22
3.6. Planeamento de produção	24
3.7. Apreciação global da situação atual da empresa.....	26
4. Desenho de soluções.....	27
4.1. Escolha da secção piloto	27
4.2. Metodologia seguida no desenho de solução	27
4.3. Desenho e dedicação de linhas de produção	28
4.4. Modelo de Planeamento.....	35
4.5. Logística Interna	40
5. Avaliação e discussão de resultados	46
6. Conclusões e perspectivas de trabalho futuro.....	50
ANEXO A:Fluxo de Material Inicial (Versão Completa).....	53
ANEXO B: Resultados das observações no terreno e sessões com as equipas.....	54
ANEXO C: Análise ABC-XYZ de encomendas e produção	56
ANEXO D: Desenho e dedicação de Linhas.....	58
ANEXO E: Iniciativas para promover o entrosamento das equipas	60
ANEXO F: Resumo do modelo de planeamento.....	61
ANEXO G: Gestão do projeto.....	62

Índice de siglas

ABC- *Activity Based Costing*

FTE *Full-time-equivalent*

JIT- *Just-in-time*

KPI- *Key performance indicator*

MRP- *Material requirements planning*

MTO- *Make-to-order*

MTS- *Make-to-stock*

OEE- *Overall Equipment Efficiency*

SMED- *Single-Minute-Exchange of Die*

TOC- *Theory of Constraints*

TPM- *Total Productive Maintenance*

TQM- *Total Quality Maintenance*

VSM- *Value Stream Mapping*

WIP- *Work-in-progress*

Índice de Figuras

Figura 1- Descrição generalizada do problema (efeito chicote).....	3
Figura 2- Distinção entre abordagens <i>Push</i> , <i>Pull</i> e <i>TOC</i> ao nível dos fluxos de materiais e informação.....	9
Figura 3- Esquema geral com as iniciativas de criação de fluxo ao nível da produção e logísticas interna ou externa	12
Figura 4- Evolução das vendas da Empresa Cliente, com crescimento acentuado em contexto de pandemia por COVID-19.....	17
Figura 5- Visão macro do fluxo de aros principal	19
Figura 6- Estimativa do <i>WIP</i> (<i>Work-In-Progress</i>), em unidades por secção	Erro! Marcador não definido.
Figura 7- Estimativa de <i>WIP</i> (<i>work-in-progress</i>), em horas trabalhadas, por secção	Erro! Marcador não definido.
Figura 8- Volume médio de produção de aros, em unidades, por secção	20
Figura 9- Resumo <i>OEE</i> (%) (<i>Overall-Equipment-Efficiency</i>), por secção.....	21
Figura 10- Resumo de tipos de paragens (%), nas etapas de calandragem, furação e cravação	21
Figura 11- Frequência absoluta e frequência relativa acumulada (%) para cada tipo de inconformidade.....	22
Figura 12- Análise ABC-XYZ de encomendas e stock de produto acabado para a produção de aros.....	23
Figura 13- Análise ABC-XYZ de produção por família de produtos, com base no diâmetro e perfil dos aros (exemplo da calandragem).....	24
Figura 14- Variabilidade nas quantidades planeadas para produção, em cada semana, antes do desenho de solução	25
Figura 15- Gráfico <i>swimlane</i> do fluxo de informação, no planeamento de produção.....	26
Figura 16- Divisão do projeto em duas fases distintas de criação de fluxo, utilizando a metodologia de gestão (pensamento A3) em cada uma das iniciativas.....	27
Figura 17- Dimensionamento geral dos recursos necessários nas linhas de acabamentos (número de operadores e número de máquinas).....	29
Figura 18-Resultado da dedicação de linhas de acabamentos: número de linhas, procura semanal, <i>takt time</i> e número de referências	30
Figura 19- Dimensionamento dos recursos necessários por linha (número de operadores e número de máquinas).....	31
Figura 20- Resultado final da dedicação de linhas de acabamentos com os respetivos valores de <i>OEE</i> , número de turnos, número de operadores, ocupação operador (%) e ocupação máquina (%)	31
Figura 21- Dedicação de linhas completas entre as etapas de calandragem, furação e acabamentos (exemplo para as linhas 1,2 e 3).....	32
Figura 22- Exemplo de balanceamento de operações para a referência com 4 autocolantes, com base nos tempos de ciclo homem, máquina e <i>takt time</i>	33
Figura 23- <i>Layout</i> das linhas de acabamentos numa ótica funcional (esquerda) e após integração de operações (direita), com menos deslocações intermédias	33
Figura 24- Implementação dos bordos de linha nas linhas de acabamentos(esquerda) e marcações nos cavaletes para ativar entreaajuda entre postos (direita)	34
Figura 25- Ferramenta física cada referência, com as respetivas tarefas normalizadas, <i>layout</i> das linhas e balanceamento das operações (<i>Yamazumi</i>)	34
Figura 26- Esquema exemplificativo dos pressupostos no modelo de planeamento, por referência de produção e por secção.....	36
Figura 27- Esquema exemplificativo dos dados de entrada para o modelo de planeamento (encomendas em carteira e especificações associadas à referência)	36

Figura 28- Interface de planeamento global, a longo prazo (12 semanas), para identificar desnivelamentos de carga de produção	37
Figura 29- Interface de planeamento global, a longo prazo (12 semanas), para evidenciar as a produção recolocada no processo de desnivelamento	38
Figura 30- Interface de planeamento por secção, a curto prazo (4 semanas), para evidenciar a produção planeada	39
Figura 31- Interface de planeamento por secção, a curto prazo (4 semanas), para proceder à análise de cenários variando as “HorasTrabalhadas/Semana” e “NºFTE’s”, consoante o coeficiente de ocupação.....	39
Figura 32- Esquema representativo da arquitetura do modelo de planeamento (dados de entrada, pressupostos, análise curto-prazo e análise longo-prazo).....	40
Figura 33- Exemplo de implementação de melhorias no layout futuro: aproximação das secções calandragem e furação (processos sequenciais)	40
Figura 34- Exemplo de levantamento de pontos de recolha/abastecimento com a equipa, para o caso da calandragem.....	41
Figura 35- Exemplo de dados recolhidos na fase inicial da logística interna: materiais necessários/secção, consumo médio, procura (%), tipologia e autonomia das caixas de abastecimento (com base no consumo e <i>takt time</i>).....	42
Figura 36- Normalização dos tempos de abastecimento (manuseamento) por tipologia de recipiente	43
Figura 37- Excerto das distâncias determinadas entre pontos de origem X e pontos de abastecimento Y	43
Figura 38- Pontos de recolha/abastecimento de materiais na sequência indicada, para a solução eleita.....	44
Figura 39- Identificação dos 3 fluxos principais de aros e simulação do abastecimento, para um tempo de ciclo de 35 minutos	45
Figura 40- Evolução da produtividade das linhas de acabamentos (Aros/Hora*Operador), no tempo em que decorreu o projeto	47
Figura 41- Evolução da produtividade global da produção de aros (Aros/Hora*Operador), no tempo em que decorreu o projeto	48
Figura 42- Evolução da produção global de aros (unidades), com base na procura, no tempo em que decorreu o projeto	48

Índice de Tabelas

Tabela 1- Distinção entre abordagens do tipo <i>push</i> e <i>pull</i> relativamente ao seu modo de planeamento de produção, fluxo de informação, nível de <i>stock</i> , flexibilidade e importância das economias de escala.....	6
Tabela 2- Revisão da literatura e comparação entre abordagens do tipo <i>Push</i> , <i>Pull</i> ou Híbridas	10
Tabela 3- Revisão da literatura sobre a aplicabilidade de metodologias <i>Lean</i> na indústria de produção discreta.....	16
Tabela 4-Resumo da análise de valor acrescentado por secção	20
Tabela 5- Critérios de classificação das encomendas ao nível do volume (A, B, C) e frequência (X, Y, Z) de produção.....	23
Tabela 6- Resultado obtido para a solução ótima de abastecimento de materiais: distância percorrida, tempo de ciclo, número de paragens, número de carruagens e ocupação (%).....	44
Tabela 7- Resultado ótimo obtido para a solução ótima de fluxo de carros entre secções: tempo de ciclo, distância, número de carros e número de paragens.....	45
Tabela 8- Tabela resumo com os principais resultados medidos no decorrer do projeto: produtividade das linhas de acabamentos (Aros/Hora*Operador) e produtividade global (Aros/Hora*operador)	46
Tabela 9- Tabela ilustrativa do potencial de produtividade da secção de acabamentos, considerando o dimensionamento de FTEs	47

1. Introdução

A indústria de ciclismo enfrentou um desafio significativo devido ao efeito chicote gerado pelo aumento repentino da procura durante a pandemia de COVID-19. O pico na procura por bicicletas resultou em acumulação excessiva de *stock* pelos retalhistas. Essa situação foi agravada por eventos globais, como a invasão da Ucrânia pela Rússia, que impactaram os custos das matérias-primas. Esses desafios destacaram a necessidade de melhorar a eficiência operacional, a capacidade de produção e a gestão de *stock* na indústria de fabrico de bicicletas para lidar com flutuações na procura e garantir a sustentabilidade e sucesso no mercado.

1.1. Motivação

O mercado de bicicletas abrange uma variedade de tipos, tais como bicicletas de rua, híbridas, todo-o-terreno, elétricas e outros. Cada categoria de bicicleta é projetada para atender requisitos específicos relacionados com a velocidade, conforto, durabilidade ou versatilidade, conforme as necessidades do terreno ou condições em que serão utilizadas.

A indústria de bicicletas desempenha um papel cada vez mais importante e é amplamente reconhecida em todo o mundo devido à sua natureza ecológica e desportiva. A promoção deste tipo de mobilidade, tanto para fins de lazer como para transporte, oferece diversos benefícios, como melhorias na saúde, redução da poluição do ar e promoção do desenvolvimento urbano sustentável.

No entanto, a promoção do uso da bicicleta requer investimentos em infraestruturas urbanas que garantam a segurança dos ciclistas, sendo que o crescimento desta indústria está amplamente relacionado com a capacidade de resposta por parte dos municípios.

1.2. O mercado europeu de bicicletas

De acordo com um relatório publicado pela Comissão Europeia “*Walking and cycling as modes of transport*”, existem diferenças nas taxas de ciclismo e segurança da atividade nos diferentes países europeus. Os dados revelados demonstram que uma proporção elevada de cidadãos europeus dispõe de uma bicicleta para uso próprio, salientando-se o caso da Noruega e Suíça, onde as percentagens de habitantes com bicicleta própria rondam os 70% e 69%, respetivamente. A mesma fonte demonstra que a bicicleta é o meio de transporte eleito em cerca de 3 a 28% das viagens, numa seleção feita de sete países europeus.

No contexto industrial, um relatório publicado pelo Eurostat revela que no ano de 2021 a União Europeia viu um acréscimo de 11% na produção de bicicletas, relativamente ao ano anterior, totalizando 13,5 milhões de unidades produzidas. No mesmo ano, o pódio de produção de bicicletas é de Portugal com um total de 2,9 milhões de unidades produzidas, seguindo-se países como a Roménia (2,5 milhões) e Itália (1,9 milhões).

Contudo, no contexto da pandemia por COVID-19, a procura acentuada de bicicletas e rotura de stocks gerou um “efeito chicote”. O aumento de vendas induzido pela pandemia levou a interrupções e escassez na cadeia de abastecimento, aumento dos pedidos dos retalhistas por precaução e, consequentemente, desaceleração da procura e excesso de *stock*. Este facto agrava-se com as restrições na cadeia de abastecimento de componentes críticos e modelos de alta qualidade. Desta análise não se pode desconsiderar o contexto atual de crise sociopolítica, que inclui eventos como a guerra na Ucrânia e a inflação. Esses fatores têm impacto significativo nos custos das matérias-primas, o que, por sua vez, afeta os custos de produção e reduz a flexibilidade das margens de lucro.

1.2.1. Perspetiva de crescimento do mercado

A nível de perspetiva de crescimento deste mercado, ambas as pesquisas de mercado consultadas registam tendências positivas de crescimento com um CAGR de 7,5% ou 9,58% até 2028. As análises consideram os principais participantes de mercado, as suas tendências, *drivers* e restrições. Destaca-se a preocupação crescente pelo fitness e saúde, a preocupação com o meio ambiente e o aumento do número de eventos de ciclismo, como os impulsionadores desta tendência.

A ECF (*European Cyclists Federation*) publicou um relatório que demonstra que 20 em 44 países europeus possuem uma estratégia nacional de ciclismo. Adicionalmente, há países com planos alternativos que incluem metas para o ciclismo ou que são parceiros de um projeto que visa desenvolver políticas de ciclismo domésticas e internacionais. Em contrapartida, países como Estônia, Islândia, Polónia e Suíça não possuem estratégias nacionais de ciclismo.

Em Portugal, o governo estabeleceu como prioridade a redução dos gases de efeito de estufa e a alcançar a neutralidade carbónica nos próximos 30 anos. Para alcançar esses objetivos, foi criada a estratégia nacional para a Mobilidade Ativa Ciclável 2020-2030, que promove o uso de bicicletas e investimentos em ciclovias. O processo de elaboração da estratégia contou com a participação pública para envolver e responsabilizar a sociedade.

Assim, tendo sido demonstrado o potencial deste setor em vias de crescimento e o seu benefício para a sociedade, importa implementar políticas de promoção de ciclismo e melhorar a segurança da sua prática, de acordo com o contexto de cada país europeu.

O trabalho elaborado reveste-se de extrema importância, na medida em que contribui significativamente para auxiliar uma empresa influente no setor a alcançar a excelência operacional.

1.3. Apresentação da Empresa Cliente

A Empresa Cliente tem mais de 70 anos de experiência no *design*, produção e distribuição de componentes de bicicletas de alta qualidade. Fundada e sediada no distrito de Aveiro, insere-se num grupo de empresas que atua na área da metalurgia e metalomecânica, conta com mais de 400 colaboradores, produz cerca de 400.000 rodas por ano e alcançou um volume de negócios médio de cerca 45 milhões de euros.

O seu negócio assenta na comercialização de uma vasta gama de componentes de bicicletas, incluindo aros, rodas, cubos, raios e outros acessórios. Além disso, garante a qualidade e durabilidade dos seus produtos, fruto das suas técnicas de produção avançadas e materiais de alta-qualidade. Nos últimos tempos, desenvolveu projetos lado-a-lado com ciclistas e equipas profissionais, assumindo o compromisso de inovar, melhorar os seus produtos e ir ao encontro das necessidades dos amantes deste desporto.

A sua constante aposta na inovação, design e qualidade permitiu formar uma base leal e consistente de clientes, produtos com boa reputação na indústria e vendas em mais de 50 países no mundo. Os seus principais mercados são os Países Baixos e Alemanha, onde prevalece uma forte cultura de ciclismo e da bicicleta como meio de transporte de eleição.

Nos últimos anos, a Empresa teve um crescimento de 50% no setor do ciclismo e avançou com a implementação de um grande plano de investimento, na ordem dos milhões de euros, que prevê a construção de uma nova unidade industrial para produção de outros artigos relacionados com essa indústria.

1.4. Breve contextualização do problema

A Empresa Cliente é um fornecedor de aros de rodas para a indústria de montagem de bicicletas. O projeto iniciou-se após uma avaliação da empresa que identificou problemas na capacidade de produção, tempos de espera para novas encomendas, aumento de *stocks* intermédios e elevada percentagem de produtos acabados não conforme.

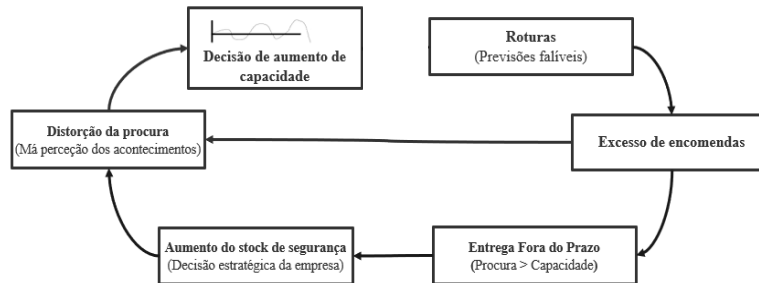


Figura 1- Descrição generalizada do problema (efeito chicote)

A Figura 1 evidencia o círculo vicioso em que a empresa se encontrava com o planeamento *push* e contexto de procura elevada.

Posteriormente, entre a fase de diagnóstico e o início do projeto, houve uma mudança significativa no mercado que exigiu uma nova abordagem para ajustar os recursos disponíveis à redução na procura que interferiu com os planos de aumento de capacidade da empresa. À semelhança dos seus concorrentes, a empresa recebe pouco apoio das empresas de montagem de bicicletas (o seu cliente final) para melhorar as suas capacidades tecnológicas. O sistema de produção em *push* prevalecente não funcionava de forma eficiente, devido à dificuldade em prever com exatidão a procura dos clientes.

O projeto foi dividido em duas fases, que consistiram no desenho de soluções em linhas piloto de duas secções de produção distintas e, posteriormente, no desdobramento para as restantes secções de produção.

1.5. Objetivos do projeto

O projeto desenvolvido na presente dissertação pretende responder à seguinte questão de investigação: “Como implementar um sistema pull-flow de produção e, dessa forma, gerar fluxo na produção de uma indústria de ciclismo, que seja flexível e adaptável às flutuações da procura?”.

De seguida, apresenta-se os objetivos pretendidos, listados por ordem de relevância:

- Aumentar a produtividade
- Reduzir o *leadtime* de produção
- Reduzir o stock intermédio (*WIP*)
- Melhorar o entrosamento e desempenho das equipas

1.6. Estrutura da dissertação

A presente dissertação divide-se em seis capítulos, que seguem uma sequência lógica de acontecimentos. De seguida, apresenta-se um breve resumo de cada um dos capítulos:

Capítulo 1	Capítulo introdutório com a apresentação da Empresa Cliente e respetiva indústria onde se insere. Procede-se com um enquadramento do projeto, motivação para o realizar e quais os objetivos definidos para a sua realização.
Capítulo 2	Capítulo destinado à revisão teórica dos conceitos que fundamentam o trabalho desenvolvido nesta dissertação, focalizando-se, em abordagens de produção comuns na literatura. Estabelece-se a comparação entre metodologias <i>Pull/Push</i> e estende-se a análise para abordagens de produção relevantes na literatura como <i>TOC</i> , <i>MRP Push System</i> e <i>JIT</i> . Reconhece-se o <i>TFM (Total Flow Management)</i> como principal abordagem de criação de fluxo na indústria e identificam-se principais iniciativas de criação de fluxo ao nível da produção e logística interna. Por fim, estuda-se a aplicabilidade das iniciativas estudadas na indústria de produção discreta.
Capítulo 3	Capítulo destinado à caracterização detalhada da situação inicial da Empresa em estudo, descrição das principais oportunidades identificadas nas várias etapas de produção e modo de planeamento. Encerra-se o capítulo com uma breve descrição dos problemas que motivam a realização deste projeto, assim como a sua interligação.
Capítulo 4	Capítulo destinado ao desenho da solução para abordar o problema apresentado, partindo dos conhecimentos adquiridos e factos expostos nos capítulos anteriores.
Capítulo 5	Capítulo destinado à apresentação dos principais resultados obtidos aquando da implementação da solução, a nível quantitativo, com a apresentação dos resultados e qualitativo, com a opinião recolhida junto da equipa do projeto. Estabelece-se uma visão crítica sobre os resultados.
Capítulo 6	Capítulo destinado à reflexão aprofundada sobre o projeto desenvolvido e a formulação de recomendações orientadoras para o seu futuro.

1.7. Método seguido no projeto

A presente dissertação tem como objetivo estudar a implementação de planeamento *pull* numa indústria específica de ciclismo, neste caso, de produção de aros. O estudo baseia-se em conhecimentos teóricos, visando mudar o paradigma tradicional de produção para uma abordagem de “*Pull-Flow*”, que enalteça todos os processos e respetiva cadeia de valor.

A metodologia adotada permite guiar o processo de pesquisa através do qual se pretende estudar uma determinada realidade. O objetivo geral do método de pesquisa é encontrar respostas ou soluções aos problemas por meio de investigação organizada, crítica, sistemática, científica e baseada em dados observados (Sekaran, 1984).

O método de pesquisa será realizado numa ótica qualitativa, por retratar o caso de uma empresa particular, num setor específico e que pretende responder à questão: “Como deverá ser feita a implementação de um *Pull-Flow* numa indústria de ciclismo?”.

A pesquisa qualitativa foca-se na investigação minuciosa de uma organização e não tanto na representatividade numérica. O objetivo da amostra é de produzir informações aprofundadas e ilustrativas: seja ela pequena ou grande, o que importa é que ela seja capaz de produzir novas informações (Deslauriers, 1987).

A pesquisa qualitativa é distinta da pesquisa quantitativa porque o pesquisador é posicionado internamente à organização, o que lhe permite aproximar-se dos fenómenos estudados e concentrar-se na interpretação do objeto de pesquisa (Pereira et al., 2018). Essencialmente, esta abordagem permite uma compreensão mais aprofundada e contextualizada dos eventos e fenómenos estudados, valorizando as interpretações dos eventos em si.

Quanto à natureza da pesquisa, a mesma será do tipo aplicada, dado o seu propósito em gerar soluções úteis e práticas que possam ser aplicadas na solução de problemas concretos da realidade. No entanto, conforme apontado por (Yin, 2012), este método apresenta algumas limitações, como a impossibilidade de generalização das conclusões obtidas para toda a população, visto que a atenção é focalizada em poucas unidades do universo e dependência da cooperação voluntária das pessoas que fornecem informações.

O procedimento de pesquisa eleito para a consecução do objetivo do estudo foi o “Estudo de Caso”, devido à sua pertinência no âmbito da problemática exposta. De acordo com (Yin, 2012), o estudo de caso é uma abordagem recomendada para investigar questões que possam esclarecer diversos processos da empresa ou fenómeno pesquisados. Além disso, essa abordagem é particularmente útil quando se deseja explorar questões que não podem ser resolvidas apenas com dados quantitativos, mas que exigem uma compreensão mais aprofundada das relações que se configuram no tempo e no contexto em estudo.

Ciente desta limitação, este estudo tem por objetivo elaborar sequência de iniciativas relevantes para a implementação de uma estratégia de *pull-flow* nas atividades das empresas deste setor.

2. Revisão de literatura

Inicialmente, salienta-se a importância da escolha da estratégia de produção adequada e estabelece-se uma breve distinção entre conceitos *push/pull* e, posteriormente, será estendido esse estudo às principais metodologias de planeamento de produção mencionadas na literatura, estabelecendo a sua comparação. De seguida, aprofunda-se a análise de um modelo de criação de fluxo em vários níveis da cadeia de valor, denominado *Total Flow Management*. Esta abordagem baseia-se em princípios de planeamento *pull* e inclui iniciativas que não se relacionam apenas com o modo de planeamento de produção. Essas iniciativas serão apresentadas em detalhe e incluem práticas de melhoria da logística interna, configuração do espaço físico de trabalho, entre outras. Essencialmente, analisa-se no espaço físico a existência de ineficiências estruturais do sistema e, posteriormente, aplicam-se as mudanças estratégicas ao nível do modo de operação, retirando um maior aproveitamento dos recursos.

2.1. Métodos e estratégias de produção

Os gestores de produção são atualmente confrontados com inúmeras abordagens de planeamento de produção ou outro tipo de soluções integradas que surgem na literatura. (Sarbjit, 2017) afirma que a estratégia escolhida por uma organização determina o seu modelo de negócio, influenciando os seus objetivos e moldando o seu funcionamento. De facto, a estratégia determina como vão ser atendidas as necessidades do consumidor e qual o posicionamento da empresa no mercado. O mesmo autor defende que as principais estratégias para gerir este tipo de fluxos, desde a fase inicial da cadeia de abastecimento até ao final da mesma, são as estratégias *push*, *pull* ou uma combinação de ambas (híbrido). A escolha entre uma abordagem do tipo *push* ou *pull* é feita no contexto de gestão da cadeia de abastecimento e do fluxo de produtos ou informação ao longo da mesma.

2.1.1. Distinção entre uma abordagem do tipo *push* ou *pull*

Tabela 1- Distinção entre abordagens do tipo *push* e *pull* relativamente ao seu modo de planeamento de produção, fluxo de informação, nível de *stock*, flexibilidade e importância das economias de escala

Sistema de produção	Modo de Planeamento	Fluxo de informação	Nível de <i>stock</i>	Nível de flexibilidade	Importância das economias de escala
<i>Push</i>	Baseado em previsões de procura antecipada.	Desde a gestão da organização até ao mercado.	Tendencialmente elevado e dependente da precisão na previsão da procura.	Menor flexibilidade. Tanto menor quanto menos visibilidade houver da procura.	Elevada. Priorização da produção por lote.
<i>Pull</i>	Baseado na procura real (vendas realizadas).	Desde o mercado até à gestão da organização.	Tendencialmente baixo pela orientação à procura. Nulo, num cenário ideal.	Maior flexibilidade. A produção é ajustada às informações em tempo real do mercado.	Baixa. Pouca vantagem na agregação por lote.

De um modo geral, a principal distinção entre os dois sistemas de produção relaciona-se com a sua orientação à procura e sentido em que a informação flui.

Num sistema *pull* a procura é baseada na procura real (vendas) e a informação flui desde o mercado até à gestão da organização, por outro lado, no sistema *push* a procura é baseada num planeamento de produção fixo e a informação flui no sentido oposto ao anterior. Um sistema *push* puro está associado a níveis consideráveis de *stocks* de segurança/intermédios, com grandes lotes de produção e fluxo de materiais lento ou inexistente. (Sarbjit, 2017) refere que o *MRP* é a abordagem mais utilizada em relação aos sistemas *push*, uma vez que permite controlar o inventário dentro de certos níveis e garantir a disponibilidade das referências necessárias em armazém.

Na Tabela 1 evidencia-se, de forma generalizada, quais as principais diferenças entre ambas as abordagens ao nível do planeamento, fluxo de informação, nível de *stock*, flexibilidade e importância das economias de escala.

