

• U • C •

FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Gestão de constrangimentos na produção em lotes – um caso de estudo na indústria das peles

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Constraint management in batch production – a case study in the leather goods industry

Autor

Cassandra Cardoso Neves

Orientador

Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira

Júri

Presidente	Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz Professor da Universidade de Coimbra
Vogal	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira Professor da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

ATEPELI
ATELIERS DE
PORTUGAL

**ATEPELI – Ateliers de
Ponte de Lima, Lda**

Coimbra, setembro, 2019

“A cultura é cara, a incultura é mais cara ainda.”

Sophia de Mello Breyner Andersen, 1975

Aos meus pais,

Agradecimentos

Este trabalho não seria possível sem todo o apoio que me foi prestado para a sua realização.

Aos meus pais, obrigada por todo o encorajamento que me proporcionaram para a conclusão de mais uma etapa na minha vida. Aos meus amigos quero agradecer a paciência que tiveram comigo e a ajuda que me prestaram.

Por último não podia faltar um agradecimento a todas as pessoas com quem tive o prazer de trabalhar na ATEPELI, Lda, pela oportunidade e apoio para a realização deste trabalho.

Resumo

Neste trabalho foi desenvolvido um procedimento para identificar os constrangimentos que as flutuações da procura impõem ao sistema, e eliminá-los de forma sistemática, permitindo assim um aumento da performance de forma incremental.

Este procedimento foi aplicado no contexto da indústria da pequena marroquinaria, numa organização onde o constrangimento do sistema varia significativamente consoante o *mix* de produção de uma determinada semana.

Para identificar o gargalo, foi utilizada uma matriz de capacidade, onde estão indicados os diferentes equipamentos, produtos e respetivos tempos de processamento em cada máquina. A disponibilidade do equipamento foi calculada considerando o tempo médio passado a realizar setups, intervenções da manutenção, paragens programadas e a não qualidade.

Uma limitação deste trabalho é que foi realizado no contexto exclusivo da marroquinaria de luxo, no entanto seria interessante testar a aplicação deste procedimento noutras indústrias.

Palavras-chave: Teoria dos constrangimentos, indústria das peles, gestão de constrangimentos.

Abstract

In this thesis, a procedure was developed to identify the constraints that the fluctuations of the market impose on the system, and systematically identify and eliminate the constraint, thus allowing an incremental increase of performance.

This was applied in the context of the small leather industry, in an organization where the constraint of the system varies significantly depending on the production mix of a given week.

To identify the bottleneck, a capacity matrix was used, which indicates the different equipment, products and respective processing times on each machine. Equipment availability was calculated considering the average time spent performing setups, maintenance interventions, scheduled stops and non-quality.

A limitation of this work is that it was done in the exclusive context of luxury leather goods, however it would be interesting to test the application of this procedure in other industries.

Keywords Theory of constraints, constraints management, leather goods industry.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Simbologia e Siglas	xv
Simbologia.....	xv
Siglas	xv
1. Introdução.....	17
2. Revisão de literatura	19
2.1. Teoria dos constrangimentos	19
2.1.1. O que é um constrangimento e como se identifica.....	22
2.1.2. Passos para implementação	25
3. Metodologia.....	27
3.1. Action Research.....	27
3.2. Descrição da empresa	31
3.2.1. Layout.....	32
3.3. Caso de estudo	34
3.3.1. Definição do objetivo do sistema e das medidas de performance.....	35
3.3.2. Identificação do constrangimento.....	35
3.3.3. Análise do constrangimento e identificação dos focos para a ação.....	39
3.3.4. Exploração do constrangimento	41
4. Resultados.....	45
5. Conclusão	47
6. Referências bibliográficas	49
Anexo A – Matriz de capacidade	51
Anexo B – Tabela de capacidade	52
Anexo C – Descrição dos processos.....	53
Anexo D – Instrução de limpeza	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo apresentado por Zuber-Skerritt & Perry, (2002)	29
Figura 2: Ciclo apresentado por Rowley, (2003)	30
Figura 3: Distribuição dos passos propostos por ambos os autores em cinco fases.....	30
Figura 4: Layout da unidade fabril de Caíde de Rei.....	32
Figura 5: Layout da zona de preparação.....	33
Figura 6: Fluxograma do procedimento seguido neste trabalho.....	34
Figura 7: Exemplo de uma peça que leva coloração	39
Figura 8: Observações iniciais do posto de trabalho	40
Figura 9: Tanque de tinta após limpeza na zona de lavagem centralizada.....	42
Figura 10: Quadro de tolerâncias	44
Figura 11: Observações do posto após implementação das ações	46