A escolha entre uma abordagem *pull/push* é complexa e envolve vários fatores, que não podem ser considerados de forma isolada. (Sarbjit, 2017) enumera os que considera principais e, de seguida, evidenciam-se os mais relevantes:

- **Nível de estabilidade da procura:** idealmente, se há incerteza na procura deve-se avançar para um sistema *push*. Contudo, (Ashayeri & Kampstra, 2004) aprofundou o estudo de um sistema logístico de distribuição baseada na procura do consumidor e reconhece a dificuldade na exatidão das previsões. Nesse sentido, o foco deve ser a redução da incerteza na procura.
- **Valor económico do produto:** quanto maior o valor do produto, mais orientada à procura real deve ser a sua produção, para evitar o risco de criar excesso de stock ou não conseguir vender todos os produtos fabricados. Nalguns casos, não basta apenas medir o produto pelo seu valor, mas também se deve considerar o estágio do seu ciclo de vida. Este é o caso de produtos tecnológicos que rapidamente ficam obsoletos e é necessário lançá-los no mercado com a máxima brevidade.
- **Variedade da oferta:** se a oferta de produtos for variada, a produção deve ser orientada pela procura real. Por exemplo, no caso da indústria automóvel, para um determinado modelo existe uma grande variedade de características que podem ser customizadas para o cliente, sendo geralmente adotada uma produção em *pull*.
- **Sistema de informação:** uma elevada conexão ao longo da cadeia de abastecimento, com uma boa visibilidade da procura real do consumidor, permite amenizar o efeito chicote com menos acumulação de stock ao longo da cadeia. Pela mesma lógica, também o fornecedor terá maior capacidade de resposta.

As estratégias de produção são classificadas segundo a sua capacidade em diminuir o *lead time* de entrega (resposta ao cliente) ou aumentar a possibilidade de customização dos produtos. Na literatura não existe uma relação clara entre sistemas *push/pull* e estratégias *MTO/MTS*. A relação entre os conceitos pode variar dependendo do contexto ou perspetiva teórica adotada. (Womack & Jones, 1996) sugere uma associação entre um sistema *pull* e uma abordagem *MTS* ou um sistema *push* e uma abordagem *MTO*. Um sistema puro *MTO* é considerado um sistema *pull* e um sistema puro *MTS*, *push*. (Hopp & Spearman, 2004) defende que não há vinculação entre uma abordagem *push/pull* e uma estratégia *MTO*, *MTS* ou *MTF*, constituindo conceitos que devem ser tratados de forma independente. O autor ainda vai mais longe, dando exemplos de cada uma destas estratégias de produção segundo abordagens *push* e *pull*. Na sua visão, o fator que determina um sistema tático em *pull* é o nível de limitação do *WIP* e faz a classificação dos sistemas de produção mais comuns encontrados na literatura, com base neste critério.

Um sistema de produção baseado em *pull*, que é determinístico e assegura a precisão da informação, é considerado o cenário ideal em comparação com um sistema de *push*, que é estocástico e caracterizado pela sua incerteza. No entanto, na prática, eventos futuros tendem a ser estocásticos, tornando o comportamento dos clientes e fornecedores não linear (Wu, 2014). Nesse sentido, é fundamental estabelecer uma estratégia e sistema apropriados, que preencha os requisitos necessários de satisfação do cliente em termos de qualidade, custo e entrega (*QCD – Quality, Cost and Delivery*), minimizando os custos totais e maximizando o lucro, garantindo assim a competitividade do negócio em causa (Sammak Jalali et al., 2020).

(Shingo, 2007) referiu que eliminar o desperdício óbvio é algo amplamente reconhecido nas práticas *Lean*. No entanto, destaca que em muitas implementações, esse foco restrito da análise não aborda a raiz do problema e considera importante ir além da eliminação superficial dos desperdícios. O ponto de partida, comumente referido na literatura, é a eliminação dos sete desperdícios de (Ōno, 1988) e, posteriormente, avançar no sentido de reduzir/eliminar a variabilidade. (Hopp & Spearman, 2004) acrescenta que toda a variabilidade de um sistema de produção vai ser convertida em *buffers* que são criados para compensar a ausência de sincronização nos processos, incertezas ou variações no sistema. Essa variabilidade decorre de fatores internos (tempos de paragem de máquina, flutuações no ritmo de trabalho do operador, retrabalho, entre outros) ou externos (alterações de encomendas pelo cliente, oferta variada para servir o consumidor, flutuações na procura, entre outros).

Nesse sentido, os sistemas híbridos nascem dessa compreensão de que não se trata apenas de escolher entre abordagens *push* ou *pull*, mas sim de adotar uma combinação adequada de estratégias que aborde todas as dimensões do problema. Em certos casos, a combinação de elementos de ambas as perspetivas permite lidar com as variabilidades e incertezas, proporcionando um sistema de produção mais eficaz e resiliente.

2.2. Análise comparativa de metodologias de gestão da produção

Ao abordar problemas na gestão da cadeia de abastecimento deve-se considerar várias dimensões que podem afetar o seu desempenho e constituem todo o sistema produtivo. No entanto, a eficiência de um sistema é limitada pelo seu recurso gargalo ou com restrição de capacidade (RRC). Nesse sentido, torna-se difícil ir ao encontro dos requisitos específicos do consumidor se os RRC estiverem sobrecarregados. Portanto, é fundamental encontrar uma solução que possibilite agendar as tarefas de forma eficiente em todo o sistema, limitando o número de tarefas ativas e melhorando a previsibilidade e estabilidade do fluxo de trabalho (Buchmeister et al., 2019). As metodologias *MRP*, *JIT* e *TOC*, bem como os respetivos sistemas de gestão da produção, são comumente abordados na literatura e representam modelos de planeamento em *push*, *pull* ou híbridos, respetivamente.

A Teoria das Restrições (*TOC*) evoluiu de uma técnica de planeamento para se tornar numa abordagem de gestão abrangente que se apoia na premissa de que cada decisão tomada dentro de uma organização deve ser avaliada com base no seu impacto global, sendo que as suas ações e decisões devem ser orientadas para aumentar a eficiência e desempenho global do sistema. A sua metodologia consiste em identificar os gargalos do sistema, explorar esse constrangimento e subordinar todo o sistema a essa decisão, sem permitir que seja criada outra restrição por inércia (Goldratt, 1990). O *TOC*, quando comparado com outros modelos, não se foca apenas em métricas operacionais e enfatiza que a otimização do fluxo produtivo permite impulsionar o desempenho financeiro da organização. Através da gestão eficiente dos RRC é possível aumentar o fluxo de bens ou serviços resultando em maior rentabilidade para a empresa.

(Goldratt, 1990) destaca ainda a progressão das metodologias de planeamento e controlo de produção ao longo do tempo, considerando que não se encontram totalmente desenvolvidas e, do ponto de vista da ciência, passam por três fases distintas de classificação, correlação e efeito-causa-efeito. O *MRP* teve um contributo ao nível da classificação, estabelecendo uma linguagem básica, organizando os dados e introduzindo conceitos básicos de planeamento de produção. Os sistemas *JIT* representam a fase de correlação, fornecendo procedimentos que permitem fazer previsões práticas, por exemplo, dimensionar recursos com base no *WIP*. Por fim, numa fase efeito-causa-efeito, surge o *TOC* que defende que as medições de inventário, *throughput* e despesas operacionais podem medir o objetivo de uma organização e as restantes decisões derivam de forma lógica dessas medidas.

A Tabela 2 evidencia as principais conclusões retiradas na análise individual e artigos de comparação entre as diferentes abordagens. Um sistema *MRP* permite um planeamento antecipado e produção em massa para níveis médios de *stock*. No entanto, não apresenta flexibilidade a alterações. Um sistema *Kanban* permite reduzir os níveis de inventário e custos dos mesmos, mas requer fluxos de informação/materiais bem estabelecidos e colaboração entre a equipa. Por sua vez, o *TOC* foca-se no elemento gargalo do sistema, direcionando todos os esforços nesse sentido, mas não garante o equilíbrio e harmonização do sistema entre a área gargalo e as restantes.

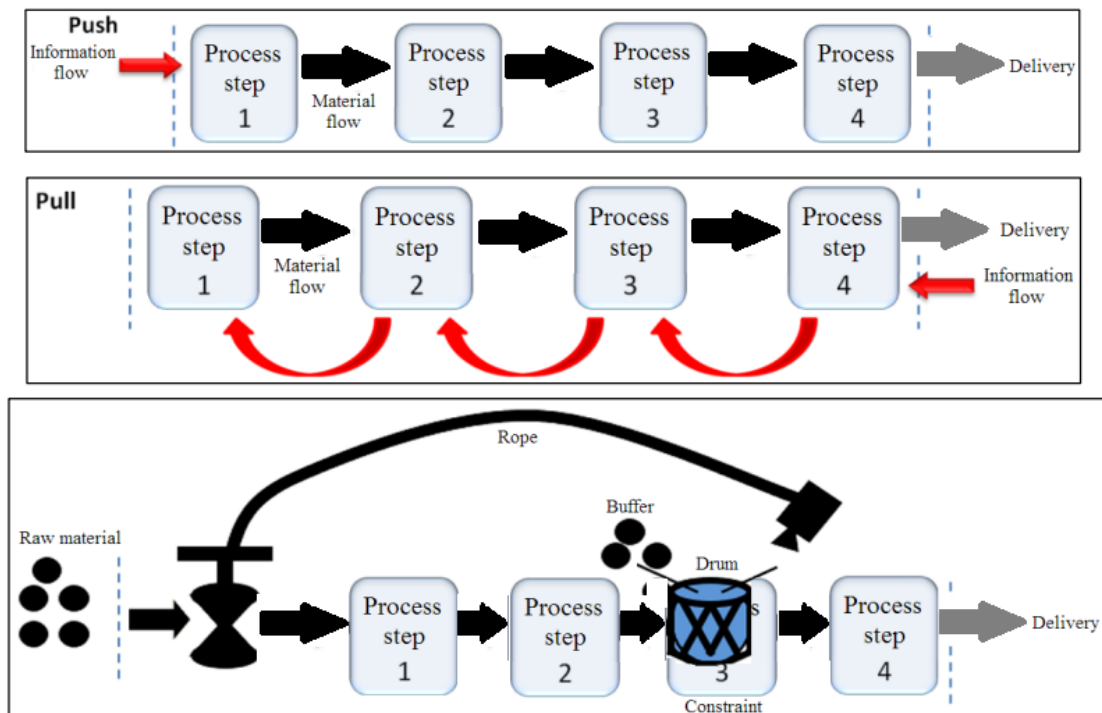


Figura 2- Distinção entre abordagens *Push*, *Pull* e *TOC* ao nível dos fluxos de materiais e informação

(Goldratt & Cox, 2004) refere-se ao *Kanban* e *TOC* como métodos efetivos para melhorar o *throughput* de um sistema. (Buchmeister et al., 2019) acrescenta que ambas as abordagens demonstram maior estabilidade e um tempo de conclusão de tarefas inferior, quando comparadas com o método tradicional *MRP*. Além disso, no estudo comparativo conduzido, o número de tarefas ativas era inferior em *Kanban* e *TOC*. Apesar de o método *push* demonstrar maior produtividade dos recursos, apresentava um nível alto de *stock* nos recursos com restrições (RRC) e um tempo de conclusão de tarefa mais longo. Nesse sentido, apesar do nível de eficiência obtida na utilização dos recursos, importa controlar o nível de tarefas ativas e acumulação de *stock*. (Gupta & Snyder, 2009) propõe que os princípios *TOC* podem ser integrados noutras metodologias, como passo intermédio até que os processos sejam otimizados e a variabilidade do sistema seja controlada.

Conclui-se que metodologias baseadas em *push* aplicam-se melhor a situações de procura estável e previsível, especialmente em indústrias com alto volume e repetibilidade nos processos. Por outro lado, abordagens do tipo *pull* lidam eficazmente com a variabilidade até certo nível, enfatizando a otimização do fluxo de materiais e informações. O modelo *TOC* é útil na presença de um ponto de estrangulamento no processo de fabrico e pretende otimizá-lo para que a produção flua suavemente. Além disso, serve como complemento a cada um dos sistemas anteriormente mencionados, conferindo uma dimensão económica que relaciona as alterações do sistema com os resultados financeiros. Um sistema com grande variedade de referências e incerteza na procura deve seguir um planeamento de trabalho por carga. A fim de esclarecer quando optar por um modelo de controlo de carga em todas as máquinas ou com foco no gargalo, (Costa et al., 2023) conduziu um estudo que mediu o desempenho de ambos através do tempo médio de espera, tempo médio de processamento, atraso médio no pedido e utilização da capacidade. O método de maximização da utilização do gargalo apresenta vantagens quando o mesmo se encontra localizado na primeira estação, permitindo reduzir o tempo de espera. Em contrapartida, quando o gargalo está localizado numa estação central, a abordagem baseada em fluxo contínuo, através de um planeamento por carga, pode ser mais eficaz para controlar a produção e reduzir tempos de espera.

Tabela 2- Revisão da literatura e comparação entre abordagens do tipo *Push*, *Pull* ou Híbridas

Princípio	Tipo de estratégia	Metodologia adotada	Custos	Pressupostos	Aplicabilidade	Requisitos	Objetivos	Problemas	Fonte(s)
Balancar a capacidade	Push	MRP	Ênfase no aproveitamento das economias de escala.	- Procura precisa. - Identificação correta de materiais e quantidades necessárias à produção - Volume elevado de dados de entrada	- Produtos com previsibilidade na procura. - Aceitável para procura variável. - Ampla gama de produtos (com vários níveis de complexidade) - Qualquer nível de procura. Produção em massa permite aproveitamento de economias de escala.	- Requer sistemas de comunicação formais. - Atualização constante das necessidades, para evitar o efeito chicote.	- Gerar registos de produção precisos, reduzir o nível de stock e aumentar o nível de serviço ao cliente.	- As interrupções menores no agendamento implicam que haja uma revisão completa do planeamento. - Para produções em lote, elevado risco de aparecimento de defeitos.	(Aggarwal, 1985); (Buchmeister et al., 2019); (Bozarth et al., 2007); (Gupta & Snyder, 2009)
Balancar o fluxo de materiais em todo o sistema.	Pull	Kanban, JIT	Redução dos custos fixos e variáveis como meio de aumentar o lucro.	- Não há produção acima da procura real. - Os fornecedores têm alta capacidade de resposta e um índice de qualidade elevado. - Minimização do tamanho de lote.	- Produtos com pouca previsibilidade na procura. - Estabilidade e repetibilidade da procura preferível. - Oferta de produtos mistos aos clientes em pequenos lotes (preferível que haja padronização até determinado ponto).	- Redimensionamento dos recursos de acordo com a procura real. - Planeamento recorrente, para horizontes temporais curtos. - Abastecimento frequente, em pequenos lotes e cumprimento do fornecedor.	- Reduzir o desperdício ao longo do processo. - Eliminar ou reduzir o WIP para um valor mínimo. - Reduzir o lead time. - Atingir uma produção baseada na procura real, com baixo custo e alta qualidade.	- Sensibilidade a flutuações de carga: tolerância limitada a flutuações de carga superiores a +/- 10%. - O fluxo de produção eficiente não é garantido se houverem revisões constantes no plano de produção.	(Aggarwal, 1985); (Buchmeister et al., 2019); (Bozarth et al., 2007); (Gupta & Snyder, 2009); (Bozarth et al., 2007) (Utiyama & Godinho Filho, 2013)
Balancar o fluxo de materiais, sem comprometer o fluxo para a restrição.	Híbrido	TOC, DBR (Drum-Buffer-Rope)	Ênfase no aumento do throughput (foco na restrição). Redução dos custos é secundária, pois tem um ponto de diminuição nos retornos (rendimentos decrescentes).	- Todos os processos são interdependentes. - A performance do sistema é limitada pelo gargalo. - Criação de um <i>buffer</i> em frente ao gargalo. - Maximização do lote no gargalo.	- Sistemas com pelo menos uma restrição. - Aceitável para procura variável e não previsível. - Grau aceitável de complexidade e baixa similaridade tecnológica.	- Recolha de inúmeros dados que caracterizam o sistema de produção. - Alinhamento das práticas de gestão com os princípios de escalonamento de produção, por exemplo, alternar paragens planeadas. - Atualização constante da estrutura de custos da empresa, de modo a refletir custos operacionais e de stock envolvidos nas operações.	- Reduzir o desperdício no ponto de estrangulamento, para gerar valor imediato. - Maximizar o uso dos recursos críticos. - Minimizar o WIP. - Reduzir os <i>lead times</i> ou <i>throughput times</i>. - Dimensionar recursos de acordo com a procura real.	- Se os dados de produção forem imprecisos, gera um planeamento pouco preciso.	(Aggarwal, 1985); (Buchmeister et al., 2019); (Bozarth et al., 2007); (Gupta & Snyder, 2009); (Golmohammadi, 2015); (Rahmani et al., 2010); (Utiyama & Godinho Filho, 2013)

2.3. TFM - Total Flow Management

A implementação de um fluxo eficaz em toda a cadeia de produção é essencial para garantir que a informação e os materiais fluam de maneira eficiente.

Total Flow Management (TFM) baseia-se em princípios e técnicas de melhoria contínua que procuram otimizar todos os fluxos numa cadeia de valor, nomeadamente ao nível das logísticas de produção, interna e externa.

O foco na otimização global, através da sincronização e coordenação de todos os fluxos ao longo da cadeia de abastecimento, permite reduzir ou eliminar atividades que não acrescentem valor, minimizar desperdícios de recursos ou tempo e atingir a excelência operacional. Enquanto as metodologias pull estudadas anteriormente (*JIT*, *Kanban*), se concentram principalmente na sincronização do fluxo de produção, com *lead time* e *níveis de stock* reduzidos, o *TFM* vai mais além garantindo a fluidez contínua ao longo de todo o processo, considerando fatores como a disponibilidade dos equipamentos, redução de tempos de inatividade ou atenção à manutenção dos equipamentos. Dessa forma, promove não só o fluxo contínuo de materiais, mas também o desempenho geral do sistema produtivo.

O *TFM* propõe que numa cadeia de abastecimento existam três ciclos logísticos principais, por onde a informação e os materiais fluem (Coimbra, 2013). Identificar esses “ciclos” em cada tipo de empresa permite localizar onde reside a complexidade de uma determinada cadeia de abastecimento e facilitar a implementação de um fluxo de produção “pull”. Por exemplo, numa empresa metalomecânica que produz várias referências distintas a partir de um mesmo produto intermediário, a complexidade pode residir no ciclo produtivo de obtenção do produto final.

2.4. Os principais ciclos logísticos

(Coimbra, 2013) refere que todas as cadeias de abastecimento podem ser agrupadas em três ciclos logísticos principais: o ciclo de recolha de mercadorias (produto acabado), o ciclo produtivo até a obtenção do produto acabado e o ciclo de recolha de matéria-prima para obtenção do produto final principal.

O ciclo logístico de recolha de mercadorias compreende a decisão de compra do consumidor final, a ordem de encomenda, a gestão do inventário, a seleção de artigos, o embalamento, a expedição ao consumidor final, a verificação e encaminhamento para uma secção ou zona de saída, sendo fundamental compreender e otimizar todas as etapas, incluindo o cálculo do ponto de reposição, a fim de implementar melhorias no fluxo logístico e evitar tempos de espera ou falta de disponibilidade para preparação de encomendas.

O ciclo logístico de produção depende da estratégia adotada pela empresa para atender à procura do mercado. Essa escolha geralmente relaciona-se com a variabilidade existente na procura, tempo de produção, nível de customização, dimensão de encomendas, entre outros. Além da definição da estratégia de produção para cada referência, existem outras considerações que podem influenciar o fluxo de produção e logística interna, como o tamanho mínimo de lote das ordens de produção, taxas de defeitos, disponibilidade de máquinas, frequência de movimentações sem valor acrescentado e disponibilidade de recursos.

O ciclo logístico de recolha de matérias-primas refere-se ao abastecimento de materiais para o processamento ou montagem de componentes. Inclui toda a movimentação das matérias-primas e o planeamento da produção com base nos pedidos dos consumidores. É comparável ao ciclo logístico de recolha de produto acabado, no entanto, pode acrescer a dificuldade de existir maior variabilidade de componentes. No entanto, o planeamento e escalonamento do trabalho podem ser facilitados com a implementação de indicadores de reposição do consumo de matéria-prima (eletrónicos ou físicos).

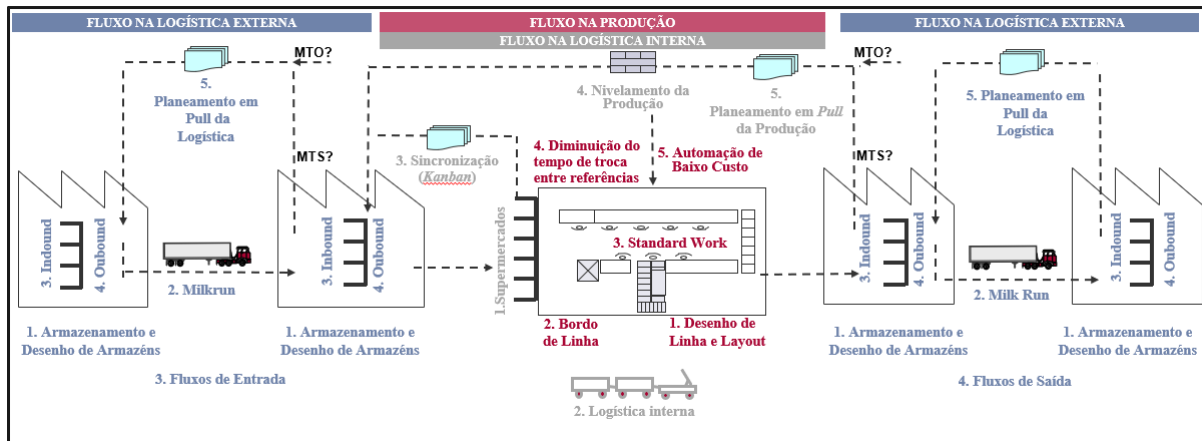


Figura 3- Esquema geral com as iniciativas de criação de fluxo ao nível da produção e logísticas interna ou externa

(Prajogo et al., 2016) considera que a integração da logística interna de abastecimento é um fator-chave para o desempenho competitivo das empresas. Através da colaboração e cooperação entre as empresas e parceiros na cadeia de abastecimento, a integração logística pode resultar em vantagens competitivas, como aprimoramento na qualidade dos produtos, tempo de resposta mais ágil, redução de custos e maior eficiência operacional. A integração logística permite que as empresas trabalhem de forma conjunta, compartilhando informações e materiais de maneira eficiente, sem a necessidade de integração vertical física tradicional. Além disso, a otimização dos processos de logística interna, com foco na criação de fluxo, pode potenciar os benefícios da integração logística e contribuir para um melhor desempenho competitivo.

Nesse sentido, como comprovado anteriormente, os fluxos logísticos assumem uma relevância preponderante na procura de melhorias na produção, logística interna e logística externa numa cadeia de abastecimento. A eficiência operacional e a eliminação de desperdícios são objetivos finais que podem ser alcançados por meio da otimização dos fluxos logísticos.

2.4.1. Mapeamento da cadeia de valor

(Dadashnejad & Valmohammadi, 2018) defendem o mapeamento do fluxo de valor (*Value Stream Mapping*) como uma ferramenta útil para visualizar todas as atividades necessárias para entregar um produto ao cliente. Este fluxo inclui tanto as atividades que agregam valor, assim como aquelas que não acrescentam valor ao produto final, visto que as últimas também consomem recursos ao longo do processo. Esta análise ajuda a identificar as fraquezas e respetivas oportunidades de melhoria ao longo do processo produtivo, revelando as barreiras que bloqueiam a criação de um fluxo contínuo de materiais (Rother & Shook, 2003).

2.4.2. A criação de fluxo ao nível da produção

A criação de um fluxo de produção eficiente permite à empresa otimizar processos, reduzir ineficiências e aprimorar a qualidade do produto oferecido, a fim de alcançar maior competitividade no mercado.

A implementação de mudanças físicas como estratégia inicial permite que os operadores se adaptem gradualmente às novas condições e identifiquem novas formas de trabalhar. Incutir-lhes o sentimento de inclusão e mostrar-lhes resultados positivos num curto período aumenta a aceitação do novo paradigma de trabalho e apoio à nova abordagem de produção.

De seguida, descrevem-se algumas das principais estratégias aplicadas para a criação de um fluxo contínuo de produção, com a flexibilidade necessária:

- **Desenho de linha e layout:** O desenho e configuração do *layout* das linhas de produção desempenha um papel crucial na eficiência global, otimizando o fluxo de materiais e

eliminando os procedimentos sem valor acrescentado. Diferentes tipos de desenhos de linha podem ser utilizados, dependendo do tipo de produto, volume de produção, *layout* do local de produção e tecnologia disponível.

A criação de fluxo contínuo no desenho das linhas é alcançada por meio da sequência dos processos e da posição dos trabalhadores na linha. O custo unitário de valor acrescentado é calculado com base no tempo de vida do produto, incluindo investimento, mão de obra e despesas relacionadas com o equipamento.

A duplicação de linhas requer investimento em automação e análise de retorno do investimento (*ROI*). Em caso de incerteza na procura, a implementação de várias linhas de produção ou a replicação de pequenas linhas oferece maior flexibilidade. *Layouts* em ilha ou formato em U permitem a execução simultânea de várias tarefas e proporcionam maior visibilidade sobre o estado das mesmas.

Essencialmente, criam-se as condições para que se direcione grande parte do tempo para atividades de valor acrescentado, com tempos de ciclo menores.

- **Dedicação de linhas de produção:** Nos casos em que existe uma enorme variabilidade de referências é possível melhorar o fluxo produtivo através da dedicação de linhas. Existem várias técnicas de classificação de produto que variam de acordo com o objetivo da análise (Scholz-Reiter et al., 2012). A técnica de análise *ABC* (*activity-based costing*) é uma das principais ferramentas utilizadas, agrupando os itens em diferentes classes (A, B ou C), a fim de identificar quais são os que possuem maior importância, de acordo com o seu volume de negócio. (Stojanović & Regodić, 2017) defende que, apesar de a análise *ABC* ser a técnica mais utilizada, deve ser combinada com uma análise *XYZ* para que as suas limitações sejam contornadas. A análise *XYZ* classifica os materiais de acordo com a sua frequência de uso, não se baseando apenas no seu valor económico. (Richards, 2014) propõe uma análise de quantidade e de frequência das vendas. Além disso, afirma que entender a análise *ABC* começa por entender o princípio da Lei de *Pareto* 80/20, que estabelece que 80% dos efeitos são causados por 20% das causas. Apesar de se tratar de uma generalização, esta abordagem permite identificar e priorizar os itens, neste caso, referências mais significativas, permitindo que lhes sejam dedicados os recursos mais adequados.
- **Implementação de bordos de linha:** A implementação de bordos de linha pretende reduzir a necessidade de movimentação desnecessária de materiais e produtos na linha de produção. O bordo de linha é a interface de contacto entre a tarefa produtiva e a logística interna. A sua conceção deve considerar a natureza dos materiais utilizados, a variedade de referências necessárias, as características do local e autonomia do consumo. O material deve ser disponibilizado de acordo com as necessidades, no tempo correto e num local com acessibilidade. Os dispensadores de materiais pequenos são a opção mais prática e conveniente para criar um bordo de linha eficiente e funcional. O seu posicionamento garante maior ergonomia, com movimentos mais curtos e armazenamento vertical. Dessa forma, minimiza-se o risco de danos e torna-se fácil posicioná-los conforme necessário.
- **Normalização do trabalho:** consiste na elaboração de guias de trabalho para os que garantem uma execução uniforme do trabalho por parte dos operadores. Pretende-se reduzir a variabilidade dos processos e minimizar o desperdício de tempo e recursos. Algumas das críticas associadas a esta prática centram-se na rigidez, falta de adaptabilidade e possíveis impactos negativos na criatividade dos trabalhadores ao lidar com mudanças repentinas. (EL-Khalil et al., 2020) defende que implementação de práticas de gestão *Lean* deve ser realizada de forma sistemática e sequencial, seguindo uma abordagem organizada e integrada entre estabilidade e normalização dos processos. A padronização de processos deve ser integrada com outras estratégias de desenvolvimento social para prevenir a fadiga dos trabalhadores e resultar num melhor

desempenho operacional. É recomendável estimular a colaboração e a partilha de ideias ou boas práticas entre os trabalhadores, criando um ambiente propício à inovação e adaptabilidade dos processos.

- **Redução dos tempos de troca entre referências:** confere flexibilidade ao processo e permite a rápida adaptação a mudanças na procura ou no produto, sem grandes interrupções na produção. A análise *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*) é uma metodologia amplamente utilizada nesse sentido. Analisando detalhadamente todo o processo, identificam-se e eliminam-se as atividades desnecessárias, simplificam-se os procedimentos e listam-se as ferramentas adequadas, reduzindo os tempos.
- **Adoção de automação de baixo custo:** trata-se de uma estratégia eficaz a aplicar em atividades complexas para os operadores, desde que haja uma otimização prévia dos processos. Portanto, é importante avaliar cuidadosamente onde a automação é adequada e contribuirá para a melhoria do fluxo de produção, sem incorrer no erro de automatizar as ineficiências também.

2.4.3. A criação de fluxo ao nível da logística interna

O fluxo de logística interna combina logística e produção em simultâneo. Pretende-se que o sistema de logística interna funcione de acordo com o ritmo de consumo do cliente (*takt time*) e esteja alinhado com o sistema de abastecimento de produtos internamente. Adicionalmente, a informação deve fluir ao longo do processo desde uma ordem de encomenda, à produção e respetiva expedição.

A eficiência da logística interna pode ser melhorada através de diversas metodologias. Entre elas, destacam-se:

- **Planeamento detalhado da produção, seguindo o ritmo de consumo real (*pull-planning*):** Esta metodologia envolve o planeamento da produção com base na procura real dos consumidores. Seguem-se decisões como o dimensionamento da capacidade necessária, definição dos produtos e quantidades a produzir.
- **Implementação de nivelamento da produção:** Esta abordagem consiste em equilibrar o fluxo de produção ao longo do tempo, principalmente para os processos que têm um impacto significativo no ritmo de produção da empresa. Existem várias estratégias para realizar o nivelamento de produção, como ajustar o *mix* de produtos, definir buffers de produção ou redimensionar os recursos de acordo com a produção planeada. O planeamento deve ser feito tendo em conta um horizonte temporal alargado e distribuindo a carga de trabalho de maneira uniforme ao longo do tempo. Se não houver esta preocupação, as variações bruscas na procura do mercado causam instabilidade e falta de sincronia nas linhas de produção, resultando em *stocks* excessivos ou atrasos nas entregas. O objetivo final é sempre o de equilibrar a capacidade produtiva disponível com a procura de mercado.
- **Sincronismo entre a logística interna e planeamento de produção:** A logística interna e o planeamento da produção são interdependentes na criação de fluxo na indústria. Sem um modelo de planeamento eficaz, a logística interna pode tornar-se desorganizada e caótica, resultando em atrasos na produção, aumento de custos e insatisfação dos clientes. Por outro lado, sem uma logística interna eficiente, o modelo de planeamento pode ser inútil, uma vez que não há garantia de que os recursos e materiais serão disponibilizados na quantidade e momento adequados. É fundamental normalizar as etapas de abastecimento de acordo com os ritmos de consumo das linhas para cada tipo de material. Isso garante que os componentes são fornecidos à linha na quantidade e momento certos, sem sobrecarregar a produção e prevenindo a sobreprodução e o desperdício.

- **Utilização de supermercados:** Esta abordagem procura facilitar e aumentar a eficiência dos processos de abastecimento de materiais necessários. Através da criação de locais de armazenamento estrategicamente posicionados junto das áreas de produção, é possível garantir um fluxo contínuo de abastecimento, evitando a falta ou excesso de materiais, o que pode contribuir para uma operação mais ágil e eficiente.
- **Dimensionamento de recursos para controlo efetivo do volume de trabalho e variação:** As variações no volume de trabalho podem ter um impacto significativo na eficácia e eficiência do processo produtivo, o que pode levar a problemas de capacidade e atraso no produto final. Essas variações podem ser causadas por fatores internos, como mudanças no processo produtivo, ou por fatores externos, como mudanças na procura do mercado. Nesse sentido, é importante que as empresas apliquem métodos e técnicas adequadas de gestão da carga de trabalho, de modo a maximizarem a produtividade e minimizarem os atrasos no processo produtivo. As flutuações na procura existem devido a fatores como sazonalidade, mudanças nos padrões de consumo dos clientes, incertezas do mercado e fatores económicos externos. Para lidar com esta incerteza, existem duas abordagens principais: o dimensionamento da capacidade ou o ajuste do nível de inventário. O dimensionamento da capacidade envolve ajustar os níveis de produção por meio da redução/aumento do número de operadores, adição de turnos de trabalho, investimento em novo equipamento, externalização de tarefas, expansão das instalações, entre outras. Já o ajuste do nível de inventário envolve o nivelamento de encomendas ou de *stocks*, através da avaliação da capacidade dos supermercados e alteração adequada dos prazos de produção e entrega.

2.5. Aplicabilidade de metodologias *lean* na indústria discreta

A Tabela 3 evidencia as principais conclusões retiradas ao analisar literatura recente de metodologias *Lean* aplicadas à indústria de produção discreta.

As principais lacunas de pesquisa identificadas incluem a falta de estudos empíricos sobre a implementação de *Lean Manufacturing* sobretudo em pequenas e médias empresas. Na literatura existem inúmeros estudos que comprovam o impacto positivo que gera a nível de produtividade, qualidade e melhoria de *leadtime*. Contudo, o sucesso da implementação das iniciativas está intrinsecamente ligado a uma série de fatores internos à organização como o seu nível de maturidade e o compromisso das equipas de gestão, os quais, frequentemente, não são devidamente enfatizados na literatura. Além disso, denota-se a necessidade de mais pesquisas sobre a importância do *Lean Manufacturing* no desempenho financeiro das empresas, que reforce a necessidade de adoção deste paradigma de produção em cenários de contenção de custos.

Em contextos caracterizados por incerteza ou redução na procura, há uma lacuna significativa na literatura em relação à gestão eficaz dos recursos e flexibilidade adquirida no chão-de-fábrica, considerando as flutuações da procura. A flexibilidade operacional adquirida aquando de implementações *Lean* é comumente realçada, contudo, existe uma falta de estudos abrangentes que permitam identificar estratégias/práticas adequadas para tirar máximo benefício da flexibilidade operacional, em vários cenários de procura.

Tabela 3- Revisão da literatura sobre a aplicabilidade de metodologias *Lean* na indústria de produção discreta

Tipo de indústria	Objetivo de pesquisa	Metodologias <i>lean</i> adotadas	Resultados (mensurados)	Principais conclusões	Fontes
Indústria automobilística	Descrever a implementação de um sistema de produção em fluxo unitário	-5S; -Desenho de linha; -Balanceamento de linha	-Redução de 40 000 horas de produção numa secção - Economia de 4500 m3 de espaço em ambas as fábricas - Aumento de produtividade em 6% ao longo de 6 meses - Diminuição da taxa de defeitos (sem especificar valor)	- A formação dos operadores permite reduzir variabilidades nos tempos de ciclo dos processos - Produção em lotes não confere visibilidade a defeitos, acarreta maiores taxas de rejeição, compreende tempos de fabrico mais longos e gera mais <i>WIP</i> - Produção em fluxo reduz o transporte de materiais necessário	(Ioana et al., 2020)
Indústria automobilística	Identificar e implementar soluções que permitam aumentar a capacidade e melhorar a qualidade e produtividade de uma linha de produção de cubos de roda	-VSA; -Trabalho normalizado; -5S; -Análise de tempos de perdas; -Gestão Visual;	- Aumento de 121,9% de produtividade em 15 meses de projeto - Aumento de de capacidade para 19 peças por hora, no gargalo - Redução da taxa de defeitos para um patamar abaixo das 15ppm -Balanceamento das linhas reduziu necessidades em 3 operadores, cerca de 21,42%	- Adoção das metodologias <i>Lean</i> permitiu melhorias na segurança, qualidade e produtividade. - Importância das empresas manterem as estratégias de melhoria contínua, enquanto mantêm a alta performance nos processos - Importância de identificar os caminhos críticos no processo produtivo para aplicar melhorias com ferramentas <i>Lean</i> .	(Morales-Méndez & Silva-Rodríguez, 2020)
Indústria de calçado (couro); empresa de dimensão média que terceiriza serviços para exportação	Medir o impacto da metodologia de produção <i>Lean</i> como forma de aumentar a performance produtiva	-VSA; -Kanban; -Crono-análise Takt time	Impactos não mensurados na prática, apenas há desenho de solução	- Sistema <i>kanban</i> permitiu identificar gargalos nas linhas de produção e propor soluções para melhorar o fluxo de trabalho - Análise de processos permitiu identificar fontes de desperdício - Implementação de <i>Lean Manufacturing</i> requer comprometimento de todos os níveis hierárquicos da empresa	(Pentiado Godoy et al., 2018)
Indústria discreta (setor não especificado)	Melhorar o processo produtivo, reduzir o consumo de recursos e obter maior produtividade	-TPM; -TQM; -Integração de metodologias <i>lean</i> com TOC	- Redução do tempo de ciclo em 50%, para o mesmo consumo de matéria-prima - Redução da pegada ecológica em 50% por unidade produzida	- Possibilidade de integrar sustentabilidade de baixo custo, através da redução do tempo de ciclo nos processos (com ferramentas <i>Lean</i>)	(Goyal et al., 2022)

3. Caracterização da situação atual da empresa

O presente capítulo destina-se à definição da visão clara do estado atual da empresa, identificação dos principais desafios e oportunidades de melhoria. Os resultados obtidos nesta fase permitiram formular os objetivos anteriormente apresentados e definir a direção estratégica a tomar no desenho de solução.

Inicialmente, procedeu-se a uma recolha detalhada dos dados relevantes da empresa com a máxima abrangência: a sua estrutura organizacional; número de colaboradores por posição e encargos, recolha de dados alusivos aos principais indicadores, operações, logística e estratégia de produção. De seguida, houve preocupação em compreender totalmente como decorre todo o processo produtivo no terreno. Nesse sentido, realizou-se um mapeamento detalhado dos processos, rotinas e fluxos trabalho, de modo a obter informações precisas e validar os dados recolhidos.

3.1. Breve introdução ao problema

Desde o início da sua atividade a Empresa Cliente tem feito um percurso de crescimento constante. Em 2021, o volume de negócios da empresa atingiu valores nunca alcançados, devido ao pico de procura que se verificou no mercado das bicicletas, em contexto de pandemia. Esta evolução expressiva e consequente cenário promissor de expansão nas vendas criou a necessidade de aumento da capacidade produtiva.

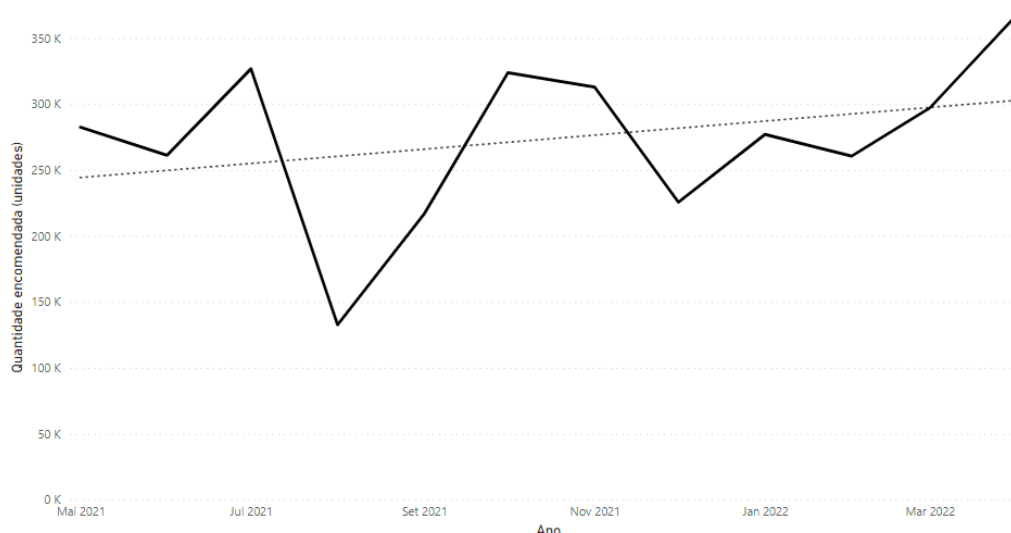


Figura 4- Evolução das vendas da Empresa Cliente, com crescimento acentuado em contexto de pandemia por COVID-19

Uma análise inicial realizada na empresa, baseada em observações no local e recolha de dados históricos, possibilitou a identificação dos principais problemas. Em primeiro lugar, constata-se que a capacidade produtiva é insuficiente para atender à procura atual. Além disso, os tempos de espera para novas encomendas estão a aumentar, o que afeta negativamente o nível de serviço. Outra questão identificada foi a acumulação excessiva de stock intermédio (WIP), *leadtimes* de produção elevados, decorrentes do uso de *layouts* funcionais que geram movimentações sem valor agregado. A existência de uma baixa eficiência global dos equipamentos (OEE) nas etapas iniciais de produção (processos de calandragem e furação) devido a avarias e tempos de *setup* elevados. Além disso, verifica-se uma taxa elevada de produto acabado que não atende aos padrões de qualidade estabelecidos.

No entanto, entre a fase de diagnóstico e início do projeto houve uma alteração significativa no panorama do mercado. Anteriormente, a procura era superior à capacidade, contudo, registou-se uma diminuição drástica. Como resultado, deparamo-nos com um novo

problema, visto que a empresa não dispõe de ferramentas ou processos capazes de responder a essas necessidades.

Percebeu-se que o modelo de planeamento identificado até então não era suficiente para atender a esta necessidade, tornando-se imprescindível o desenvolvimento de uma nova abordagem que permita ajustar os recursos disponíveis à realidade de um mercado cada vez mais volátil, para que a empresa se adapte rapidamente.

3.2. O processo produtivo

A atividade da empresa insere-se na indústria de produção discreta, com uma dependência moderada dos equipamentos produtivos e elevado recurso a mão-de-obra. Todos os aros obtidos partem da mesma matéria-prima, neste caso, o alumínio. Posteriormente, poderão sofrer tratamentos diferentes de anodização ou pintura e serem personalizados na fase das decorações finais. Todas as etapas se executam na mesma unidade industrial e os estágios principais são descritos de seguida, pela sua ordem:

- **Calandragem** – o perfil de alumínio é deformado e cortado, resultando na obtenção de três aros que são, posteriormente, fechados com pernos por efeitos de pressão mecânica. Este processo permite obter aros de diferentes diâmetros e espessuras. A fábrica dispõe de versões automatizadas e manuais para esta tarefa. As máquinas automatizadas apresentam baixa fiabilidade, elevada taxa de falhas e, caso haja uma falha, as tarefas da calandragem na íntegra ficam comprometidas.
- **Furação** – este processo consiste em perfurar orifícios nos aros, geralmente em posições específicas, onde os raios conectam o aro ao cubo da roda. Este processo pode ser realizado manualmente ou por máquinas automatizadas, que garantem maior precisão. O tamanho e forma dos orifícios variam de acordo com a especificação da bicicleta, geralmente seguindo um padrão de furação pré-estabelecido, por exemplo, a distribuição pode ser uniforme ou em grupos de dois a dois ou quatro a quatro.
- **Lavagem e pintura** – o processo inicia-se com a lavagem prévia dos aros, através de um processo abrasivo com jatos que prepara a superfície para receber a tinta. Seguidamente, os aros são suspensos em ganchos ou em cabides e levados para uma cabine de pintura, onde a tinta é aplicada por meio de uma pistola de pulverização. Após a aplicação da tinta, os aros são encaminhados para uma estufa de secagem a 210°C, com duração de trinta minutos.
- **Cravação** – a primeira etapa crucial neste processo é a inspeção e limpeza do aro, para evitar elementos que possam afetar a cravação ou resultar num aro não conforme que, posteriormente, não pode ser reaproveitado. A cravação do aro é feita numa máquina e poderá haver aplicação de ilhoses distintos, consoante as especificações da referência.
- **Limpeza** – processo de limpeza manual dos aros com esponja, pano ou diluente. Este passo permite remover partículas ou gorduras prevalentes dos estágios anteriores e facilitar a aplicação de autocolantes ou outros tipos de acabamentos.
- **Colagem Autocolantes** – as decorações, através da aplicação de autocolantes, consistem na última etapa na conceção do aro. Representam uma etapa de diferenciação de produto, variam entre clientes ou marcas, originando referências distintas.
- **Plastificação e embalagem de producto acabado** - processos finais que permitem proteger os aros de desgaste durante o manuseio ou transporte e garantir a integridade dos produtos acabados até chegarem ao cliente final.

As fases principais e comuns a todos os aros são a calandragem e furação. De seguida, o aro poderá ser pintado ou sofrer o processo de lavagem, caso o seu acabamento seja anodizado. Os aros anodizados representam a maioria, cerca de 61%, do volume de aros produzidos e os aros pintados os restantes 39% da produção. Além disso, dependendo das especificações da

encomenda, existem estágios intermédios não descritos anteriormente. Cerca de 3% do produto intermédio pode ser sujeito a maquinação após furação, que garante a precisão do acabamento do aro, para melhorar a sua qualidade e durabilidade. Adicionalmente, dependendo da sua decoração ao nível dos acabamentos, é possível que haja o processo de tampografia, que consiste numa técnica de impressão de informações na sua superfície. Neste último caso, os aros não passam pela colagem de autocolantes.

3.3. Mapeamento do fluxo de valor

3.3.1. Análise de fluxo de material

O seguinte esquema permite evidenciar o fluxo de material inicial na produção de aros, assim como as etapas de transporte e stock intermédio, no paradigma de produção inicial. A empresa apresentava um *layout* funcional, onde os equipamentos eram organizados por processo produtivo. Os produtos sofriam transformações em várias áreas em simultâneo. A Figura 5 representa uma visão macro generalizada do fluxo de aros principal, com vários pontos de material parado entre operações. No Anexo A ainda é mais evidente a existência de vários pontos de acumulação de produto em transformação (*stock*) e entre esses pontos existem várias pequenas e micro movimentações.

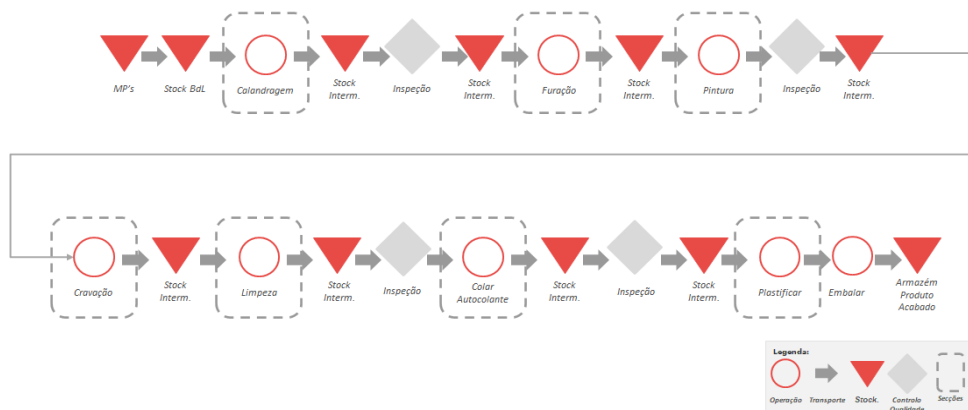


Figura 5- Visão macro do fluxo de aros principal

Nesse sentido, pretendeu-se investigar aprofundadamente o nível de stock intermédio entre processos, obtendo-se os resultados para o *WIP* número de horas de trabalho equivalentes (Figura 6) ou em unidades (Figura 7), revelando-se significativo entre secções.

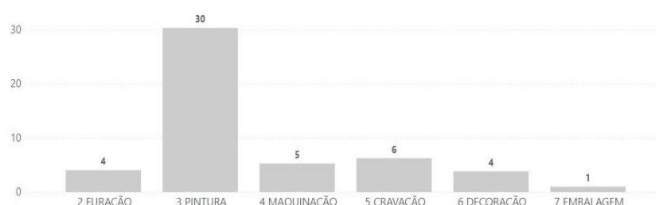


Figura 6- Estimativa de *WIP* (work-in-progress), em horas trabalhadas, por secção

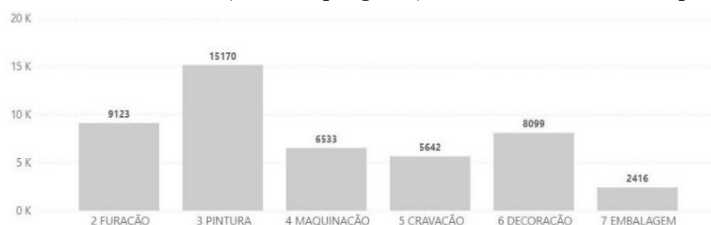


Figura 7- Estimativa do *WIP* (Work-In-Progress), em unidades por secção

Verifica-se que há um problema de dessincronização dos processos, acumulação excessiva de *stock* e dificuldades em criar um fluxo contínuo devido à presença de gargalos.

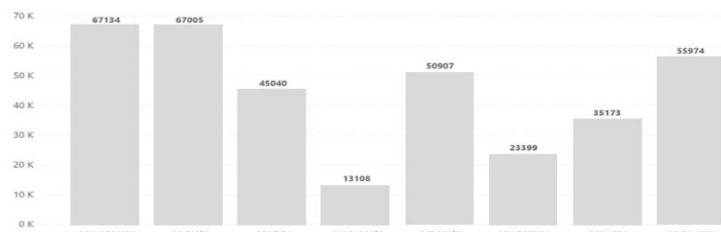


Figura 8- Volume médio de produção de aros, em unidades, por secção, para o período de 11 meses (entre Jan22-Dez22)

Além disso, analisando a Figura 8 observam-se discrepâncias no volume médio produzido em cada um das secções nos doze meses que antecederam o início do projeto, entre janeiro de 2022 e dezembro 2022, no entanto, reforça-se que os aros não têm necessariamente de completar todos os estágios analisados. Com base no exposto anteriormente, pretende-se avaliar as etapas do processo e identificar os gargalos específicos através da análise de capacidade, tempos de *setup*, distribuição de carga de trabalho ou outros fatores que possam estar a interromper o fluxo de produção.

3.3.2. Análise de produtividade dos recursos humanos

Todas as atividades que não acrescentem valor para o produto final são consideradas desperdício (Bhamu & Singh Sangwan, 2014). (Ōno, 1988) reconhece sete tipos de desperdícios principais: movimentações de pessoas e materiais, esperas de pessoas ou materiais, sobreprodução, sobreprocessamento ou defeitos. Na

Tabela 4 resume-se as conclusões obtidas em observações no terreno. Nos resultados é notória a existência de movimentações que não agregam valor em várias secções devido à falta de separação entre o trabalho logístico e produção. Além disso, verificam-se ineficiências no processo ao nível da movimentação excessiva dos materiais entre pontos intermédios, espera de material pelos operadores ou surgimento de defeitos. Nesse sentido, aprofundou-se a análise para a eficiência dos equipamentos no seguinte capítulo.

Tabela 4-Resumo da análise de valor acrescentado por secção

Tipo de desperdício	Calandragem	Furação	Cravação	Tampografia	Limpeza	Colagem Autocolantes
Espera de materiais	- Excesso de WIP (Work In Process) entre postos e entre secções - Calandragem com cola (mais demorada) com um aumento não controlado de WIP	- Excesso de WIP (Work In Process) entre postos e entre secções	- Excesso de WIP (Work In Process) entre postos e entre secções	- Excesso de WIP (Work In Process) entre postos e entre secções	- Excesso de WIP (Work In Process) entre postos e entre secções	- Excesso de WIP (Work In Process) entre postos e entre secções
Espera de pessoas	- Falta de separação entre tempos de ciclo homem e máquina	- Falta de separação entre tempos de ciclo homem e máquina	- Ineficiente comunicação entre operadores - Falta de separação de tempos de ciclo homem e máquina	- Ineficiente comunicação entre operadores - Falta de separação de tempos de ciclo homem e máquina	- Ineficiente comunicação entre operadores	- Ineficiente comunicação entre operadores
Movimentação de materiais	- Entre pontos de stock intermédio, carros e postos	- Entre pontos de stock intermédio e carros	- Abastecimento desorganizado de componentes - Entre pontos de stock intermédio, carros e postos	- Abastecimento desorganizado de componentes - Entre pontos de stock intermédio, carros e postos	- Abastecimento desorganizado de componentes	- Abastecimento desorganizado de componentes - Entre pontos de stock intermédio, carros e postos
Movimentação de pessoas	- Falta de separação entre trabalho logístico e de produção	- Falta de separação entre trabalho logístico e de produção - Ausência de preparação de materiais para troca de referências	- Falta de separação entre trabalho logístico e de produção	- Falta de separação entre trabalho logístico e de produção	- Falta de separação entre trabalho logístico e de produção	- Falta de separação entre trabalho logístico e de produção
Sobreprodução	- Desbalançamento entre as operações	- Desbalançamento entre as operações	- Desbalançamento entre as operações	- Desbalançamento entre as operações	- Desbalançamento entre as operações	- Desbalançamento entre as operações
Sobre-processamento	- Elevada frequência de afinações de máquina, repetida realização de operações de limpeza e fixagem	- Elevada repetição no alinhamento e afinação de cabeças.	-	-	-	- Dificuldade de retirar autocolante do papel
Defeitos	- Defeitos na colocação de pemos/fechos - Problemas com matéria-prima	- Eventual surgimento de limalhas no orifício do furo	-	-	-	- Adesância do autocolante à superfície do aro
% Atividades valor acrescentado						
	○ Atividades com valor acrescentado ● Atividades sem valor acrescentado					

3.4. Análise de eficiência dos equipamentos

A utilização de indicadores como o *OEE* torna-se uma ferramenta valiosa para avaliar a performance das máquinas na produção de aros de bicicletas. Esta métrica divide o “desempenho” dos equipamentos em três módulos quantificáveis: disponibilidade, desempenho e qualidade. (Baluch et al., 2012) A medição e análise do *OEE* e, conseqüente, identificação de perdas é essencial para melhorar a eficiência operacional a diferentes níveis, desde uma estação de trabalho específica até um setor mais amplo (Ghafoorpoor Yazdi et al., 2018).