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Princípios da teoria dos constrangimentos segundo diversos autores	21
Tabela 2: Tipos de constrangimentos segundo diversos autores	24
Tabela 3: passos identificados por diferentes autores na implementação da teoria dos constrangimentos	26
Tabela 4: Conceitos associados à pesquisa-ação	27
Tabela 5: Componentes do ciclo da pesquisa-ação segundo diferentes autores	28
Tabela 6: Identificação do constrangimento	38
Tabela 7: Decomposição do setup do equipamento de coloração com banda de limpeza ..	41
Tabela 8: Resumo das ações definidas e ganho esperado	45
Tabela 9: Variação do tempo de setup	45

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

n – Número de referências fabricadas

q_i – Quantidade de peças boas produzidas do produto i

t_i – Tempo de processamento do produto i

m – Número de colaboradores na produção

E – Eficácia

NQ_{iA} – Número total de peças KO produzidas no equipamento A

Q_{iA} – Quantidade total de peças produzidas no equipamento A

M_A – Número de equipamentos do tipo A

p – Tempo de paragem programado por máquina

t_A – Taxa de intervenção do equipamento do tipo A

s_A – Tempo de setup do equipamento do tipo A

NS_A – Número de médio de setups por dia do equipamento A

Siglas

WIP – Work In Progress

KO – Produto com defeito não reparável

CRT – Current Reality Tree ou Árvore da Realidade Atual

FRT – Future Reality Tree ou Árvore da Realidade Futura

PRT – Prerequisite Tree ou Árvore dos pré-requisitos

TT – Transition Tree ou Árvore de Transição

EC – Evaporating Cloud ou Nuvem de Evaporação

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado numa unidade fabril de uma empresa que se dedica ao fabrico de componentes de marroquinaria de luxo. No caso desta empresa, o *mix* semanal de produtos varia muito de semana a semana, e como a solicitação do sistema depende do *mix*, o constrangimento também muda consoante os produtos e processos envolvidos. Por isso, o grande desafio está em lidar com os constrangimentos do sistema conforme estes vão mudando em resposta à procura.

Como tal pretende-se desenvolver uma ferramenta que permita identificar os constrangimentos que as flutuações da procura impõem ao sistema e eliminá-los de forma sistemática, permitindo assim aumentar a performance de forma incremental.

Neste trabalho são analisados os diferentes fatores que afetam a capacidade real de um recurso, como por exemplo o nível de qualidade, o tempo passado a efetuar *setups*, entre outros. Esses dados foram utilizados para criar uma tabela de capacidade dos diferentes processos, identificando o ponto de saturação para cada um deles. Esta análise permite-nos quantificar o impacto que cada componente tem na capacidade de um determinado recurso, ajudando assim a priorizar as ações que nos permitem aumentar essa capacidade.

Para além deste capítulo, onde se pretende realçar a relevância do tema trabalho, este trabalho é constituído por mais quatro capítulos. No segundo capítulo é feita uma revisão de literatura onde são introduzidos os conceitos da teoria dos constrangimentos.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia, é introduzido o caso de estudo e é feita uma descrição da empresa antes de se definir o objetivo do sistema e as medidas de performance. Após ter estes pontos definidos e claros, vamos identificar o constrangimento do sistema, analisá-lo e decidir como explorá-lo. São identificadas ações e melhorias que foram implementadas durante a realização deste trabalho que contribuiram para o aumento na capacidade de produção e que se refletem no rendimento da empresa.