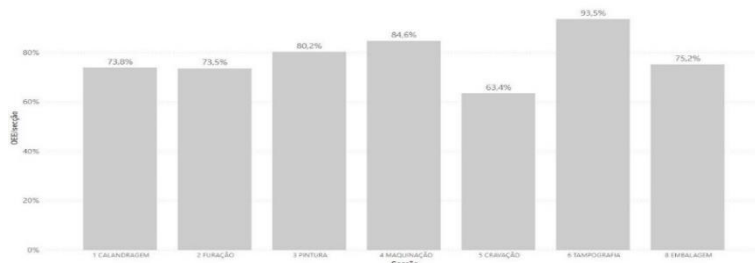


Figura 9- Resumo *OEE* (%) (*Overall-Equipment-Efficiency*), por secção

Na Figura 9 evidenciam-se os resultados obtidos para o *OEE* com base em dados recolhidos nos onze meses que antecederam o projeto (entre janeiro de 2022 e dezembro de 2022). Para o mesmo período, aprofundou-se a análise de qualidade e tempos de paragem para as secções.

Na Figura 10 apresentam-se os resultados obtidos para as secções de calandragem, furação e cravação. O foco centrou-se nas secções em que o tempo de ciclo é mais influenciado pelo tempo máquina. Os tempos de paragens para troca de referências (*setups*) têm um impacto significativo na disponibilidade das máquinas e representam pelo menos metade da frequência de tempos por paragem, em todos os casos: na calandragem representam cerca de metade (51%), furação por brocas (81%) e cravação (82%). Importa salientar que os tempos de *setup* na cravação são, geralmente, curtos quando comparados com o tempo produtivo, cerca de 15 minutos. Isto agrava ainda mais o cenário projetado, devido à sua elevada frequência. A furação por punção é a operação com maior percentagem de tempo de paragens por avarias (38%).

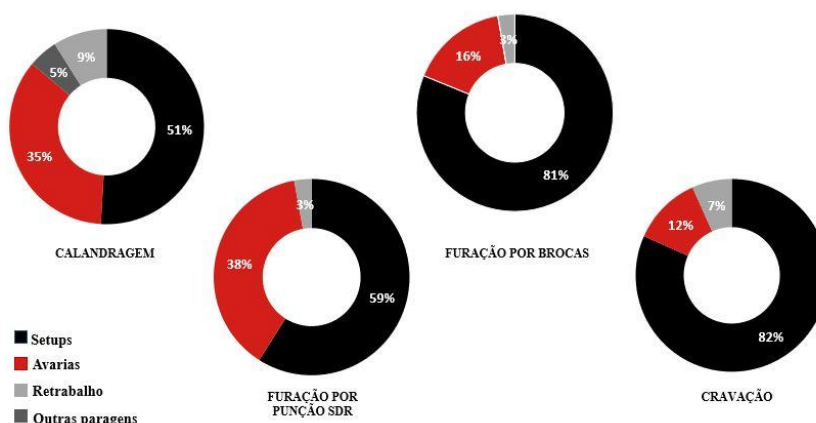


Figura 10- Resumo de tipos de paragens (%), nas etapas de calandragem, furação e cravação, para o período de 11 meses (entre Jan22-Dez22)

Por último, analisando dados de qualidade, estimou-se a sua frequência absoluta e representatividade perante o panorama geral (frequência relativa acumulada (%)) para todos os tipos de inconformidades encontradas no último estágio de produção. Os dois principais defeitos, dureza de calandragem e inconformidades na colocação dos pernos/fechos nos aros, representam mais de metade das inconformidades (cerca de 51%). No entanto, os defeitos

relacionados com a dureza da calandragem devem-se a problemas com a matéria-prima (alumínio), da responsabilidade do fornecedor. Nesses casos, há a devolução da totalidade do valor da matéria-prima, apesar de representar um desperdício de tempo e outros recursos.

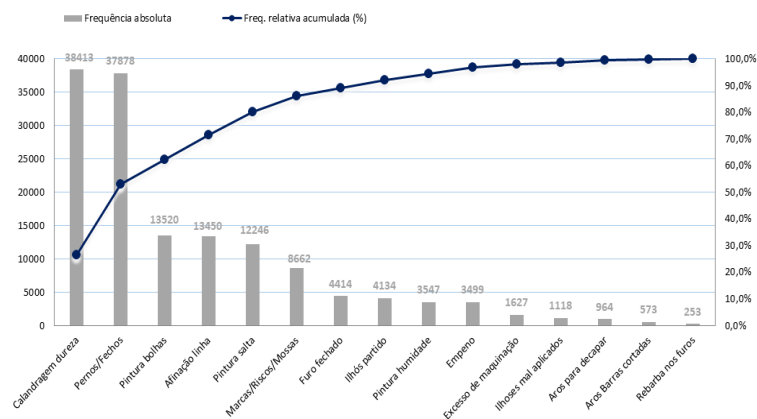


Figura 11- Frequência absoluta e frequência relativa acumulada (%) para cada tipo de inconformidade

3.5. Análises de encomendas e produção

3.5.1. Análise de encomendas e stock de produto acabado

A aplicação da técnica ABC-XYZ na análise das encomendas de aros de bicicletas confere uma compreensão clara do potencial agrupamento de referências de produção nas linhas e suporta a tomada de decisões estratégicas. Pretende-se identificar as encomendas com mais relevância em termos de volume e valor (ABC) e quais as que apresentam maior variabilidade em relação à procura (XYZ).

A análise ABC-XYZ de encomendas e stock de produto acabado aplicou-se a várias secções. Para cada tipo de referência específica, são estimadas a quantidade total encomendada (em unidades de aros) e a frequência das encomendas (em número de semanas). Os dados são ordenados com base no volume encomendado, do maior para o menor. De seguida, calcula-se a frequência relativa, em percentagem, que cada referência representa no volume total de encomendas e respetiva frequência acumulada, seguindo a análise de Pareto.

A classificação é feita de acordo com a quantidade encomendada (A, B, C) e frequência das mesmas (X, Y, Z), com base nos dados para um ano produtivo. Os critérios estão definidos na Tabela 5. As referências cuja frequência de encomendas é superior a quarenta e sete semanas são classificadas como X, evidenciando uma procura estável e previsível. Para o caso de essa frequência de encomendas se situar entre onze a quarenta e sete semanas de encomendas serão classificados com Y. Por fim, caso a frequência de encomendas seja inferior a onze semanas, será do tipo Z.

Tabela 5- Critérios de classificação das encomendas ao nível do volume (A, B, C) e frequência (X, Y, Z) de produção

Classificação	% Acumulada Encomendas	Classificação	Frequência Encomendas (Nº Semanas/Ano)
A	até 80%	X	superior a 47 semanas
B	<95%	Y	entre 11 a 47 semanas
C	<100%	Z	Até 11 semanas

Os cálculos intermédios referidos anteriormente basearam-se nas seguintes equações:

$$Qt(X) < Qt(X - 1) \quad (4.1)$$

$$FreqR(X)(\%) = \frac{Qt(X)}{QtT} * 100 \quad (4.2)$$

$$FreqA(X)(\%) = FreqA(X - 1)(\%) + FreqR(X)(\%) \quad (4.3)$$

Onde:

FreqR(x)(%) é a frequência relativa de encomendas, em percentagem, para uma dada referência X

FreqA(x)(%) é a frequência acumulada de encomendas, em percentagem, para uma dada referência X

Qt(X) é quantidade de encomendas em carteira para uma dada referência X

QtT é quantidade total de encomendas em carteira, considerando todas as referências

Observando os resultados da análise, constata-se que a maioria das encomendas está concentrada em 53 referências (A), que representam 79,8% do volume total de encomendas. Além disso, apenas uma referência (AX) possui encomendas todas as semanas do ano, enquanto 272 referências (CZ) representam apenas 4,4% do volume de encomendas. Outra observação importante é que 14,6% do volume de stock não teve encomendas no último ano. Considerando a cobertura total do stock, verificou-se que é de apenas 0,7 semanas.



Figura 12- Análise ABC-XYZ de encomendas e stock de produto acabado para a produção de aros

3.5.2. Análise de produção por família de produtos

A metodologia seguida assemelha-se à enumerada no subcapítulo anterior e segue os mesmos critérios de classificação dos produtos. Contudo, neste caso, os dados analisados foram as quantidades produzidas por família de produtos e frequência de produção das mesmas.

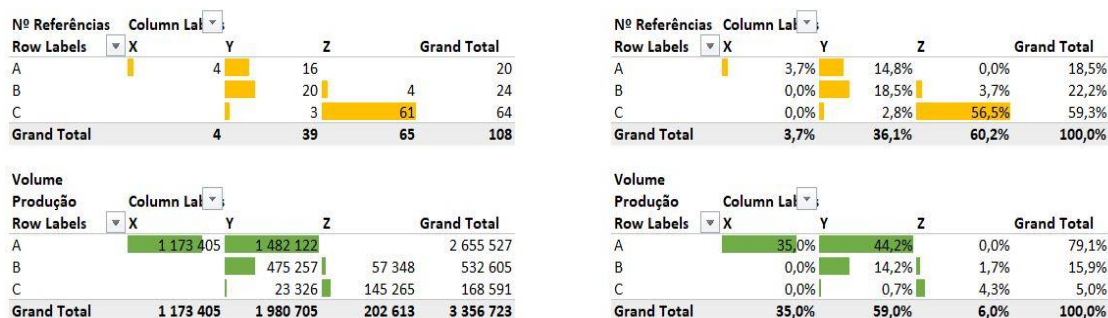


Figura 13- Análise ABC-XYZ de produção por família de produtos, com base no diâmetro e perfil dos aros (exemplo da calandragem)

Nesse contexto, foi estabelecido que uma família de produtos em cada fase englobaria aqueles produtos que não apresentam alterações significativas em cada operação, ou seja, não seriam sujeitos a *setups*. Assim, a classificação ABC e XYZ será atribuída de acordo com a quantidade produzida por família de produtos (%) e frequência de produção (em número de semanas), respetivamente.

A análise de produção por famílias de produtos na calandragem na Figura 13 revela que no último ano passaram pela calandragem 108 famílias em configurações diferentes de diâmetro e perfil. De entre essa variedade, pode-se concluir que há um pequeno grupo, 4 famílias (AX), que representam um grande volume de encomendas (cerca de 79,1%), com encomendas todas as semanas do ano. Por outro lado, há um grande número (61) de famílias (CZ) que representam um volume muito pequeno (4,3%) de encomendas, sendo produzidas em menos de 11 semanas por ano. A mesma abordagem de análise foi aplicada ao processo de furação e cravação, cujos resultados estão visíveis no Anexo C.

3.6. Planeamento de produção

3.6.1. Variabilidade da procura

No decorrer do diagnóstico verificou-se uma instabilidade de mercado decorrente do efeito gargalo e cenário de recessão económica, que tornava o planeamento mais complexo e desafiador. As oscilações na procura ao longo do tempo resultam em picos de produção seguidos por períodos de baixa atividade, levando a problemas de desnivelamento na carga semanal. Essa variabilidade dificulta o processo de dimensionamento das necessidades, planeamento de produção e requer estratégias flexíveis de planeamento para lidar com as oscilações de forma eficiente. A Figura 14 evidencia a existência de desnivelamento de carga semanal. O presente diagnóstico ressalta a necessidade de transitar para um modelo de planeamento que otimize a produção de aros, criando um fluxo contínuo e balanceado.

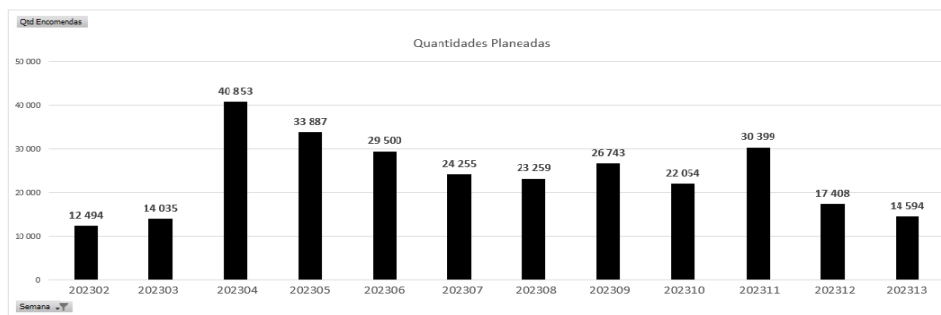


Figura 14- Variabilidade nas quantidades planeadas para produção, em cada semana, antes do desenho de solução

3.6.2. Sistema de planeamento de produção

A Figura 15 descreve o fluxo de informação, desde a receção da encomenda do cliente até ao lançamento da respetiva ordem de fabrico. O esquema evidencia as interações e responsabilidades das diferentes áreas funcionais, ao longo do planeamento de produção.

O cliente envia o pedido de encomenda por e-mail ou telefone à área comercial. Por norma, as encomendas são feitas com uma antecedência de nove semanas e a empresa trabalha, maioritariamente, com retalhistas. A primeira etapa é a inserção da encomenda no sistema, o cliente procede à requisição de produtos e torna-se necessário associar essa requisição às referências dos produtos produzidos internamente e registados no sistema. Nesse momento, a encomenda é registada com o estado “Não Confirmado”, aguardando a validação da mesma nas etapas seguintes.

Posteriormente, o departamento comercial valida as especificações da encomenda, seguindo as normas internas da empresa, isto é, características técnicas ou requisitos adicionais. O objetivo é assegurar que a encomenda está em conformidade com as diretrizes/padrões da empresa. De seguida, o departamento de planeamento realiza verificações adicionais quanto ao tipo de aro, quantidade a produzir e procede a uma análise de carga global. Com base na produção planeada, são comunicadas as necessidades de matéria-prima ao departamento de compras. O tempo de entrega das matérias-primas, desde que é emitido o seu pedido, é de 2 semanas. A aceitação das encomendas não seguia um método robusto e consistia em verificar se havia capacidade disponível para produção na semana planeada ou se havia disponibilidade de matérias-primas. Essa abordagem denota logo fragilidades visto que era fixado um valor de capacidade para todas as secções da empresa de sessenta mil aros por semana. Além disso, não havia uma visão abrangente da capacidade para atender a diferentes pedidos visto que o foco do planeamento era num horizonte curto (semanal) e por secção, sem considerar o fluxo geral do processo.

Após todas as etapas de verificação da encomenda, cuja duração era inferior a um dia útil, era feita a listagem da carga de produção e emissão do plano de cargas para expedição na respetiva semana, atualizando o estado da encomenda para “Confirmada”.

Na fase final do planeamento, após ser lançada a ordem de fabrico, o agrupamento de operações não seguia critérios sólidos, levando a incompatibilidades e ineficiências ao longo da produção. A emissão do plano de produção era feita semanalmente, nas duas semanas que antecediam a data de entrega, e partilhado com as chefias de secção. O sequenciamento de produção era feito de forma individualizada, numa ótica de produção em lotes. O principal critério era o de garantir a máxima ocupação das máquinas. Não havia nivelamento na produção, nem uma perspectiva da carga de trabalho a longo prazo, restringindo-se o horizonte de planeamento à semana atual. A produção não estava balanceada, havia etapas onde se produzia mais ou menos, havendo dessincronização entre a produção e a procura do cliente. Na etapa de acabamentos, a priorização das cargas era feita de acordo com a data de entrega da encomenda e, caso não se cumprisse os tempos de entrega, o nível de importância de cliente.

Por fim, salienta-se que apesar de não haver práticas consistentes de planeamento de produção, esta gestão estava estruturalmente dependente do *layout* existente naquela fase. Os postos de produção estão agregados numa ótica funcional e a cadência de produção num determinado estágio fica limitado ao seu tempo de ciclo específico, tamanho de lote produzido, sem considerar a continuidade do fluxo de trabalho. Esta limitação estrutural será automaticamente contornada com a implementação de alterações físicas no terreno, através da redefinição do layout das linhas e integração de operações.

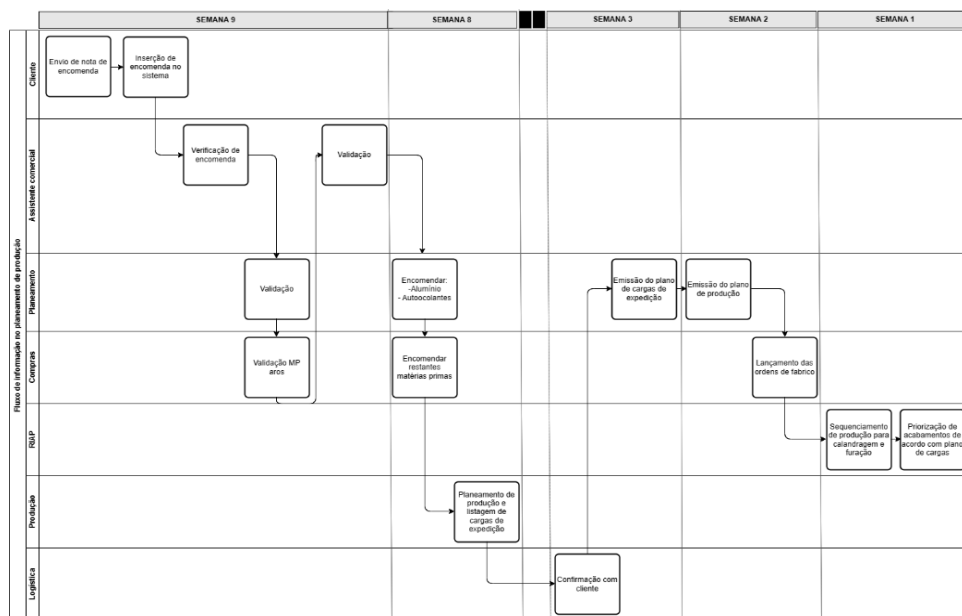


Figura 15- Gráfico swimlane do fluxo de informação, no planeamento de produção

3.7. Apreciação global da situação atual da empresa

Os problemas estão intrinsecamente ligados, e a situação de mercado atual acentuou-os ainda mais devido à falta de sincronização entre a procura e o dimensionamento dos recursos. Resumidamente, não só ao nível de planeamento de produção, também existem outros fatores que impactam negativamente a gestão eficiente dos recursos. Primeiramente, a ausência de uma estratégia clara de execução do planeamento, considerando as restrições existentes, como os tempos de trocas entre referências, resulta em interrupções no fluxo de produção e desperdício de tempo e recursos. A elevada percentagem de tempo gasto em paragens para *setup* destaca a necessidade de uma estratégia que minimize as trocas de referências entre operações. Além disso, o layout funcional da empresa, sem integração de operações, contribui para a existência de vários tempos de ciclo entre postos e dificulta o balanceamento entre as operações. Isso também resulta num aumento no número de movimentações de materiais, tempos de transporte e espera.

A descoordenação entre as diferentes secções da empresa resulta em atrasos na transferência de materiais, interrupções no fluxo de produção e desequilíbrio na carga de trabalho. Essa falta de coordenação é especialmente evidenciada pela elevada quantidade de *stock* intermédio entre postos. Por fim, as oscilações na procura, que levam a necessidades variadas de recursos ao longo do tempo, agravam todos os pontos mencionados anteriormente. Reconhece-se a necessidade de a empresa dispor de uma capacidade de adaptação e flexibilidade para lidar eficazmente com essa imprevisibilidade do mercado.

Nesse sentido, é enfatizada a importância de uma abordagem integrada, que promova mudanças estruturais no chão de fábrica, estabelecendo as bases para a criação de um fluxo de trabalho eficiente e contínuo.

4. Desenho de soluções

Após uma análise detalhada da situação atual da Empresa Cliente e da revisão da literatura relevante, tornou-se evidente a necessidade de implementar um sistema *pull-flow* de produção na indústria de ciclismo, onde o foco incidirá em reduzir as atividades sem valor acrescentado. A empresa em questão sofreu uma redução drástica na procura entre a fase de diagnóstico e implementação. Neste contexto, foi identificada a urgência de implementar uma solução que possibilite ajustar a carga de trabalho e os recursos disponíveis à situação de procura prevalecente e instabilidade do mercado.

4.1. Escolha da secção piloto

As soluções desenhadas são testadas numa linha piloto e, posteriormente, serão validadas e implementadas noutras secções da fábrica de aros.

A secção de acabamentos reúne oportunidades evidentes de melhoria, com uma elevada variabilidade de processos, produção segundo um layout funcional e ausência de balanceamento entre operações, evidente nos tempos de espera dos operadores por material. Contudo, à semelhança dos acabamentos, também se verificou noutras secções altas acumulações de *stock* intermédio e elevada frequência de movimentações de transporte e material.

O fator preponderante na escolha da secção piloto foi o nível de facilidade com que se poderiam implementar mudanças físicas dentro das secções, para o desenho das linhas. A pintura é feita numa estufa com uma infraestrutura de lugar fixo e altamente dependente dos equipamentos. Os processos de calandragem e furação também são altamente dependentes de máquinas de dimensões elevadas, que operam em turnos distintos, devido às diferenças dos tempos de ciclo. De facto, a secção de acabamentos é constituída maioritariamente por tarefas manuais, com maquinaria de pequenas dimensões e facilmente movível nos processos de cravação e tampografia.

Com base no exposto, a secção selecionada para teste foi a de acabamentos.

4.2. Metodologia seguida no desenho de solução

Em primeiro lugar, pretendeu-se criar fluxo na secção de acabamentos e, posteriormente, estender esse fluxo a toda a fábrica de aros através da implementação de um modelo de planeamento em *pull-flow*. O projeto foi dividido em duas fases distintas. Cada fase foi subdividida em duas grandes iniciativas, sendo que em cada uma delas se pretende seguir uma metodologia estruturada de gestão de projetos denominada “Pensamento A3” (método dos 9 passos), onde o último passo consiste em identificar as lições retiradas.

Para efeito de ilustração do que foi anteriormente descrito, apresentam-se de forma pormenorizada os passos que foram seguidos na Figura 16.

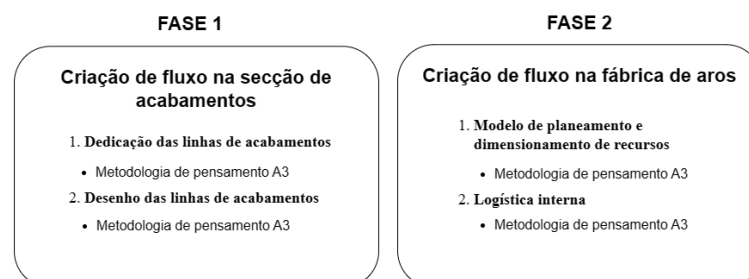


Figura 16- Divisão do projeto em duas fases distintas de criação de fluxo, utilizando a metodologia de gestão (pensamento A3) em cada uma das iniciativas

As iniciativas prioritárias envolvem a criação de fluxo ao nível das linhas de acabamentos e, posteriormente, estender o fluxo à fábrica de aros, através da implementação de um modelo de planeamento em *pull-flow* sincronizado com a logística interna. O modelo de planeamento permite fazer o balanceamento e dedicação das operações através das linhas de acabamentos. A separação do trabalho logístico e sincronização com o modelo de planeamento garante que não há paragens por falta de material. Ciente do tempo disponível para o projeto, as prioridades foram estabelecidas com base nas ações que demonstrem resultados tangíveis no curto prazo e levem toda a equipa a acreditar no potencial da mudança, aumentando a sua moral.

Embora não sejam implementadas imediatamente soluções para análise de paragens por avarias/*setup* ou focadas na melhoria da qualidade, a adoção do método de produção em fluxo permite resolver alguns destes problemas evidenciados no capítulo anterior. Ao reduzir lotes de produção e aumento dos pontos de inspeção, confere-se maior visibilidade aos defeitos que poderiam passar despercebidos seguindo um *layout* funcional, criando um ambiente propício para identificar e corrigir problemas de qualidade de forma mais efetiva. Adicionalmente, ao nível dos tempos de paragens, o desenho e dedicação de linhas sugeridos pela análise ABC-XYZ possibilita a redução dos tempos de trocas entre referências. A integração de operações também confere maior visibilidade às avarias e problemas de qualidade, evidenciando a necessidade de as resolver rapidamente, para dar seguimento ao fluxo de produção na linha. No futuro, há a intenção de investigar as causas raiz destas avarias.

4.3. Desenho e dedicação de linhas de produção

4.3.1. Dedicação de linhas de produção

O processo produtivo da Empresa Cliente apresenta maior variabilidade de referências na etapa final denominada “acabamentos”, onde o produto é decorado e customizado, de acordo com os requisitos do cliente final. Consequentemente, esta etapa está sujeita a maior complexidade e maior frequência de troca entre referências. Perante isto, pretende-se iniciar o desenho e dedicação de linhas a partir dessa etapa, onde as principais referências produzidas (AX), evidenciadas na análise ABC-XYZ anteriormente referida, terão linhas dedicadas à sua produção. Posteriormente, a dedicação de linhas é estendida às etapas anteriores do processo, onde o produto não apresenta tanta diferenciação, de modo a simplificar o planeamento diário, reduzir stocks intermédios e eliminar as atividades sem valor acrescentado. Para as restantes referências, foram avaliados os tempos de *setup* necessários em cada máquina de modo a reduzir o tempo de trocas entre referências e otimizar o balanceamento entre as fases.

De seguida, apresenta-se uma análise detalhada dos passos seguidos no desenho de solução para a dedicação das linhas:

1. Dimensionamento das linhas de acabamentos, com base na procura média:

Inicialmente, foi feito um levantamento detalhado das operações necessárias e dos tempos de ciclo de cada uma delas. Em seguida, foi calculada a procura média semanal de produção de aros para determinar a capacidade de produção necessária. Além disso, foi feito um levantamento da percentagem de procura de aros que passam por cada uma das operações de acabamentos, bem como o número de decorações diferentes necessárias para cada referência de produto (% procura por operação). Com essas informações em mãos foi possível calcular o *takt time* e realizar o pré-dimensionamento do número de linhas necessárias para ir ao encontro da produção de aros necessária e garantir que as metas de produtividade fossem alcançadas. Na Figura 17 evidencia-se uma análise geral efetuada, onde, com base no total de recursos disponíveis, se testaram diferentes cenários de recursos por linha, variando o número de operadores e número de máquinas. Inicialmente, estabeleceu-se uma proporção entre o número de operadores

por número de máquinas, como ponto de partida (22 máquinas / 8 operadores). Com base nesse resultado foi definido um valor inicial para o “Número de Recursos/Linha/Turno”, que. Além disso, o dimensionamento do número de linhas foi realizado considerando o número de linhas teórico e perdas de máquina, avaliadas pelo OEE. Após essa etapa, ocorreu um processo iterativo para dimensionamento dos recursos por linha, em “Número de máquinas” e “Número de operadores”, até atingir uma ocupação em torno de 80%, permitindo uma margem de flexibilidade adequada.

$$NO = \frac{TCH}{TT} \quad (5.1)$$

$$NMsp = \frac{TCM}{TT} \quad (5.2)$$

$$NMcp = \frac{TCM}{TT * OEE} \quad (5.3)$$

Onde:

NO é o número de operadores alocados a cada turno

NMsp é o número de máquinas por turno sem considerar o OEE do equipamento

NMcp é o número de máquinas por turno considerando o OEE do equipamento

TCH é o tempo que o operador despense a concluir uma determinada tarefa a partir do momento em que a iniciou

TCM é o tempo que a máquina demora a executar a operação a partir do momento em que a iniciou

TT é a taxa de produção necessária, em segundos por aro, para atender à procura real

OEE refere-se à eficiência global da máquina de cravação, considerando fatores como disponibilidade desempenho e qualidade

	T. Ciclo Homem	T. Ciclo Máquina	%Procura	Repetições / Aro
Cravação	5	15	76%	
Limpeza c/ Esponja	15		32%	
Limpeza	5		100%	
Inspeção	12		100%	
Tampografia	4		37%	1,2
Autocolante	16		48%	2,4
Total	46	11	0	0

Turnos	1
Tempo Abertura / Semana	37,5 h

Takt Time	2,11 s
-----------	--------

	Operadores	Máquinas
Nº Recursos / Turno	21,7	8,3
Nº Recursos Total	21,7	8,3

Nº Recursos / Linha / Turno	3	100%
-----------------------------	---	------

Nº Linhas Teórico	7,2	5,4
Nº Linhas Teo. Consid. OEE	7,2	8,3

Nº Linhas	10,00
-----------	-------

Ocupação Média	0,7	0,5
Ocupação Média consid. OEE	0,7	0,8

OEE	65%
-----	-----

Procura / Linha	6384,99
-----------------	---------

Figura 17- Dimensionamento geral dos recursos necessários nas linhas de acabamentos (número de operadores e número de máquinas)

2. **Dedicação de famílias por linhas de acabamentos:** Pretende-se agrupar as referências em famílias que possuem características semelhantes que facilitem a sua produção na mesma linha de acabamentos. Neste caso, os principais fatores distintivos são o diâmetro, perfil ou tipo de furação do aro, que condicionam os tempos de *setup* na máquina de cravação. Com base na procura média estimada por linha, é possível dedicar as famílias de aros para cada linha, garantindo que tenham uma carga de trabalho equilibrada e se crie um fluxo contínuo de produção.

Linha	Procura Semanal	Takt Time	Nº Referências
1	5622	24,0	7
2	7157	18,9	8
3	6368	21,2	6
4	6918	19,5	17
5	7087	19,0	157
6	3545	38,1	4
7	6570	20,5	64
8	6073	22,2	69
9	7559	17,9	41
10	6951	19,4	51

Figura 18-Resultado da dedicação de linhas de acabamentos: número de linhas, procura semanal, *takt time* e número de referências

3. **Dimensionamento dos recursos por linha, com base na procura por referências:** Para cada linha dedicada, calcula-se o *takt time*, que representa o ritmo de procura para a(s) referência(s) específicas da linha, ou seja, o intervalo de tempo no qual tem de ser produzida uma unidade de produto para satisfazer a procura. Os recursos disponíveis (operador e máquina) e procura por estes produtos permitem determinar qual a carga para cada linha. Com base na dedicação de referências é estimado o número de *setups* necessários por tipologia, de forma a garantir a melhor otimização do tempo de troca de ferramentas. São também calculados os tempos de *setup* previstos e o OEE da linha é recalculado. A partir destes dados é feito o dimensionamento do número de operadores, máquinas e turnos de cada linha. O exemplo representado é de uma linha com um conjunto de referências que agrupa um tipo de perfil (16), um tipo de tamanho (R) e dois tipos de furação (28 e 32). Estas referências têm uma procura média semanal de 5622 unidades, correspondendo a 88% da procura média por linha. Como se verifica na Figura 19, o dimensionamento dos recursos (operadores, máquinas e turnos de cada linha) foi efetuado pela mesma lógica explicada anteriormente, partindo dos recursos disponíveis, num processo iterativo, garantindo que não se ultrapassava os 80% de ocupação dos recursos. Assinalado a cinzento na Figura 19 também se pode verificar os cálculos efetuados para a determinação dos tempos de *setup* e determinação do novo OEE da linha. De acordo com os cálculos, partindo de um valor de OEE de 65,3%, um coeficiente de produtividade de 65,6% e perdas de produtividade por *setups* de 82%, determinam-se os novos valores seguindo as fórmulas indicadas. Conclui-se que, com a dedicação da linha representada no exemplo, obteve-se um novo valor de OEE de 93,3%, motivado pela diminuição dos tempos de paragens para troca de referências. A metodologia seguida para esta linha exemplo foi aplicada às restantes linhas, de modo a ficarem todas balanceadas. Os resultados estão representados na Figura 20.

16R32(+28)		Procura Média / Linha	
Linha	1	6,385	
Nº Ref	7		
Volume Encomendas	275,493		
Procura Semanal	5,622	88%	

T. Ciclo		T. Ciclo Máquina	% Procura	Repetições / Aro
Homem				
Cravação	5	15	100%	
Limpeza c/ Esponja	15		97%	
Limpeza	5		100%	
Inspeção	12		100%	
Tampografia	4		6%	2.4
Autocolante	16		90%	2.6
Total	75	15		

Turnos	1
Tempo Abertura	37.5 h
Takt Time	24.0 s

Ocupação	78%	62%
Ocupação consid. OEE	78%	67%

Operadores		Máquinas
Nº Recursos / Turno		
Nº Recursos Total	3.1	0.6

OEE	93.3%
-----	-------

Operadores		Máquinas
Nº Recursos / Turno		
Nº Recursos Total	3.1	0.7

Nº Recursos / Turno	4	1
---------------------	---	---

Ref.	Setups
Nº Perfis	1
Nº Tamanhos	1
Nº Furação	2
EPE	1
Troca Perfis	0.05 h
Troca Tamanhos	0.07 h
Troca Furação	0.05 h

OEE	65.3%
Coef. Produtividade	65.6%
% Setups	82%
Coef. Produtividade s/ Setups	93.8%
Tempo Setups / Semana	0.05 h
% Setups	0.13%
Coef. Produtividade c/ Setups Atualizado	93.68%
OEE s/ Perdas Produtividade	99.5%
OEE a Considerar	93.3%

Figura 19- Dimensionamento dos recursos necessários por linha (número de operadores e número de máquinas)

$$CPss = 1 - (1 - OEE) * (1 - CP) \quad (5.4)$$

$$CPcs = CPss * (1 - S) \quad (5.5)$$

$$S(\%) = \frac{TSs}{TA} * 100 \quad (5.6)$$

$$OEEspp = \frac{OEE}{CP} \quad (5.7)$$

Onde:

CP é o coeficiente de produtividade da máquina, considerando todo o tempo produtivo

CPss é o coeficiente de produtividade da máquina sem considerar os tempos de *setups*

CPcs é o coeficiente de produtividade atual da máquina considerando tempos de *setups*, que reduziram com a dedicação de linhas

TSs são os tempos de *setups* por semana, com base nos *setups* previstos

TA é o tempo de abertura, ou seja, o período total em que está planeado que ocorra produção

OEEspp é o novo valor de OEE considerando a redução dos tempos de paragem para troca de referências

S refere-se à frequência de *setups* previstos

Linha	Procura Semanal	Takt Time	Nº Referências	OEE	Turnos	Nº Operadores	Ocupação Op.	Ocupação Mq.
1	5622	24,0	7	93,3%	1	4	78,0%	62,5%
2	7157	18,9	8	93,1%	1	3	66,0%	78,2%
3	6368	21,2	6	93,3%	1	3	70,6%	48,8%
4	6918	19,5	17	92,7%	1	4	74,1%	76,9%
5	7087	19,0	157	72,0%	1	3	68,4%	40,7%
6	3545	38,1	4	93,0%	1	2	93,6%	39,4%
7	6570	20,5	64	86,7%	1	3	72,7%	34,4%
8	6073	22,2	69	87,7%	1	2	66,1%	42,4%
9	7559	17,9	41	89,4%	1	2	95,6%	45,6%
10	6951	19,4	51	88,6%	1	3	72,6%	73,2%

Figura 20- Resultado final da dedicação de linhas de acabamentos com os respetivos valores de OEE, número de turnos, número de operadores, ocupação operador (%) e ocupação máquina (%)

Este novo cenário de dedicação de linhas assinala um decréscimo na necessidade de FTEs de 35 para 29. Além disso, para a mesma procura semanal, prevê-se um acréscimo na produtividade de 1182 aros/homem*semana para 2202 aros/homem*semana, constituindo um aumento de 86,2%.

4. Dedicação das linhas de calandragem e furação: Este passo assemelha-se ao elaborado para o caso das linhas de acabamentos, consistindo na análise de famílias seguindo critérios de *setup* e dedicação de famílias por linha de acordo com a procura média estimada por linha. Os resultados encontram-se no Anexo D.

5. Dedicação de referências entre linhas de calandragem, furação e acabamentos: Este último passo consiste em fazer uma análise de dedicação de referências em cada secção, ou seja, rever todos os resultados obtidos nos passos anteriores (Anexo D). No final, pretende-se criar dedicações de linhas completas a uma família ou grupos de famílias entre a calandragem, furação e acabamentos como evidenciado na Figura 21.

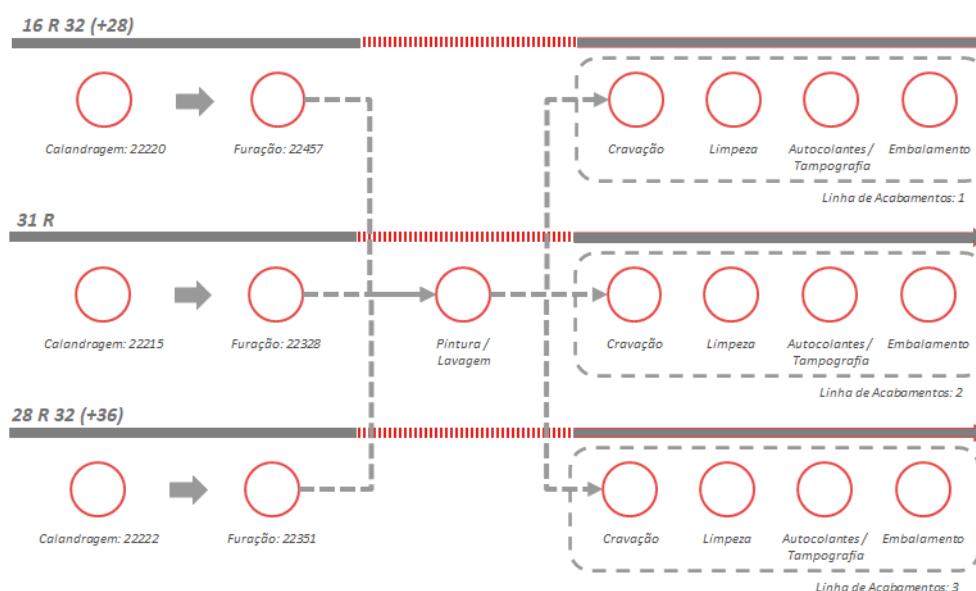


Figura 21- Dedicação de linhas completas entre as etapas de calandragem, furação e acabamentos (exemplo para as linhas 1,2 e 3)

Finalmente, obtém-se o resultado da dedicação das principais referências a uma máquina de calandragem, furação e linha de acabamentos. Além disso, com a integração de operações nas linhas de acabamentos e redução do tamanho de lote será possível a criação de um fluxo unitário. Esta estratégia pretende simplificar o planeamento diário e reduzir esperas de produto intermédio. Optou-se por concentrar o desperdício numa das linhas onde foram dedicadas as referências com menos impacto, menor frequência de saída ou cujas encomendas são menores em volume, havendo maior tempo de paragens para trocas entre referências.

O aumento da eficiência nos acabamentos, acompanhado por um aumento de eficiência nas operações anteriores, traduz-se num aumento global de produtividade.

4.3.2. Desenho de linhas de acabamentos

Após a dedicação das linhas de acabamentos, inicia-se o desenho das linhas de acabamentos de acordo com as especificações anteriormente definidas.

Na etapa anterior de dedicação de linhas já se procedeu à integração de operações de cravação, limpeza, colagem de autocolantes, tampografia e embalamento do produto final.

Além disso, efetuou-se o levantamento dos tempos de ciclo do trabalho realizado pelos operadores e pelas máquinas, para cada uma das operações. Seguindo o *takt time*, procede-se

ao balanceamento das linhas de acabamentos. De seguida, apresentam-se os passos que se sucedem:

- **Balanceamento das linhas:** O objetivo desta etapa é distribuir de forma adequada as tarefas por linha, aos operadores, de modo a garantir um fluxo contínuo e harmonioso do processo. Com base no tempo estimado para cada tarefa executada na linha, identificam-se possíveis desequilíbrios, isto é, tempos de operação acima do ritmo de procura, que possam constituir gargalos na produção. Para corrigir eventuais desequilíbrios, procede-se à reorganização da distribuição das tarefas na própria linha. No exemplo da Figura 22, juntamente com a operação de cravação integrou-se a tarefa de “Limpeza c/ Esponja”, cuja duração é semelhante ao tempo de ciclo máquina. Considera-se a linha balanceada quando há operações distribuídas de forma que a cadência de produção seja compatível com o *takt time*. Salienta-se que houve preocupação em deixar uma folga entre o tempo de operação e o *takt time*, para acomodar variações inerentes ao processo e garantir uma margem de manobra.

4 AUTOCOLANTES						
	T. Ciclo Homem	T. Ciclo Máquina	Operador 1	Operador 2	Operador 3	Operador 4
Cravação	5	15				
Limpeza c/ Esponja	10		10,0			
Limpeza	4		4,0			
Inspeção	8		8,0			
Tampografia	4					
Autocolante	18			18,0	18,0	18,0
Total	75	15	22,0	18,0	18,0	18,0
	92%	TT:	20,7	Objetivo Aros/Hora.Homem	43	
#OP	4	TC:	22,0	Produtividade Prevista	40,9	

Figura 22- Exemplo de balanceamento de operações para a referência com 4 autocolantes, com base nos tempos de ciclo homem, máquina e *takt time*

- **Definição do layout das linhas:** Agrupamento dos postos lado a lado e, no caso dos postos com mais operadores, disposição frente a frente, de modo a aproximá-los, permitir a passagem de produto entre todos, fomentar a entreajuda e reduzir movimentações desnecessárias.

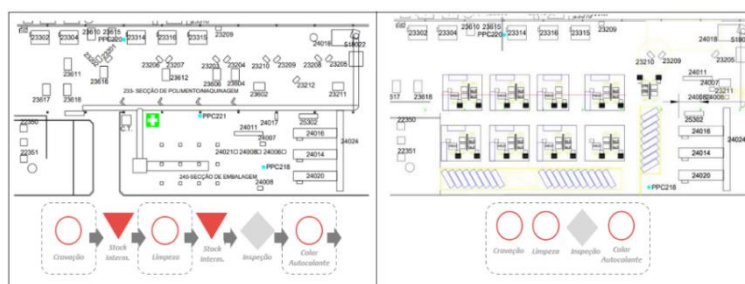


Figura 23- Layout das linhas de acabamentos numa ótica funcional (esquerda) e após integração de operações (direita), com menos deslocamentos intermédios

- **Definição dos locais de stock intermédio dedicados a cada linha,** recorrendo a uma gestão visual para facilitar a operação. Acondicionamento dos aros de estágios intermédios nos cavaletes entre postos, facilmente manuseados pelos operadores próximos.
- **Definição de tarefas de entreajuda entre postos,** garantindo que todas as etapas são realizadas de forma integrada recorrendo a elementos visuais, neste caso, sinalização dos cavaletes com cores para ativar entreajuda (Figura 24). A partir de um determinado

volume de aros atinge-se a zona vermelha do cavalete, que indica que há excesso de *WIP* entre postos e será necessário escoar produto para o carro através da entreajuda.

- **Implementação de bordos de linha:** Levantamento dos componentes/equipamentos necessários por operação em cada linha, taxa de consumo dos materiais e, posteriormente, dimensionamento da capacidade do bordo de linha (Figura 24).

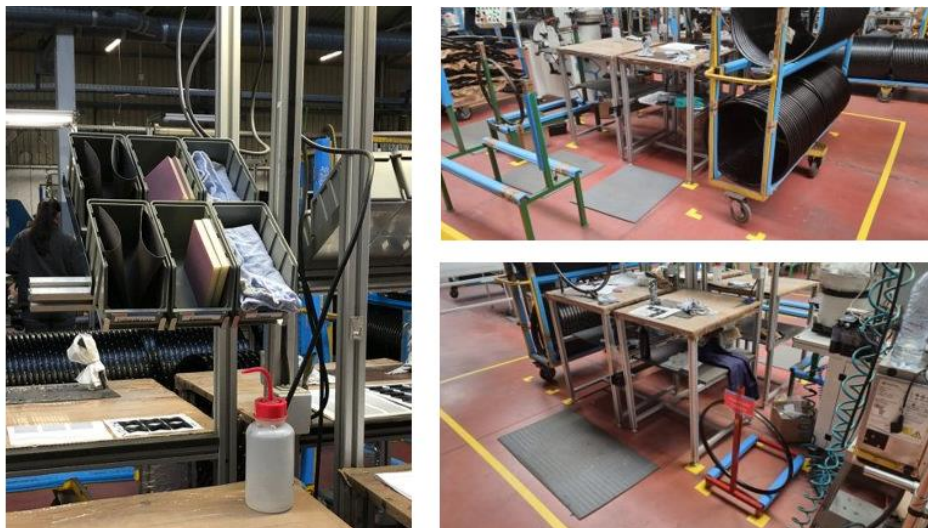


Figura 24- Implementação dos bordos de linha nas linhas de acabamentos(esquerda) e marcações nos cavaletes para ativar entreajuda entre postos (direita)

4.3.3. Normalização do trabalho

A normalização do trabalho é a fase que conclui e confere solidez à implementação de alterações físicas nas linhas e cujo objetivo é garantir que as tarefas se executam de forma padronizada, garantindo uma produção consistente de alta qualidade.

Nesta fase, estabelece-se um método padronizado com as melhores técnicas conhecidas para garantir a consistência na execução da tarefa, independentemente do operador ou turno de trabalho. Este protocolo de execução pode ser atualizado regularmente para incorporar melhorias contínuas. O tempo de execução das tarefas baseia-se numa amostra considerável de observadores distintos para incluir toda essa variabilidade.

Para suportar esta mudança, recorre-se à criação de uma ferramenta de suporte física, representada na Figura 25, que descreve detalhadamente o as tarefas para cada tipo de referência, incluindo tarefas por operador, tempos de ciclo e a sequência de operações.



Figura 25- Ferramenta física cada referência, com as respetivas tarefas normalizadas, *layout* das linhas e balanceamento das operações (Yamazumi)

A elaboração destas ferramentas pode ser benéfica sobretudo em situações de alteração da composição das equipas ou adição de novos membros. Com o mesmo intuito, também se procede à criação de normas para o trabalho efetuado pelas logísticas das linhas cujas atividades são de suporte, não adicionam valor diretamente ao produto final, mas são essenciais ao bom funcionamento da dinâmica nas linhas, diminuindo a restante variabilidade do processo.

4.4. Modelo de Planeamento

No capítulo anterior verificou-se um desnivelamento de carga de trabalho semanal que gerava uma utilização ineficiente dos recursos, com períodos de sobrecarga ou subutilização dos mesmos. Além disso, verificou-se um desbalanceamento aparente entre secções que gerava tempos de espera e gargalos no fluxo de trabalho. Nesse sentido, a implementação de uma estratégia de produção em *pull-planning* foca-se em servir a procura real, ajustando as operações e necessidades com base nesse ritmo de consumo. Todo o fluxo produtivo será desenhado e ajustado com base nas encomendas em carteira.

4.4.1. Planeamento Estratégico

A estratégia de produção *Make-To-Order* (MTO) foi selecionada como abordagem adequada para a indústria de ciclismo em questão. Independentemente do cenário de carga semanal, existem várias razões que fundamentam esta escolha: baixo *leadtime* de produção e crescente flexibilidade introduzida no processo com o desenho e dedicação de linhas; as encomendas são feitas a nove semanas pelos clientes e o fornecimento de matérias-primas apenas demora duas semanas desde o pedido. Considerando ainda o cenário de baixa procura, a estratégia de produção sob encomenda demonstrou-se a mais adequada, evitando acumulações indesejadas de stock e custos associados a produtos não vendidos.

4.4.2. Planeamento de Execução: ferramenta de planeamento que considera flutuações na procura

O modelo de planeamento projetado permite realizar um planeamento a longo e curto prazo, fornecendo uma visão abrangente e detalhada das necessidades e recursos da empresa em diferentes períodos.

No planeamento a longo prazo, o modelo permite projetar e antecipar a carga de trabalho futura com base nas encomendas em carteira e nas tendências de procura identificadas. Isso possibilita à empresa realizar ajustes para se adaptar às flutuações da procura, isto é, nivelar a carga de produção.

Na segunda fase, num horizonte de curto prazo, o modelo proporciona uma visão atualizada da carga de trabalho e das necessidades de produção, permitindo à empresa estabelecer cenários para tomar decisões de alocação de recursos, programação de operações e gestão do fluxo de trabalho. Os cenários podem ser testados ajustando as variáveis “Horas trabalhadas/Semana”, “Nº FTEs” e “Taxa de ocupação (%)” para as respetivas semanas.

Introdução de pressupostos para a elaboração da ferramenta de planeamento

A introdução dos pressupostos para o planeamento de ordens de produção, tanto por referência como por secção, desempenha um papel fundamental na alocação das ordens de produção. O código do artigo é utilizado no contexto comercial para identificar as encomendas. A referência de produção associa cada encomenda às respetivas etapas pelas quais passa, bem como os pressupostos associados em cada secção. Nesse caso, os pressupostos por referência produtiva caracterizam cada etapa de produção, identificando o tipo de perfil, diâmetro do aro, tipo de furação, tipo de decoração ou especificações para outros estágios intermédios específicos (como pintura ou lavagem, por exemplo). Já os pressupostos introduzidos para cada

secção de produção estabelecem as limitações relacionadas com os recursos disponíveis, ou seja, número de operadores, o número de linhas e capacidade instalada. Cada etapa de produção possui pressupostos associados e a ordem de fabrico é atribuída à linha correspondente com base na dedicação de referências.

No exemplo geral da Figura 27 apresenta-se detalhadamente o caso da calandragem. Para cada tipo de máquina são utilizados códigos específicos, juntamente com as referências associadas àquela linha, o número de operadores e a produção por hora e linha. No caso das linhas automáticas, que são dedicadas a três tipos de referências distintas, foi necessário dividi-las, uma vez que possuem taxas de produção distintas. Além disso, observa-se que a mesma referência pode ser alocada a mais do que uma linha, o que requer o estabelecimento de prioridades de alocação, conforme representado. Na definição de prioridades de alocação, considera-se que as linhas manuais seriam consideradas por último, portanto, as referências restantes seriam alocadas às máquinas disponíveis. Optou-se por introduzir a variabilidade no procedimento manual, uma vez que os tempos de *setup* são menores e há perspectivas de reduzir os tempos de paragem despendidos na troca de referências, em fases posteriores do projeto.

Atualização dos dados de entrada (encomendas em carteira)

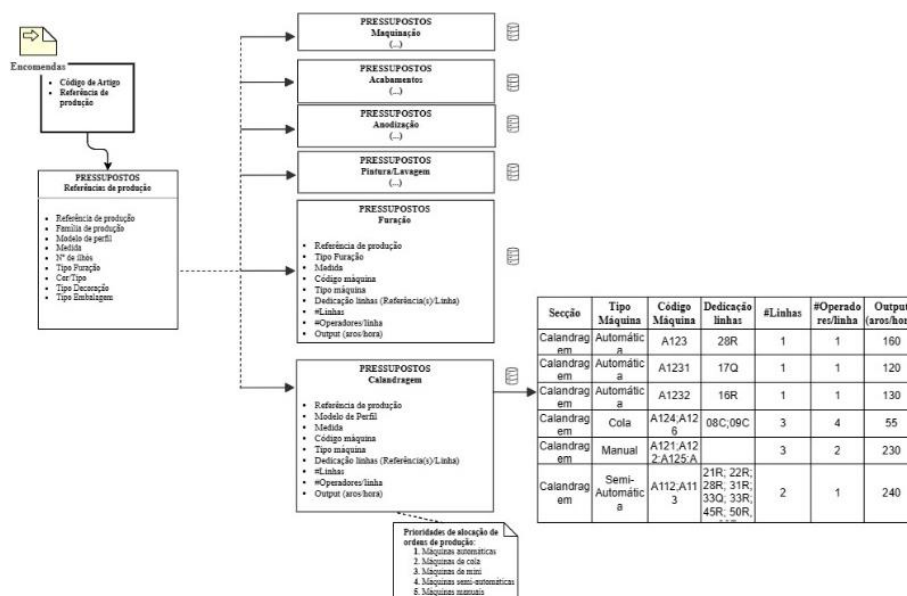


Figura 27- Esquema exemplificativo dos pressupostos no modelo de planeamento, por referência de produção e por secção

Ciente	Q.Enc	Código de Artigo	Descrição	DATA CARGA	Família	ilhós	Modelo perfil	Medida	Furação	Cor/tipo	Tipo Dec.	Modelo - Medida - Furação
*****	110	3130R36AZ0	RIM 622x19 ****	20221231	3	1	30	R	36	AZ	SemDecoração	30R36
*****	550	3130R36PH1	*****	20221231	3	1	30	R	36	PH	ComTamp.	30R36
*****	300	3130R36PH1	*****	20221231	3	1	30	R	36	PH	ComTamp.	30R36
*****	496	3130R36AZ0	*****	20221231	3	1	30	R	36	AZ	SemDecoração	30R36
*****	300	3130R36AZ1	*****	20220413	3	1	30	R	36	AZ	ComTamp.	30R36
*****	140	3130R36PH1	*****	20220413	3	1	30	R	36	PH	ComTamp.	30R36
*****	42	3115R32AP0	*****	20221231	3	1	15	R	32	AP	SemDecoração	15R32

Figura 26- Esquema exemplificativo dos dados de entrada para o modelo de planeamento (encomendas em carteira e especificações associadas à referência)

O modelo de planeamento tem como dados de entrada as encomendas em carteira da empresa. Na Figura 26 apresenta-se de forma simplificada a tabela. Cada encomenda é identificada por uma referência específica e composta por um conjunto de operações bem definidas. No total são 59 colunas de informação com dados do cliente, da encomenda e associação da referência a todos os tipos de especificações do aro, conforme exposto

anteriormente. Nesta fase, a recolha de informação é bastante detalhada para facilitar a alocação da produção em todos os estágios, considerando as linhas dedicadas.

Funcionamento da ferramenta de planeamento de produção

Após a atualização dos dados de entrada (encomendas em carteira) e, com base nos pressupostos estipulados para cada referência ou secção de produção, o ficheiro cria a afetação das encomendas pelas linhas. A produção planeada, em quantidade de aros encomendados, é convertida em carga de horas (“Nº Horas para Encomendas”) e necessidade de *FTEs* (“*FTEs* para Encomendas”), conforme verificado na Figura 28. Dessa forma, com base na produção planeada para cada semana percebe-se a necessidade de recursos. As equações representam como se chegou aos respetivos valores. Considera-se que um dia útil de trabalho corresponde a 7.5 horas e o número de dias úteis na semana varia.

$$NHEss = \frac{QEss}{\sum OHr} \quad (5.8)$$

$$FTEss = \frac{NHEss}{\sum OHr} \quad (5.9)$$

Onde:

FTEss é o número de *FTEs* necessárias para atender à procura real, para cada secção, em cada semana

NHEss é o número de horas de trabalho necessárias para atender à procura real, para cada secção, em cada semana

OHr é o *output* por hora, para cada referência

QEss é a quantidade encomendada de aros, para cada secção, em cada semana

Segue-se uma primeira análise de longo prazo, ou seja, a primeira análise de carga global. Para tal, selecionam-se as semanas a planear, considerando um horizonte temporal de longo prazo (geralmente doze semanas). O modelo atribui a cada semana a carga de trabalho que ocorrerá em cada secção. A distribuição da carga não é uniforme entre secções dado que as taxas de produção variam em cada processo.

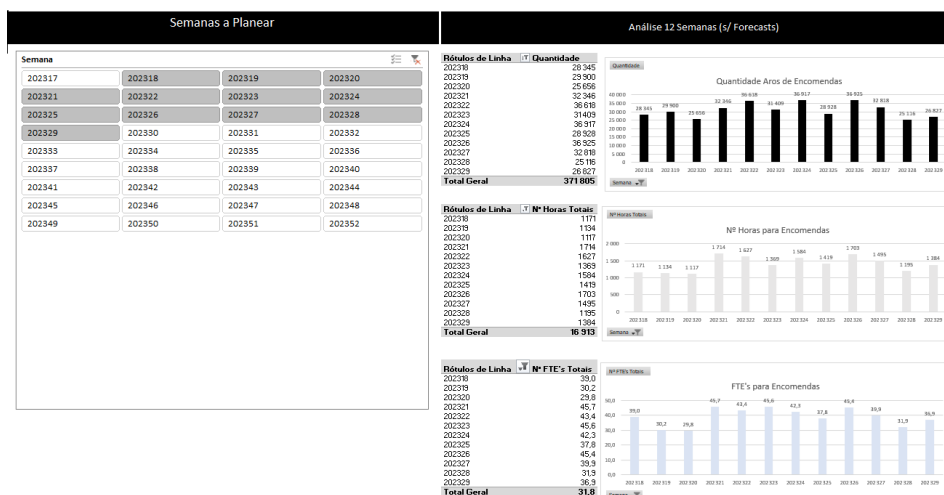


Figura 28- Interface de planeamento global, a longo prazo (12 semanas), para identificar desnivelamentos de carga de produção

Com base nos resultados obtidos para o horizonte temporal longo, a empresa pode proceder ao nivelamento da carga semanal. Para as semanas com excesso de carga (evidenciadas no gráfico pela altura das barras), pode-se optar por proceder à alteração da data de produção planeada, diminuindo as discrepâncias existentes. Neste caso, para garantir um bom nível de serviço ao cliente, o ideal será proceder à antecipação de algumas encomendas. No entanto, torna-se extremamente importante confirmar que as matérias-primas estarão disponíveis para satisfazer a procura total, com base nas alterações.

Para conferir visibilidade às alterações de datas de encomendas, estas serão resumidas em tabelas, como representado na Figura 29.

Datas de Produção Alteradas					
Alterar Data Carga All					
Cliente	ENCOMENDA	LIN	AnoSemana	AnoSemana Produção	Qtd em Falta
	73001211	31	202326	202326	794
		41	202324	202324	300
		51	202324	202324	496
	73001213	11	202328	202328	1670
		11	202319	202319	128
		21	202319	202319	1337
	72202748	11	202321	202321	482
		11	202318	202318	405
		21	202318	202318	300

Figura 29- Interface de planeamento global, a longo prazo (12 semanas), para evidenciar as a produção recolocada no processo de desnivelamento

Na etapa anterior balanceou-se a carga de trabalho pelas doze semanas. Nesta fase, reduz-se a análise para o curto prazo, num horizonte de quatro semanas, onde é possível avaliar a carga ou fazer simulações para avaliar diferentes necessidades de recursos e ocupação. A Figura 31 evidencia esta análise para o caso da secção de acabamentos, onde acresce uma nova variável “Nº Linhas Necessárias”, com a carga balanceada na etapa anterior. Adicionalmente, existe a possibilidade de testar dois tipos de cenários: qual o número de dias de trabalho necessários para satisfazer a procura semanal, com base nas horas trabalhadas por semana e quantos operadores serão necessários para satisfazer a procura semanal, definindo a sua taxa de ocupação.

Neste último caso, uma taxa de ocupação de 80% é usada como valor de referência, para manter alguma flexibilidade operacional. Considera-se que numa semana normal as horas trabalhadas são 37,5 horas. A Figura 30 demonstra que podemos introduzir qual o número de “HorasTrabalhadas/Semana” pretendidas e respetivo “Coeficiente de Ocupação” ou “NºFTE’s” e respetiva ocupação, para analisar diferentes cenários. Adicionalmente, definindo os dias ou horas diárias que se pretende trabalhar, é possível verificar qual deve ser a carga horária semanal para atender à procura.

$$FTE_{ss} = \frac{FTE * CO}{HTS * 37,5} \quad (5.11)$$

$$NHM = \frac{NH}{FTE} * CO \quad (5.12)$$

Onde:

CO é o coeficiente de ocupação considerado para cada operador

HTS corresponde às horas trabalhadas em cada semana

FTE é o número de FTEs disponíveis

FTE_{ss} corresponde às necessidades de FTEs, previstas para cada semana, com base na procura real

NHM corresponde às horas trabalhadas médias necessárias por FTE, previstas para cada semana, com base na procura real

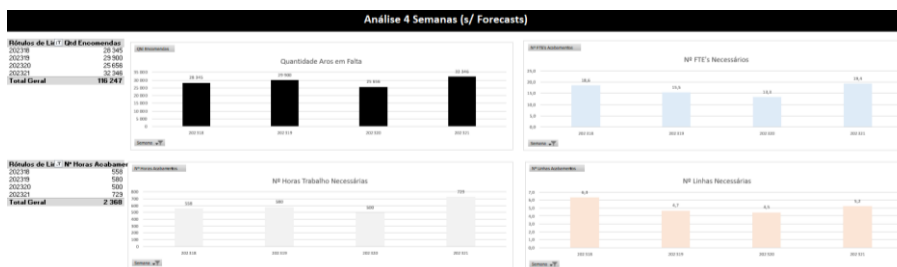


Figura 31- Interface de planeamento por secção, a curto prazo (4 semanas), para evidenciar a produção planeada

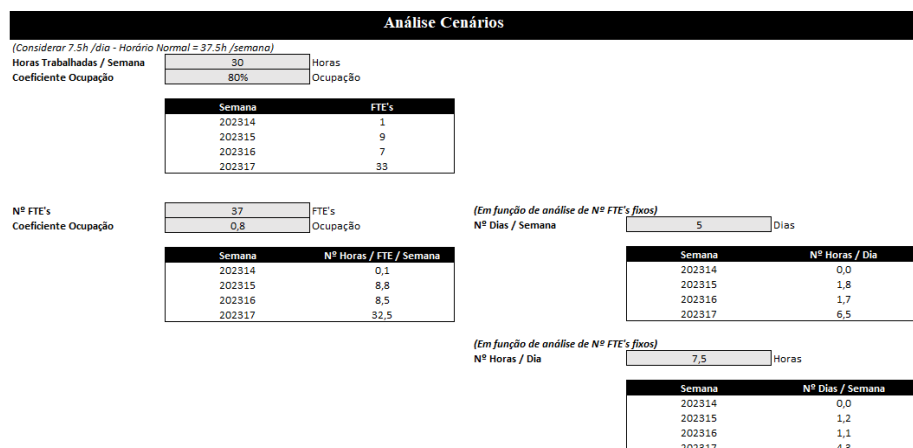


Figura 30- Interface de planeamento por secção, a curto prazo (4 semanas), para proceder à análise de cenários variando as “Horas Trabalhadas/Semana” e “Nº FTE's”, consoante o coeficiente de ocupação

Adicionalmente, alguns clientes fornecem as previsões de vendas em tempo real à empresa. Contudo, essas previsões são consideradas apenas para fins de entendimento do mercado e orientação estratégica. O modelo de planeamento em *pull-flow* não se baseia nessas previsões para o planeamento da produção, visto que se foca na sincronização do fluxo de trabalho com as encomendas efetivas.

Para melhor entendimento de como se processa o planeamento com esta ferramenta e quais as decisões tomadas em cada etapa, evidencia-se o esquema representado na Figura 32, onde se divide o planeamento em duas fases principais: curto-prazo e longo-prazo, como mencionado nos tópicos anteriores.

Resumidamente, as principais decisões tomadas para um horizonte de longo prazo relacionam-se com o nivelamento da carga de produção ao longo das semanas e, num horizonte curto prazo, com a gestão flexível dos *FTEs* e horas de trabalho por semana.

Salienta-se que no esquema se considera apenas o caso em que é possível antecipar as cargas, ou seja, há capacidade remanescente suficiente para realocar a produção e disponibilidade de matéria-prima para tal. Entende-se que esta é a melhor solução para manter um nível ótimo de serviço ao cliente e, por norma, dada a antecedência com que as encomendas são feitas (cerca de nove semanas) torna-se fácil gerir o aprovisionamento de matérias-primas, com base nas alterações de planeamento. Contudo, caso não seja possível proceder ao nivelamento por antecipação de produção, existem duas alternativas: utilizar o banco de horas dos operadores para definir horas de trabalho-extra ou realocar a encomenda para semanas posteriores à data de entrega inicialmente planeada (caso o cliente aceite tal alteração). O banco de horas é uma medida tomada pela empresa face à imprevisibilidade da procura e que se tornou

fácil de implementar com esta ferramenta de planeamento, que confere visibilidade às necessidades de *FTEs* e horas de trabalho.

Para evitar a demissão permanente de trabalhadores, determinou-se que nas semanas em que a procura assim justifique, trabalha-se menos horas por semana e, em contrapartida, caso haja um aumento na procura futura, os funcionários poderão proceder à realização de horas extra, de acordo com o banco de horas.

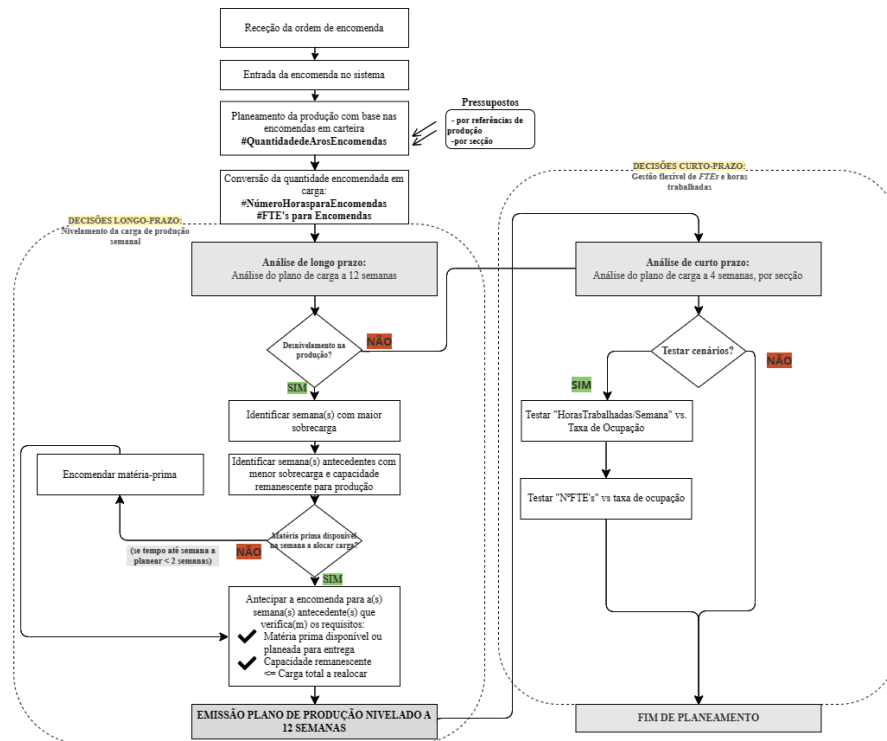


Figura 32- Esquema representativo da arquitetura do modelo de planeamento (dados de entrada, pressupostos, análise curto-prazo e análise longo-prazo)

4.5. Logística Interna

Na fase em que se inicia a implementação desta solução há uma agravante na necessidade de organização no abastecimento de materiais às linhas, dado que foi feita uma dedicação e redefinição no desenho das linhas de acabamentos nas etapas anteriores. Existem várias linhas, mais pequenas, a executar diversas referências em simultâneo, com diferentes tipos de decoração, traduzindo-se numa maior necessidade de abastecimento de materiais.

No domínio da logística interna o princípio de solução passa por definir claramente quais as atividades produtivas ou de logística, fazer levantamento de recursos disponíveis, restrições e projetar uma rota eficiente, capaz de atender à procura das linhas. Dada a situação de procura diminuta da empresa, foi imprescindível formular a estratégia com base nos recursos já existentes na empresa, evitando investimentos com impacto negativo no fluxo de caixa, que poderiam comprometer a saúde financeira da mesma.

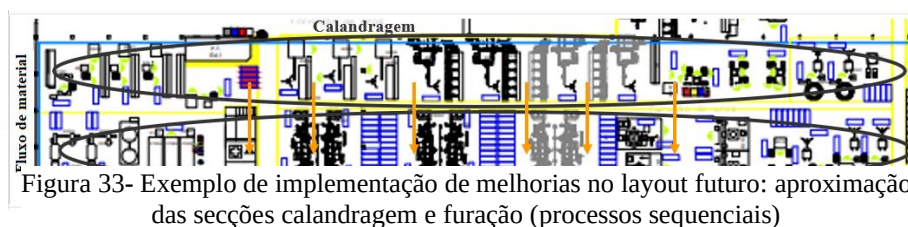


Figura 33- Exemplo de implementação de melhorias no layout futuro: aproximação das secções calandragem e furação (processos sequenciais)

Durante a fase alinhamento da estratégia, estava em curso o aprimoramento de uma das secções fabris decorrente de investimentos passados, que conferia a possibilidade de implementar reorganizações ao nível do layout da fábrica. Cientes da relevância que esta janela de oportunidade nos conferia, foi proposta à empresa a tomada de decisões estratégicas ao nível do design de espaço e a mesma concedeu-nos a liberdade e responsabilidade de participar ativamente nesta mudança, de modo a aumentar a eficiência do fluxo operacional. Foram conduzidas análises para identificar áreas de melhoria e propor ajustes estratégicos no layout existente. A Figura 33 exemplifica uma das estratégias implementadas de aproximação das secções de furação e calandragem, que constituem processos sequenciais na produção de aros. Dessa forma, gera-se um fluxo interno de material, com redução das movimentações intermédias.

De seguida, apresenta-se de forma resumida, pela respetiva ordem, a metodologia adotada no levantamento dos dados relevantes relativamente aos fluxos de materiais, pontos de abastecimento/recolha, consumos médios, entre outros:

- **Identificação dos componentes a abastecer por secção, pontos de abastecimento e fontes de recolha desses materiais:** foram desenvolvidas várias sessões com os responsáveis das secções e equipa de melhoria contínua, de modo a fazer a listagem de todos os materiais necessários desde o estágio inicial até à expedição do produto. Além disso, percebeu-se como os processos decorriam até ao momento, evidenciando os principais fluxos de materiais, de modo a identificar oportunidades de melhoria.

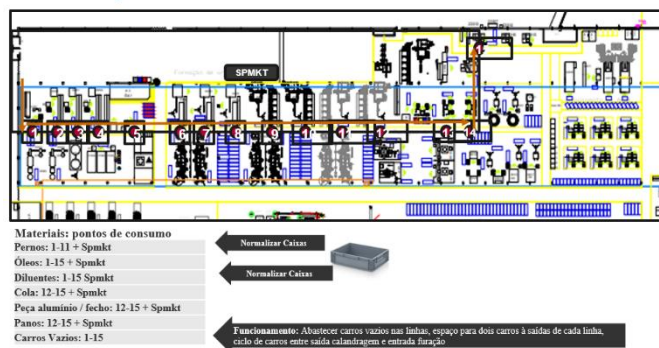


Figura 34- Exemplo de levantamento de pontos de recolha/abastecimento com a equipa, para o caso da calandragem

- **Definição das quantidades consumidas para todos os materiais listados:** para cada material listado, procedeu-se à estimativa do seu consumo por unidade de aro produzida por questões de simplificação. Observou-se que muitos produtos não eram medidos em quantidades contáveis, por exemplo, os óleos, álcool, diluentes, entre outros. Nestes casos, procedeu-se a estimativas baseadas em dados de consumo de materiais por volume de produção. Adicionalmente, dada a variabilidade de referências produzidas, definiu-se uma percentagem de procura para cada material, uma vez que existem várias referências de aros produzidos e materiais específicos para cada uma delas. A procura do componente está intrinsecamente associada à procura por aquele(s) tipo(s) de referência(s). Essa distinção facilitará cálculos posteriores e permitirá um planeamento mais preciso. Salienta-se que, apesar das estimativas descritas anteriormente, existe alguma variabilidade no consumo para o mesmo processo, por exemplo, caso haja retrabalho, perdas durante a produção ou variações no consumo decorrente da mudança de operador. Nesse sentido, houve preocupação em complementar os dados analíticos com o testemunho das equipas. Por exemplo, durante um dos processos era comum haver perdas de um tipo de componente de dimensões reduzidas e isso foi tido em consideração.

$$CMM(X) = \frac{QCM(X)}{PT} \quad (5.13)$$

Onde:

CMM é o consumo médio de material X, por cada aro produzido

QCM é a quantidade total de consumo de material X, nas respetivas unidades de medida

PT é o volume produção total de referências de aros que incorporem esse material

- **Caraterização dos recipientes provenientes do fornecedor e utilizados para o abastecimento interno:** esta etapa consiste na caraterização dos volumes de material provenientes do fornecedor e, caso haja manuseamento intermédio, o recipiente em que são levados às linhas. Dessa forma, com base no consumo por material, ritmo de procura (*takt time*), quantidade por caixa e procura associada a esse componente, determina-se a autonomia da caixa na linha. A autonomia da caixa é uma medida de consumo mais intuitiva e auxilia na identificação de casos em que é pertinente redefinir o seu modo de abastecimento. Se a autonomia da caixa for elevada e permanecer na linha por um longo período sem ser utilizada, pode ser um sinal de deveria ser adaptada para um formato reduzido. O mesmo raciocínio se aplica para a situação inversa, dependendo da dimensão do recipiente, espaço que ocupa na linha e número de caixas a abastecer. Salienta-se que no futuro este tipo de análise poderá incluir a participação do fornecedor, que evita manuseamentos intermédios na fábrica se enviar os artigos conforme solicitado pela empresa.

$$AC(X) = \frac{Qtc(X) * TT}{CMM(X) * P(X)} \quad (5.13)$$

Onde:

AC(X) é a autonomia da caixa do material X

Qtc(X) é a quantidade total de material contido num recipiente de material X

P(X) é a procura associada à totalidade das referências que o material X incorpora

Secção	Material	Quantidade de Material / Aros ou Rodas	% Procura (Com base na procura de aros)	Tipo de caixa	Ponto de Origem	Quantidade por caixa (no abastecimento)	Unidade	Autonomia da caixa (minutos)
2-Calandragem	Pernos	2,0000	0,08	M	12-Pernos	615	Unid	186
2-Calandragem	Pernos	2,0000	0,87	M	12-Pernos	12000	Unid	331
2-Calandragem	Óleos	0,0003	0,06	Receptiente 5L	18-Armazém Óleos e Diluentes	5	L	11520
2-Calandragem	Óleos	0,0003	1,00	Receptiente 5L	18-Armazém Óleos e Diluentes	20	L	2880
2-Calandragem	Diluentes (PERNOS)	0,0001	0,08	Receptiente 20L	18-Armazém Óleos e Diluentes	20	L	129278
2-Calandragem	Diluentes	0,1001	1,00	Receptiente 20L	18-Armazém Óleos e Diluentes	20	L	10
2-Calandragem	Diluentes (COLA)	0,1000	0,03	Receptiente 0,5L	18-Armazém Óleos e Diluentes	20	L	295
2-Calandragem	Cola	0,0013	0,13	P	14-Armazém central	6	Tubo	1772
2-Calandragem	Cola	0,0013	0,03	P	14-Armazém central	1	Tubo	1280
2-Calandragem	Peça alumínio / fecho	1,0000	0,13	M	1-Armazém perfil	1000	Unid	369

Figura 35- Exemplo de dados recolhidos na fase inicial da logística interna: materiais necessários/secção, consumo médio, procura (%), tipologia e autonomia das caixas de abastecimento (com base no consumo e *takt time*)

Na Figura 35 é possível ver um excerto da tabela de listagem de materiais e respetivos campos anteriormente mencionados.

Após reunidos todos os dados relevantes de consumo e abastecimento de componentes, procede-se para a fase de simulação de rotas, verificação dos resultados e, finalmente, escolha da solução mais eficiente. Contudo, o tempo despendido por rota e distâncias percorridas são fatores importantes na decisão e terão de ser recolhidos. De seguida, descreve-se a etapa de testes e definição da rota:

- Definição de tempos de manuseamento por tipologia de caixa e distâncias percorridas entre secções:** a cada rota estarão associados deslocamentos e tipos de manuseamentos distintos, de acordo com os materiais levados e tipologias das caixas. A listagem de materiais utilizados é considerável, assim como a variabilidade de caixas utilizadas e obter uma medição temporal do seu abastecimento seria uma tarefa complexa. Nesse sentido, obteve-se uma aproximação do tempo envolvido em vários tipos de micro movimentos de abastecimento/reposição de material. As simplificações adotadas consistem na definição de tempos padrão de abastecimento e definição de uma velocidade média de deslocamento do comboio logístico. Desta forma, o manuseamento de material poderia ser baseado num tempo padrão por tipologia de caixa (se eram levados em paletes, caixas grandes ou outros recipientes) e os tempos de deslocamento baseados na distância e velocidade média de andamento. Esta abordagem permite testar vários itinerários ou velocidade de deslocamento para o carro logístico.

TAREFAS POR TIPOLOGIA DE CAIXA		
TIPOLOGIA DE CAIXA	DESCRIÇÃO	TEMPO TAREFA (S)
CG	Carro Grande	21,2
CP	Carro Pequeno	21,2
Paleta	Paleta	15
G	Caixa Grande	15
Recepiente 20L	Recep. Líquidos Grd.	15
Recepiente 5L	Recep. Líquidos Méd.	8
Recepiente 0,5L	Recep. Líquidos Peq.	8

Figura 36- Normalização dos tempos de abastecimento (manuseamento) por tipologia de recipiente

MATRIZ DISTÂNCIAS		
PONTO PARTIDA	PONTO DESTINO	DISTÂNCIA(m)
2-Calandragem	3-Furação	107,1
3-Furação	4-Pintura/Lavagem	46,41
4-Pintura/Lavagem	6-Acabamentos aros pintados	60,69
4-Pintura/Lavagem	5-Maquinação	32,13
12-Pernos	2-Calandragem	164,22

Figura 37- Excerto das distâncias determinadas entre pontos de origem X e pontos de abastecimento Y

Após a recolha e análise de todos os dados relevantes, percebeu-se que a solução deve contemplar alguns fatores impactantes no desenho de rotas logísticas: a necessidade de dar continuidade ao fluxo de aros entre secções (produtos intermédios), a par do abastecimento dos materiais às linhas. Visto que não foi possível aplicar todas as condições ideais à reorganização do espaço físico da fábrica, algumas secções apresentam uma distância considerável. O manuseamento dos carros de aros deve ser feito de forma cuidadosa, especialmente quando são anodizados, devido à possibilidade de aparecimento de riscos indesejados, o que impõe restrições no seu transporte.

Conclui-se que uma rota logística que acomode todas as necessidades de movimentação de material na fábrica não seria viável e introduziria espera nos materiais, contrariando o princípio de produção em fluxo. Perante isto, estabelecem-se duas categorias distintas para o abastecimento interno, que se materializam em dois roteiros. A primeira categoria abrange o abastecimento de materiais de uso frequente, os quais são transportados em caixas/recipientes de diferentes tipologias, no limite com tamanhos *standard* médios. A segunda categoria diz respeito ao transporte dos carros de aros, no qual é estabelecido um limite quanto ao número de carros a serem levados em cada viagem, a fim de garantir o adequado acomodamento dos mesmos.

5.5.1. Desenho de rota de abastecimento de materiais usados na tarefa produtiva

Com todos os dados recolhidos anteriormente, esta etapa trata-se de um processo iterativo de simulação de rotas para vários *mixs* de pontos de paragem e tempos de ciclo. Em primeiro lugar, percebeu-se que as autonomias das caixas obtidas em passos anteriores eram bastante díspares. Nesse sentido, juntamente com a equipa, fez-se o levantamento de oportunidades de redefinição das tipologias das caixas/recipientes de modo a diminuir a variabilidade nas necessidades e evitar ter *stock* e material nas linhas, devido a sobredimensionamentos de recursos. Na Figura 38 encontra-se o resultado obtido para a rota ótima de abastecimento de materiais na fábrica, ou seja, considerando o tempo total de deslocação, manuseamento de material, tempos por paragem, desde o início até ao final do ciclo. O tempo de ciclo estimado inclui tempos de deslocação e tempo de manuseamento dos vários recipientes, de acordo com a matriz estipulada inicialmente. As distâncias refletem as distâncias percorridas entre secções, identificadas inicialmente.

Tabela 6- Resultado obtido para a solução ótima de abastecimento de materiais: distância percorrida, tempo de ciclo, número de paragens, número de carruagens e ocupação (%)

Estimativo tempo total (min)	Distância(m)	Tempo de ciclo (min)	Número de paragens	Número de carruagens	Ocupação (%)
73	2109	90	12	5	81,1

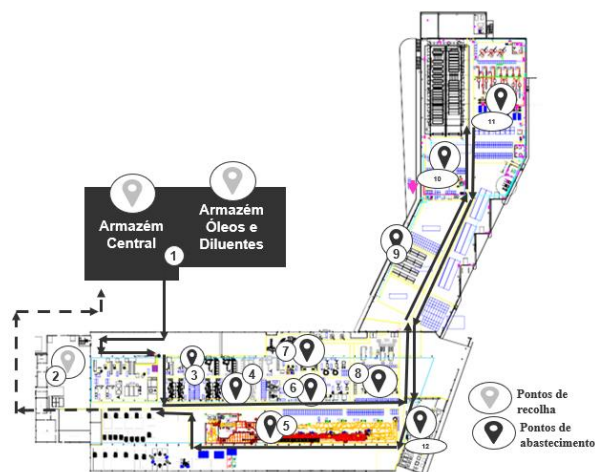


Figura 38- Pontos de recolha/abastecimento de materiais na sequência indicada, para a solução eleita

5.5.2. Desenho de rota de carros entre secções

Conforme reforçado anteriormente, não foi possível implementar a solução ideal de aproximação das secções, de forma a garantir um fluxo contínuo entre secções. Nesse sentido, foi necessário identificar os principais roteiros de aros ou carros vazios a circular no processo. O princípio de solução foi reduzir o a quantidade transportada por carro de duzentos aros para sessenta aros e compensar essa mudança com uma recolha e abastecimento cíclicos e em contínuo do material entre postos. De seguida, na Figura 39 encontra-se o resultado obtido com base na análise de fluxos de aros e respetivas taxas de produção por secção. A simulação foi feita para um tempo de ciclo de trinta e cinco minutos, visto que o limite de carros a serem transportados estipulado é de três unidades, para garantir as condições de acondicionamento dos mesmos. Exemplificando o representado, existe um fluxo de aros que parte da furação

onde serão recolhidos três carros, seguem para a pintura, onde serão entregues e recolhidos outro trio de carros de aros pintados, terminando na calandragem onde é feita a entrega, recolha e inicia-se o ciclo novamente. Neste caso, o dimensionamento foi baseado num *takt time* ligeiramente superior ao atual, que preconiza um cenário de procura mais positivo, ou seja, sobredimensiona as necessidades por ciclo.

Tabela 7- Resultado ótimo obtido para a solução ótima de fluxo de carros entre secções: tempo de ciclo, distância, número de carros e número de paragens

Tempo ciclo (min)	Distância(m)	Número de carros	Número de paragens
35	2109	38	10

Rota de carros	Paragem	Recolha	Entrega	Em curso	
1	Furação	3	0	3	Carros grandes (200 aros)
	Pintura	3	3	3	
	Calandragem	0	3	3	
2	Furação	3	0	3	
	Anodização	3	3	3	
	Calandragem	0	3	3	
3	Acabamentos (pintados)	2	2	2	Carros pequenos (60 aros)
	Acabamentos (Anodizados)	2	0	3	
	Montagem Rodas	3	3	3	
	Acabamentos (Anodizados)	0	2	2	
Total Carros		38			

Figura 39- Identificação dos 3 fluxos principais de aros e simulação do abastecimento, para um tempo de ciclo de 35 minutos

É essencial que, aquando da definição do novo *layout*, sejam testadas as rotas obtidas para validar os resultados. Essa validação permitirá uma análise mais precisa e realista dos dados, garantindo que a estratégia seja efetivamente viável e adaptada às necessidades da organização. No seguimento da validação da rota, elabora-se a seleção do tipo de sincronização pretendido, ou seja, se o abastecimento deve ser feito em *kanban* ou *junjo*. Por fim, o dimensionamento dos supermercados, com base no tempo de ciclo estipulado e necessidades de material associadas.

5. Avaliação e discussão de resultados

Concluída a fase de implementação das soluções, procedeu-se à análise dos resultados obtidos para cada uma das iniciativas.

O desenho e dedicação de linhas, o modelo de planeamento adaptado à procura real e flutuações da mesma, assim como a logística interna, permitiram alcançar melhorias significativas. A avaliação dos resultados obtidos foi medida em termos quantitativos, a nível de produtividade, e qualitativos, considerando fatores como o nível de entrosamento das equipas, organização do espaço e o abastecimento contínuo de matérias-primas de acordo com as necessidades de consumo.

Os resultados mensurados concentram-se nas iniciativas de desenho e dedicação de linhas de acabamentos e modelo de planeamento. Essas foram as primeiras iniciativas implementadas e, portanto, houve mais tempo disponível para medir e avaliar os seus impactos quantitativos, ao nível da produtividade para a secção de acabamentos (Figura 40) e global (Figura 41), no tempo em que decorreu o projeto.

Os resultados da implementação foram resumidos na Tabela 8. Salienta-se que os resultados obtidos não são exclusivamente atribuíveis a uma única ferramenta ou metodologia aplicada, mas sim à sinergia criada entre ambas, aquando da sua implementação.

Tabela 8- Tabela resumo com os principais resultados medidos no decorrer do projeto: produtividade das linhas de acabamentos (Aros/Hora*Operador) e produtividade global (Aros/Hora*operador)

Solução desenhada	KPI	Baseline	Atual	Aspetos positivos na implementação	Aspetos negativos na implementação
Desenho e dedicação de linhas de acabamentos	Produtividade (Aros/Hora*Operador)	30,0 Aros/H.O.	50,1 Aros/H.O. + 67%	- Criação de linhas piloto antes do desdobramento total - Criação de fluxo e integração das operações - Dedicação e planeamento das linhas - Envolvimento e adaptação das equipas	- Passagem de responsabilidade de supervisão para as chefias intermédias - Diminuição da procura
Modelo de planeamento	Produtividade (Aros/Hora*Operador)	12,0 Aros/H.O.	13,6 Aros/H.O. + 13,3%	- Visão carga vs. capacidade a longo/médio prazo - Nivelamento da carga por semana - Balanceamento dos diferentes processos e redução do WIP	- Dependência de atualização constante do ficheiro pelo responsável do planeamento

A dedicação e desenho de linhas de acabamentos resultou num aumento de 67% da produção, passando de 30 aros produzidos por hora e operador, para 50,1 aros produzidos por hora e operador. Isso foi possível através da integração das operações, criação de fluxo, utilização de linhas piloto e desdobramento sucessivo. O objetivo inicialmente estabelecido pretendia alcançar os 55 aros por hora e operador, contudo, ainda não foi alcançado. Acredita-se que no futuro seja possível atingir o resultado almejado, dado que a secção de acabamentos ainda enfrenta alguns desafios externos à mesma, que afetam a sua produtividade. Sendo uma das últimas etapas na conceção dos aros, está sujeita à acumulação de defeitos que não são detetados nas etapas anteriores.

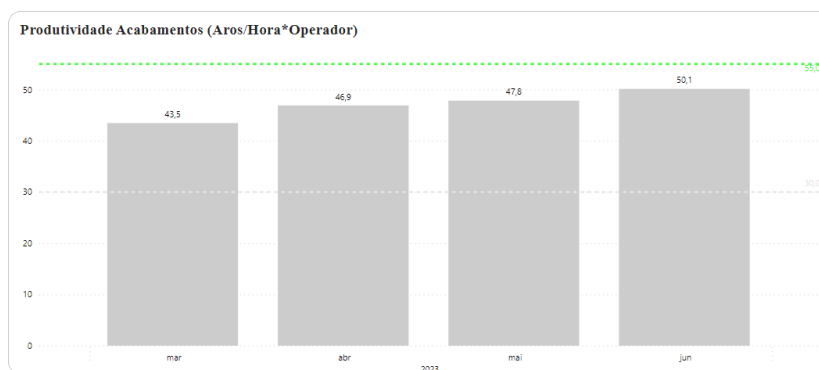


Figura 40- Evolução da produtividade das linhas de acabamentos (Aros/Hora*Operador), no tempo em que decorreu o projeto

Tabela 9- Tabela ilustrativa do potencial de produtividade da secção de acabamentos, considerando o dimensionamento de FTEs

	Acabamentos			
	# FTE's		KPI Produtividade	
	Real	Necessário	Real	Potencial
Mar'23	26	21	43,5	53,9
Abr'23	23	21	46,9	51,4
Mai'23	23	21	47,8	52,4
Jun'23		22	50,1	

Portanto, a implementação futura de uma solução que permita identificar as causas originais e reduzir ou mitigar os defeitos ao longo do processo pode levar a um aumento ainda maior na produtividade da secção de acabamentos e global. Além disso, conforme verificado na Tabela 9- Tabela ilustrativa do potencial de produtividade da secção de acabamentos, considerando o dimensionamento de FTEs, os resultados de produtividade atuais não refletem o potencial total de produtividade real, devido à existência de um sobredimensionamento de FTEs. No entanto, a empresa decidiu estabilizar o número de operadores na secção, uma vez que prevê um aumento das vendas no início do próximo ano, quando o efeito da acumulação de *stock* excessivo pelos retalhistas (conhecido como efeito chicote, conforme mencionado no capítulo introdutório) começar a diminuir.

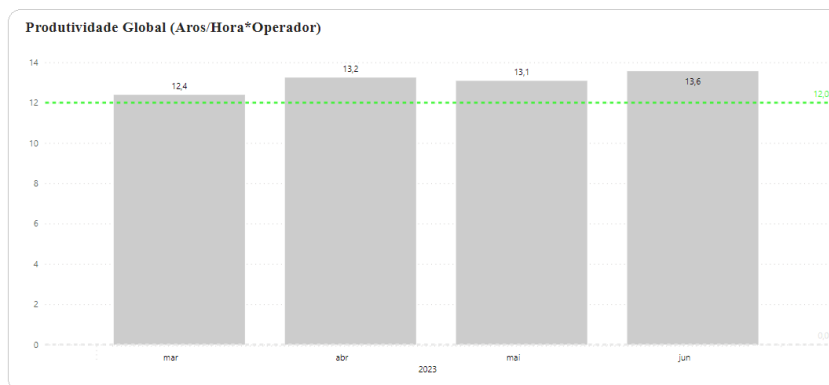


Figura 41- Evolução da produtividade global da produção de aros (Aros/Hora*Operador), no tempo em que decorreu o projeto

A introdução de um novo modelo de planeamento permitiu o nivelamento da carga e balanceamento das operações, resultando na redução do trabalho em progresso. Verifica-se um aumento da produtividade global de 13,3%, passando de 12,0A/H.O. para 13,6 A/H.O. Este aumento global destaca a eficácia da ferramenta de planeamento desenvolvida, que proporcionou uma visão clara da carga e capacidade a longo e médio prazo, bem como o nivelamento da carga por semana. No contexto de redução da procura em que a empresa se encontra, esta ferramenta foi útil na medida em que permitiu à empresa verificar que, em variadas semanas, apenas necessitavam de trabalhar 4 dias para atender à procura da semana.

Ao nível do impacto gerado pela logística interna, no tempo em que decorreu o projeto não foi possível mensurá-lo. Não foi possível avançar para a fase de teste da rota, devido à disponibilidade do novo layout planeado. Acredita-se que não ocorrerão grandes discrepâncias do cenário projetado, pelo facto de se ter realizado cálculos cuidadosos e aproximações considerando os diferentes tipos de caixas e tempos de manuseamento. Atualmente, estamos a trabalhar em conjunto com a equipa para desenvolver uma solução provisória que enfatize o fluxo eficiente de materiais na fábrica, com base nas condições atuais.

Outros aspetos qualitativos, como o nível de entrosamento das equipas, a organização do espaço e o abastecimento contínuo, foram observados e percebidos junto da equipa, mas não foram sistematicamente quantificados neste contexto específico. É importante reconhecer essas limitações e destacar que futuros estudos podem explorar mais a fundo esses aspetos qualitativos, para uma compreensão mais abrangente dos impactos sentidos.

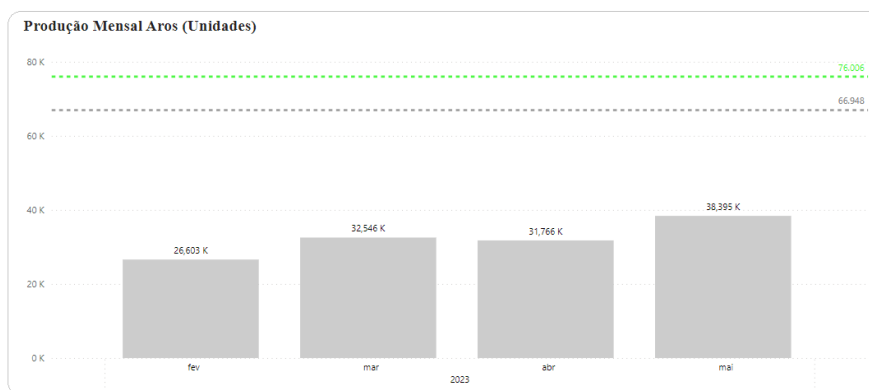


Figura 42- Evolução da produção global de aros (unidades), com base na procura, no tempo em que decorreu o projeto

Em último lugar, demonstra-se na produção mensal de aros (Figura 42) que se mantém um nivelamento de carga considerável nos últimos meses. Conforme mencionado, a procura nesta indústria de ciclismo encontra-se abaixo da capacidade de produção estabelecida. Essa situação tem contribuído para a alocação da carga ao longo das semanas e nivelamento da mesma.

Salienta-se ainda que, pelo cenário de mercado prevalecente, não se atingiu a meta inicialmente estipulada para a produção diária, uma vez que apenas se produz o estritamente necessário, em concordância com as encomendas em carteira. No entanto, a empresa possui os recursos disponíveis para atingir esse patamar.

Os resultados alcançados demonstram melhorias significativas e resultam de uma abordagem integrada que maximiza os benefícios e minimiza as limitações inerentes a cada iniciativa isoladamente. Portanto, é crucial reconhecer que os resultados alcançados são o resultado dessa conjugação de benefícios, proporcionando uma base sólida para o avanço da eficiência e desempenho na indústria de ciclismo estudada.

6. Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

A motivação subjacente à realização deste projeto reside na necessidade de aumentar a produtividade, reduzir o *leadtime* de produção, diminuir o *work-in-progress* e aprimorar a colaboração entre as equipas. No entanto, entre a fase de diagnóstico e o início do projeto, enfrenta-se o desafio adicional de redução na procura e, consequentemente, necessidade de responder a essas flutuações.

A caracterização do estado atual revelou oportunidades claras de melhoria nas movimentações de material, no trabalho das pessoas e na execução de tarefas sem valor acrescentado. A estratégia em *pull-flow* demonstrou-se promissora para superar esses desafios, permitindo um fluxo de materiais mais eficiente, reduzindo desperdícios, conferindo flexibilidade no processo e, dessa forma, melhorando o ajuste às necessidades dos clientes.

O primeiro passo da solução consistiu em reduzir os sete tipos de desperdícios identificados em toda a fábrica. Em seguida, foram realizadas mudanças físicas no *layout* das linhas de produção, de modo a obter maior flexibilidade nos processos e garantir um fluxo contínuo. Para isso, selecionamos a seção de acabamentos, onde as linhas foram dedicadas a referências específicas e as operações foram balanceadas.

De seguida, com a implementação das iniciativas de desenho e dedicação de linhas foi possível otimizar a alocação de recursos, minimizando gargalos de produção e maximizando a capacidade produtiva. Essa abordagem permitiu uma melhor sincronização entre as operações, resultando num fluxo de produção contínuo. Os resultados alcançados nos últimos quatro meses do projeto foram positivos, com um aumento de 67% na produtividade das linhas de acabamento e 13,3% na produtividade global da fábrica.

Além disso, a ferramenta de planeamento desenvolvida para nivelar a procura semanal e dimensionar as necessidades de recursos com base na procura real desempenhou um papel fundamental na gestão eficiente dos recursos nos últimos meses. A par do impacto que a alocação eficiente de recursos tem no aumento de produtividade, a implementação desta ferramenta de planeamento permitiu introduzir flexibilidade na carga horária de trabalho semanal, isto é, encurtar os dias de trabalho semanais e implementar um sistema de banco de horas para os operadores. Esta medida pretende evitar despedimentos coletivos, permitindo aos trabalhadores reduzir a carga de horas trabalhadas por semana e acumulá-las no banco de horas, para uso futuro. A gestão cuidadosa das necessidades de recursos dos bancos de horas e comunicação transparente com os funcionários foram fundamentais para o sucesso da estratégia.

Aquando da implementação das mudanças no *layout* da fábrica, será possível avançar na implementação de uma solução otimizada para a logística interna da fábrica, que garanta o fornecimento contínuo de materiais e produtos nas quantidades adequadas para cada estágio de produção.

Ao longo do projeto foram identificadas diversas oportunidades de intervenção futuras relacionadas com a redução dos tempos de paragem para troca de referências, estudo aprofundado das inconformidades que surgem ao longo do processo, as suas causas e a implementação de soluções de manutenção preventiva. As intervenções enumeradas visam aprimorar ainda mais a eficiência, a qualidade e a confiabilidade dos processos, alinhando-se os objetivos de otimização e aperfeiçoamento contínuo da empresa.

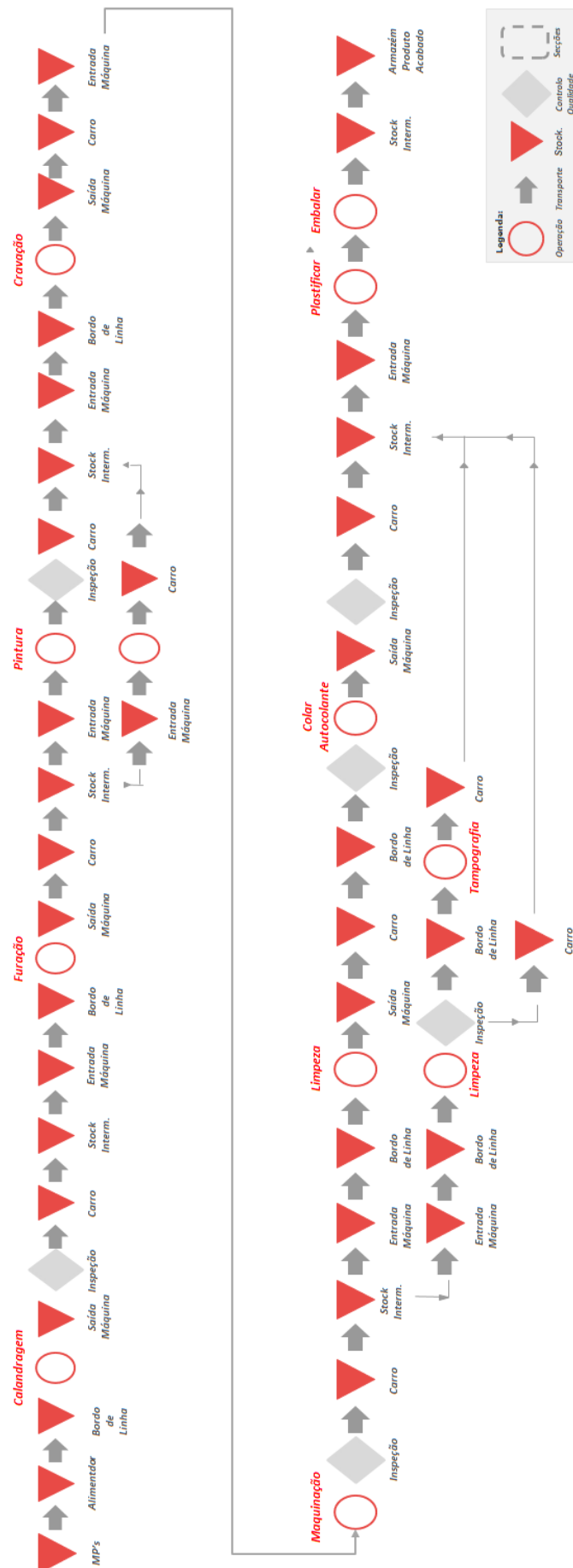
Por fim, acredita-se que a sustentabilidade da empresa depende da capacitação dos trabalhadores em diversas tarefas, a fim de permitir a alocação adequada de *FTEs* em cada seção consoante as necessidades. O verdadeiro desafio tem sido instilar essa necessidade de versatilidade nos trabalhadores.

Referências

- Ashayeri, J., & Kampstra, R. (2004). Demand driven distribution: The logistical challenges and opportunities. *Journal of Banking & Finance - J BANK FINAN*.
- Baluch, N., Abdullah, C. S., & Mohtar, S. (2012). Tpm and lean maintenance-A critical review. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 4, 850–857.
- Bhamu, J., & Singh Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Buchmeister, B., Palcic, I., & Ojstersek, R. (2019). Manufacturing Scheduling Performance – a Case Study. Em B. Katalinic (Ed.), *DAAAM Proceedings* (1.^a ed., Vol. 1, pp. 0020–0029). DAAAM International Vienna. <https://doi.org/10.2507/30th.daaam.proceedings.003>
- Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in logistics and supply chains*. McGraw-Hill Education.
- Costa, F., Kundu, K., Rossini, M., & Portioli-Staudacher, A. (2023). *Comparative study of bottleneck-based release models and load-based ones in a hybrid MTO-MTS flow shop: An assessment by simulation*. 16, 33–48. <https://doi.org/10.1007/s12063-022-00276-6>
- Dadashnejad, A.-A., & Valmohammadi, C. (2018a). Investigating the effect of value stream mapping on operational losses: A case study. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(3), 478–500. <https://doi.org/10.1108/JEDT-11-2017-0123>
- Dadashnejad, A.-A., & Valmohammadi, C. (2018b). Investigating the effect of value stream mapping on operational losses: A case study. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(3), 478–500. <https://doi.org/10.1108/JEDT-11-2017-0123>
- Deslauriers, J.-P. (1987). L’analyse en recherche qualitative. *Cahiers de recherche sociologique*, 5(2), 145. <https://doi.org/10.7202/1002031ar>
- Ghafoorpoor Yazdi, P., Azizi, A., & Hashemipour, M. (2018). An Empirical Investigation of the Relationship between Overall Equipment Efficiency (OEE) and Manufacturing Sustainability in Industry 4.0 with Time Study Approach. *Sustainability*, 10. <https://doi.org/10.3390/su10093031>
- Goldratt, E. M. (1990). *What is this thing called theory of constraints and how should it be implemented?* North River Press.
- Goldratt, E. M., & Cox, J. (2004). *The goal: A process of ongoing improvement* (3rd rev. ed., 20th anniversary ed). North River Press.
- Gupta, M., & Snyder, D. (2009). Comparing TOC with MRP and JIT: A literature review. *International Journal of Production Research*, 47(13), 3705–3739. <https://doi.org/10.1080/00207540701636322>
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To Pull or Not to Pull: What Is the Question? *Manufacturing & Service Operations Management*, 6(2), 133–148. <https://doi.org/10.1287/msom.1030.0028>
- Ōno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Productivity Press.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*.
- Richards, G. (2014). *Warehouse management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (Second edition). Kogan Page Limited.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute.

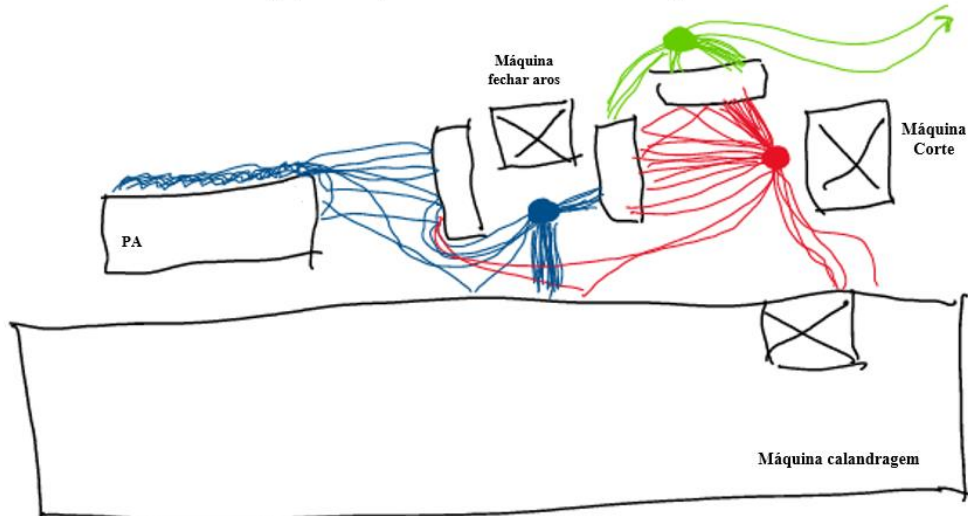
- Sammak Jalali, M., Fatemi Ghomi, s. M. T., & Rabbani, M. (2020). A graph-based decision support system for analyzing hybrid make-to-stock/make-to-order manufacturing environments. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 17. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2020.009>
- Sarbjit, S. (2017). Study on Push/ Pull Strategy Decision Taken by Organizations for Their Products and Services. *Universal Journal of Management*, 5(10), 492–495. <https://doi.org/10.13189/ujm.2017.051004>
- Scholz-Reiter, B., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC-XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(4), 445–451. <https://doi.org/10.1108/17410401211212689>
- Sekaran, U. (1984). *Research methods for managers: A skill-building approach*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Research-methods-for-managers-%3A-a-skill-building-Sekaran/178b9525d95908cd7ddbd8f05969bc2bdb923249>
- Shingo, S. (2007). *Kaizen and the art of creative thinking: The scientific thinking mechanism*. Enna Products Corporation.
- Womack, J., & Jones, D. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Em *Journal of the Operational Research Society* (Vol. 48). <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>
- Wu, K. (2014). *A Unified View on Planning, Scheduling and Dispatching in Production Systems* (arXiv:1407.2709). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1407.2709>
- Yin, R. K. (2012). Case study methods. Em *APA handbook of research methods in psychology, Vol 2: Research designs: Quantitative, qualitative, neuropsychological, and biological* (pp. 141–155). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/13620-009>

ANEXO A:Fluxo de Material Inicial (Versão Completa)



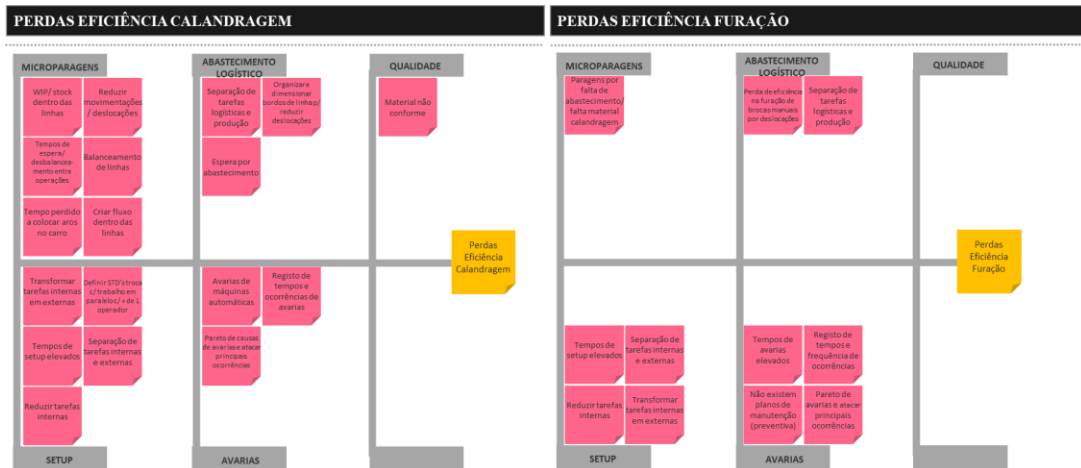
ANEXO B: Resultados das observações no terreno e sessões com as equipas

Spaghetti Diagram na linha manual de calandragem

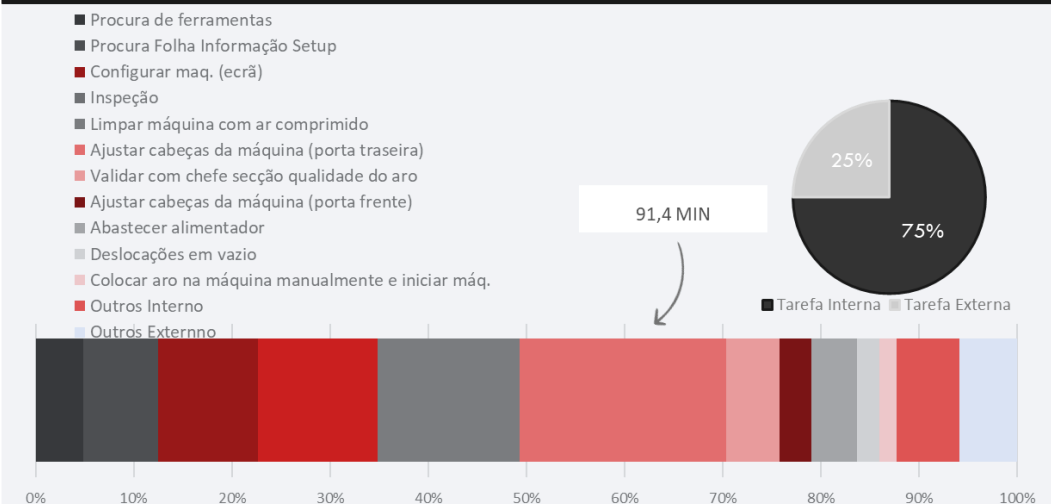


Spaghetti Diagram na secção de limpeza dos aros





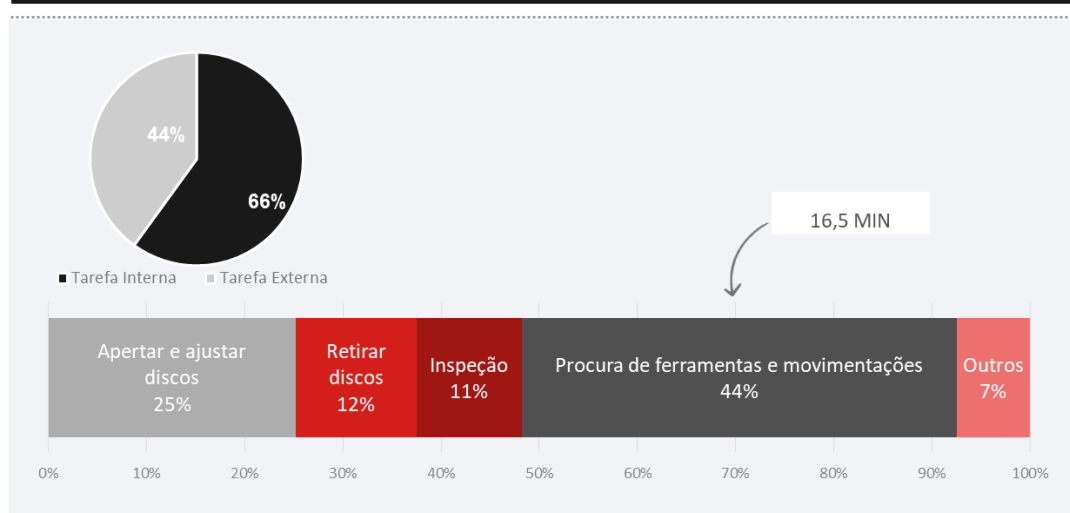
Setup de furação por brocas (automática)



* Tarefa externa: Tarefa que pode ser realizada com a máquina em funcionamento.

* Tarefa Interna: Tarefa realizada apenas com a máquina parada.

Setup calandragem (Alinhamento do rolo + Alinhamento do ângulo)



• Tarefa externa: Tarefa que pode ser realizada com a máquina em funcionamento.

• Tarefa Interna: Tarefa realizada apenas com a máquina parada.

ANEXO C: Análise ABC-XYZ de encomendas e produção

Análise Cravação

A	80%
B	95%
C	100%

X	47
Y	11
Z	0

Nº Referências	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	3	18	1	22		
B	19	5	24			
C	68	72				
Grand Total	3	41	74	118		

Volume Produção	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	679 162	1 308 158	31 469	2 018 789		
B	341 586	55 177	396 763			
C	18 908	110 903	129 811			
Grand Total	679 162	1 668 652	197 549	2 545 363		

TIPO_P	Secção	AROS-CR	IGEM ILHÓS
--------	--------	---------	------------

Artigo	ABC	XYZ	Volume Pro	Nº Máquinas
31R18	A	X	275 297	5
16R32	A	X	274 547	5
28R32	A	Y	208 695	5
33R32	A	Y	147 830	5
22R36	A	Y	137 466	5
17Q32	A	X	129 318	5
16Q32	A	Y	112 359	6

Nº Referências	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	2,5%	15,3%	0,8%	18,6%		
B	0,0%	16,1%	4,2%	20,3%		
C	0,0%	3,4%	57,6%	61,0%		
Grand Total	2,5%	34,7%	62,7%	100,0%		

Volume Produção	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	26,7%	51,4%	1,2%	79,3%		
B	0,0%	13,4%	2,2%	15,6%		
C	0,0%	0,7%	4,4%	5,1%		
Grand Total	26,7%	65,6%	7,8%	100,0%		

TIPO_P	Secção	AROS-CR	IGEM ILHÓS
--------	--------	---------	------------

Sum of QTD_UT	Artigo	ABC	XYZ	NUMMAI	23201	23203	23205	23207	23210	Grand Total
31R18	A	X			51 894	63 841	47 806	48 526	63 230	275 297
16R32	A	X		0	74 252	22 864	47 091	43 658	86 682	274 547
28R32	A	Y			34 486	41 719	32 414	54 967	45 109	208 695
33R32	A	Y			6 937	49 447	20 574	34 681	36 191	147 830
22R36	A	Y			1 457	120 752	13 087	414	1 756	137 466
17Q32	A	X			4 009	8 865	39 068	34 253	43 123	129 318

Análise Furação

A	80%
B	95%
C	100%

X	47
Y	11
Z	0

Nº Referências	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	4	29	1	34		
B	25	17	42			
C	108					
Grand Total	4	54	126	184		

Volume Produ	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	983 947	1 653 968	37 501	2 675 416		
B	363 434	143 784	507 218			
C	167 603	167 603				
Grand Total	983 947	2 017 402	948 888	3 350 237		

TIPO_P	Secção	(Multiple It.)
--------	--------	----------------

Artigo	ABC	XYZ	Sum of Volume	Nº Máquinas
28R32	A	X	309992	8
16R32	A	X	272646	9
31R18	A	X	272477	4
33R32	A	Y	147780	10
22R36	A	Y	138340	3
17Q32	A	X	128832	4
16Q32	A	Y	113618	7
91R28	A	Y	108386	5
48R32	A	Y	91536	7

Nº Referências	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	2,2%	15,8%	0,5%	18,5%		
B	0,0%	13,6%	9,2%	22,8%		
C	0,0%	0,0%	58,7%	58,7%		
Grand Total	2,2%	29,3%	68,5%	100,0%		

Volume Produ	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	29,4%	49,4%	1,1%	79,9%		
B	0,0%	10,8%	4,3%	15,1%		
C	0,0%	0,0%	5,0%	5,0%		
Grand Total	29,4%	60,2%	10,4%	100,0%		

TIPO_P	Secção	(Multiple It.)
--------	--------	----------------

Sum of QTD_U'	Artigo	ABC	XYZ	POSTO_REA	A415	A421	A422	A423	A4231	A4232
28R32	A	X			238 280					
16R32	A	X							50 689	72 490
31R18	A	X								
33R32	A	Y								
22R36	A	Y								
17Q32	A	X								
16Q32	A	Y								
91R28	A	Y								

Análise Produção – Calandragem (Família Produtos – Diâmetro | Perfil)

% Volume Produção

>= Semanas com Produção

A	80%
B	95%
C	100%

X	47
Y	11
Z	0

Nº Referências	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	4	16	20			
B	20	4	24			
C	3	61	64			
Grand Total	4	39	65	108		

Volume Produç	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	1 173 405	1 482 122	2 655 527			
B	475 257	57 348	532 605			
C	23 326	145 265	168 591			
Grand Total	1 173 405	1 980 705	202 613	3 356 723		

Nº Referências	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	3,7%	14,8%	0,0%	18,5%		
B	0,0%	18,5%	3,7%	22,2%		
C	0,0%	2,8%	56,5%	59,3%		
Grand Total	3,7%	36,1%	60,2%	100,0%		

Volume Produç	Column	Labels				
Row Labels	X	Y	Z	Grand Total		
A	35,0%	44,2%	0,0%	79,1%		
B	0,0%	14,2%	1,7%	15,9%		
C	0,0%	0,7%	4,3%	5,0%		
Grand Total	35,0%	59,0%	6,0%	100,0%		

Análise Produção – Furação (Família Produtos – Diâmetro | Perfil | Furação)

% Volume Produção		>= Semanas com Produção	
A	80%	X	47
B	95%	Y	11
C	100%	Z	0

Nº Referências	Column Label				
Row Labels	X	Y	Z		Grand Total
A		4	29	1	34
B			25	17	42
C				108	108
Grand Total	4	54	126		184

Volume Produção	Column Label				
Row Labels	X	Y	Z		Grand Total
A	983 947	1 653 968	37 501		2 675 416
B		363 434	143 784		507 218
C			167 603		167 603
Grand Total	983 947	2 017 402	348 888		3 350 237

Nº Referências	Column Label				
Row Labels	X	Y	Z		Grand Total
A	2,2%	15,8%	0,5%		18,5%
B	0,0%	13,6%	9,2%		22,8%
C	0,0%	0,0%	58,7%		58,7%
Grand Total	2,2%	29,3%	68,5%		100,0%

Volume Produção	Column Label				
Row Labels	X	Y	Z		Grand Total
A	29,4%	49,4%	1,1%		79,9%
B	0,0%	10,8%	4,3%		15,1%
C	0,0%	0,0%	5,0%		5,0%
Grand Total	29,4%	60,2%	10,4%		100,0%

Análise Produção – Cravação (Família Produtos – Diâmetro | Perfil | Furação)

% Volume Produção		>= Semanas com Produção	
A	80%	X	47
B	95%	Y	11
C	100%	Z	0

Nº Referências	Column Label				
Row Labels	X	Y	Z		Grand Total
A		3	18	1	22
B			19	5	24
C			4	68	72
Grand Total	3	41	74		118

Volume Produção	Column Label				
Row Labels	X	Y	Z		Grand Total
A	679 162	1 308 158	31 469		2 018 789
B		341 586	55 177		396 763
C		18 908	110 903		129 811
Grand Total	679 162	1 668 652	197 549		2 545 363

Nº Referências	Column Label				
Row Labels	X	Y	Z		Grand Total
A	2,5%	15,3%	0,8%		18,6%
B	0,0%	16,1%	4,2%		20,3%
C	0,0%	3,4%	57,6%		61,0%
Grand Total	2,5%	34,7%	62,7%		100,0%

Volume Produção	Column Label				
Row Labels	X	Y	Z		Grand Total
A	26,7%	51,4%	1,2%		79,3%
B	0,0%	13,4%	2,2%		15,6%
C	0,0%	0,7%	4,4%		5,1%
Grand Total	26,7%	65,6%	7,8%		100,0%

ANEXO D: Desenho e dedicação de Linhas

Máquinas Calandragem	Máquinas Furação	Linhas Acabamentos	Nº Semanas
21201	21303	1	49
22215	22301	2	
22218	22304	3	
22204	22352	4	
22201	22353	5	
22202	22355	6	
22209	22357	7	
22208	22310	8	
22220	22313	9	
22222	22315	10	
22501	22316		
22510	22317		
22210	22330		
	21309		
	21310		
	22325		
	22326		
	22327		
	22328		
	22331		
	22340		
	22350		
	22351		
	21306		
	21304		

Linha	Procura Semanal	Takt Time	Nº Ref	OEE	Turnos	Nº Operadores	Ocupação Op.	Ocupação Máq.
21201	2907	46.4	54	59.7%	1	2	24%	65%
22215	7157	18.9	8	81.4%	1	1	66%	81%
22218	8547	15.8	30	71.3%	1	1	77%	108%
22204	2263	119.3	30	73.8%	2	4	17%	45%
22201	6205	21.8	44	72.2%	1	3	34%	78%
22202	6759	20.0	90	71.3%	1	3	37%	95%
22209	8955	15.1	73	75.2%	1	3	49%	108%
22208	4088	33.0	8	72.4%	1	1	77%	106%
22220	5622	24.0	7	78.2%	1	1	83%	107%
22222	6368	42.4	6	75.9%	2	1	47%	62%
22501	4015	67.2	24	68.2%	2	3	40%	87%
22510	581	232.2	19	71.3%	1	3	12%	27%
22210	382	353.7	24	69.8%	1	3	8%	18%

DEDICAÇÃO ACABAMENTOS-CALANDRAGEM				
Máquina Calandragem	Linha Acabamentos	Familia Perfil-Tamanh	Sum of Volume Encomendas	Sum of Volume Encomendas2
22209	10		178,782	5.71%
	9		125,632	4.02%
	8		118,419	3.78%
	7		15,950	0.51%
22218	6		162,254	5.19%
	8		123,243	3.94%
	9		76,819	2.46%
	10		35,177	1.12%
	5		21,314	0.68%
22215	2		350,686	11.21%
22202	5		181,062	5.79%
	4		138,669	4.43%
	6		11,450	0.37%
22222	3		312,032	9.97%
22201	9		167,955	5.37%
	10		92,511	2.96%
	8		43,571	1.39%
22220	1		275,493	8.81%
22208	4		200,335	6.40%
22501	7		196,739	6.29%
21201	5		113,228	3.62%
	10		29,208	0.93%
22204	7		107,764	3.44%
	5		3,130	0.10%
22510	5		28,487	0.91%
22210	8		12,320	0.39%
	10		4,900	0.16%
	7		1,478	0.05%
	9		2	0.00%
Grand Total			3,128,643	100.00%

DEDICAÇÃO FURAÇÃO-CALANDRAGEM			
Máquina Furação	Máquina Calandragem	Sum of Volume Encomendas	Sum of Volume Encomendas2
22351	22222	312,032	9.97%
	22218	185,044	5.91%
	22202	145,532	4.65%
	22201	105,878	3.38%
	22209	101,313	3.24%
22357	21201	10,490	0.34%
	22220	273,863	8.75%
	22218	123,902	3.96%
	22501	36,969	1.18%
	22202	28,337	0.91%
22328	21201	25,469	0.81%
	22215	264,180	8.44%
22352	22202	110,332	3.53%
	22201	46,020	1.47%
	22218	38,352	1.23%
	22204	22,294	0.71%
	22501	18,495	0.53%
22355	22510	819	0.03%
	22501	141,221	4.51%
	22204	54,518	1.74%
	22510	18,931	0.61%
22350	22202	5,781	0.18%
	22209	140,912	4.50%
	22218	26,122	0.83%
	22201	13,083	0.42%
	22202	11,189	0.36%
22353	21201	9,164	0.29%
	22201	95,946	3.07%
	22204	26,204	0.84%
	22510	3,723	0.12%
	22220	1,630	0.05%

DEDICAÇÃO ACABAMENTOS FURAÇÃO				
Máquina Furação	Linha Acabamento	Família Perfil-Tamanho-Furação	Sum of Volume Encomendas	Sum of Volume Encomendas2
22351	3	28R32	294,269	9.41%
		28R36	17,763	0.57%
	5	19M36	3,043	0.10%
		21Q32	20,714	0.66%
		25M36	2,160	0.07%
		28Q32	39,106	1.25%
		37Q32	2,410	0.08%
		40M36	259	0.01%
		41M36	1,793	0.06%
		42K16	5,200	0.17%
		42M16	6,600	0.21%
		42M36	562	0.02%
		42Q16	7,000	0.22%
		42Q36	2,360	0.08%
		45F36	4,490	0.14%
		50M32	30,662	0.98%
		50M36	8,672	0.28%
		55M36	1,550	0.05%
		60M36	32,905	1.05%
		61F32	800	0.03%
		61M32	900	0.03%
		61M36	3,420	0.11%
		61M37	2,130	0.07%
	8	55R36	18,095	0.58%
		56R36	7,181	0.23%
		59R28	5,316	0.17%
		59R32	13,228	0.42%
		60R36	82,155	2.63%
	9	40R32	87,334	2.79%
		42R16	20,950	0.67%

ANEXO E: Iniciativas para promover o entrosamento das equipas

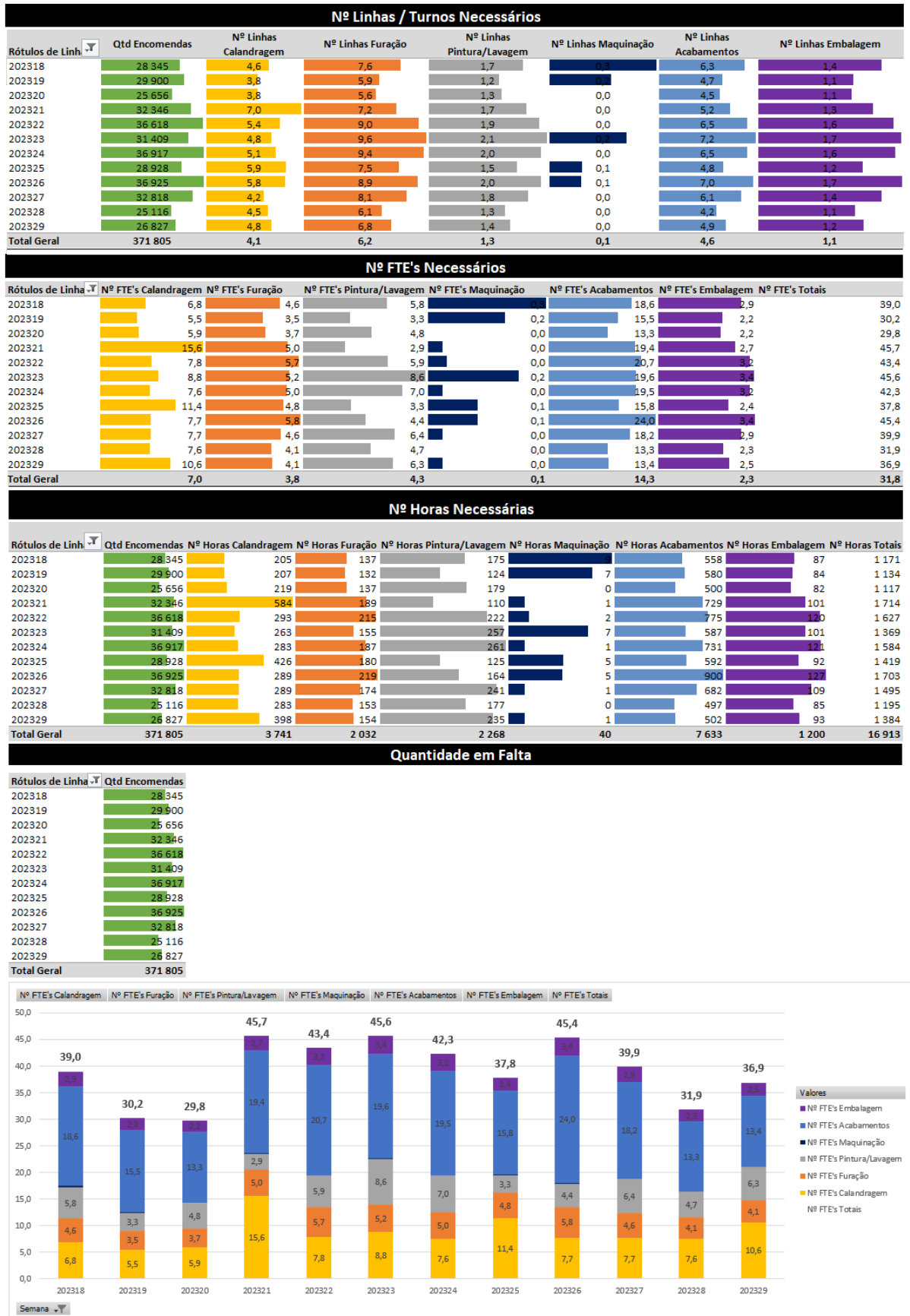
Para implementar mudanças no paradigma de produção e gestão dos processos, torna-se fundamental que se promova uma cultura de melhoria contínua envolvendo as equipas do terreno e sustentando essas alterações a longo prazo. A implementação deste processo dá maior visibilidade ao desempenho das equipas, permitindo à gestão de topo tomar decisões estratégicas mais informadas ou reagir rapidamente a adversidades.

As iniciativas implementadas nesse sentido são descritas de seguida:

- **Alinhamento entre as equipas:** montagem de um quadro na secção de acabamentos com os resultados diários dos principais indicadores de equipa e respetivos objetivos. Esse quadro será o suporte da reunião diária e ajuda a alinhar equipas em torno dos mesmos objetivos.
- **Melhoria da comunicação e organização diária das equipas:** criação de rotinas diárias de reunião da equipa de acabamentos com a chefia da secção. Nesta reunião apresenta-se os números de produção do dia anterior, discute-se os resultados e organiza-se as equipas para a produção do presente dia. Esta ação pretende dar visibilidade ao trabalho desempenhado diariamente, consciencialização dos resultados obtidos e, nesse sentido, apelou-se para a importância de fazer o levantamento das causas nos dias de baixa produtividade.
- **Confirmação de processos normalizados:** implementação de rotinas diárias de confirmação de processos normalizados nas equipas das linhas de produção, de modo a garantir consistência e qualidade na execução das tarefas, independentemente do operador responsável. Para isso, as chefias das secções e a equipa de melhoria contínua da fábrica são envolvidas no processo, o que permite uma compreensão mais clara do padrão de trabalho dos operadores e, no caso da equipa de melhoria contínua, uma maior participação no acompanhamento da evolução das mudanças implementadas. As rotinas de confirmação são realizadas de forma variada para conferir uma maior abrangência na validação dos processos, sendo que a linha a ser auditada e o responsável pela verificação varia constantemente. Na Figura 23 encontra-se um exemplo desta ferramenta física de confirmação de processo, que deve ser prática e simples para agilizar o processo.
- **Fomentar a melhoria contínua dos processos:** implementação de planos de ação nos quadros de equipa que sustente a melhoria contínua dos processos de forma sistemática e orientada. Quando surge uma iniciativa de melhoria, atribui-se um responsável, uma data para finalizar a ação e vai-se atualizando o seu estado no quadro de equipa.

Confirmação de Processos	
LINHA 1	
A linha encontra-se devidamente limpa e arrumada	☐
O material na linha é apenas o necessário e encontra-se corretamente acondicionado e no devido lugar	☐
Não existe stock intermédia de aros em excesso	☐
A linha está a operar de acordo com o standard e layout previsto	☐
Observações:	

ANEXO F: Resumo do modelo de planeamento



ANEXO G: Gestão do projeto

ROADMAP EVENTOS	DETALHE	LÍDER	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
INICIATIVAS														
Desenho de Linhas e Layout Macro	Calandragem, Furação e Acabamentos													
Bordo de Linha	Calandragem, Furação e Acabamentos													
Standard Work	Calandragem, Furação e Acabamentos													
Modelo de Planeamento	Produção Aros													
Logística Interna	Produção Aros													
SMED	Calandragem, Furação e Acabamentos													
Análise de Causas Raiz de Avarias	Calandragem, Furação													
Manutenção Autônoma	Calandragem, Furação													
GESTÃO PROJETO														
Reuniões com os líderes de secção	Quinzenal													
Reuniões com os sponsors do projeto	Mensal													
Reuniões com a alta gestão para análise de resultados	Trimestral													