No quarto capítulo são discutidos os resultados e no quinto capítulo é feita uma conclusão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste trabalho, antes de se proceder à pesquisa para a revisão bibliográfica, foi definido o processo através do qual seria feita a seleção de artigos a serem analisados. Esse processo pode ser descrito pelos seguintes passos:

- a) Identificação das palavras-chave para a pesquisa
- b) Definição das bases de dados
- c) Análise de títulos
- d) Análise de resumos
- e) Aplicação critérios de exclusão
- f) Análise e síntese

Tendo em conta o objetivo do trabalho, as palavras-chave identificadas para a pesquisa foram: *theory of constraints, constraints management*. As bases de dados utilizadas foram: *science direct, emerald insight* entre outras.

2.1. Teoria dos constrangimentos

Atualmente, para as empresas sobreviverem num ambiente dinâmico e competitivo, necessitam obter vantagens competitivas através da entrega de produtos e serviços de alta qualidade, e com tempos de resposta mais curtos que a concorrência (Rahman, 1998). De acordo com Inman et al. (2009), várias áreas de negócio testemunharam o desenvolvimento de um vasto leque de filosofias e práticas de gestão, focadas na melhoria da qualidade e da produtividade, em particular a teoria dos constrangimentos.

A grande maioria dos autores (Goldratt, 1990; Jackson & Low, 1993; Motwani & Vogelsang, 1996; Rahman, 1998; Malbin & Balderstone, 2003; Izmailov, 2014; Şimşit et al., 2014; Pacheco et al., 2018) afirma que a *performance* de um sistema está limitada pela cadência do constrangimento do sistema, e que o princípio fundamental da teoria dos constrangimentos tornar o sistema mais forte através da identificação e eliminação do ponto mais fraco.

Na tabela 1 podemos ver uma esquematização dos conceitos mencionados por diferentes autores para definir esta teoria. Podemos verificar que todos os autores referem que consiste numa abordagem sistemática que consiste na eliminação de constrangimentos

ou gargalos, com um processo iterativo. Jackson & Low, (1993), Rahman, (1998), Dettmer, (2001), Malbin & Balderstone, (2003), Izmailov, (2014) e Şimşit et al., (2014) defendem que, uma vez que o potencial de uma empresa está limitado ao gargalo do sistema e que a teoria trabalha precisamente na eliminação dos pontos de estrangulamento do sistema. Segundo Goldratt, (1990), Jackson & Low, (1993), Rahman, (1998), Dettmer, (2001), Mabin & Balderstone, (2003) e Şimşit et al., (2014), a teoria dos constrangimentos é versátil na sua utilização, podendo ser aplicada na produção, nos serviços e mesmo em outros processos dentro de uma organização.

Para efeitos deste trabalho, considera-se que o princípio fundamental da teoria dos constrangimentos é a fortificação de um sistema através da identificação e eliminação sistemática dos seus constrangimentos, seguindo um processo iterativo.

Tabela 1: Princípios da teoria dos constrangimentos segundo diversos autores

Conceitos	(Goldratt, 1990)	(Jackson & Low, 1993)	(Rahman, 1998)	(Dettmer, 2001)	(Mabin & Balderstone, 2003)	(Izmailov, 2014)	(Şimşit, Günay, & Vayvay, 2014)
Filosofia de gestão		X	X	X	X	X	X
Foco nos constrangimentos	X	X	X	X	X	X	X
Abordagem sistemática	X	X	X	X	X	X	X
Versátil	X	X	X	X	X		X
Processo iterativo	X	X	X	X	X	X	X

2.1.1. O que é um constrangimento e como se identifica

Um constrangimento, estrangulamento ou gargalo é qualquer parte de um sistema que o esteja a limitar, impedindo que este atinja uma *performance* mais elevada em comparação com o seu objetivo (Goldratt, 1990; Jackson & Low, 1993; Motwani & Vogelsang, 1996; Rahman 1998; Rand, 2000; Dettmer, 2001; Şimşit et al., 2014; Pacheco et al., 2018).

Uma forma fácil de identificarmos o processo constrangido é olharmos para o que está antes e depois do processo, tipicamente quando um processo é um ponto de estrangulamento, a montante tem uma grande quantidade de *WIP* e os processos a jusante ficam a aguardar (Motwani & Vogelsang, 1996).

Para realizar o passo de identificação do gargalo, Dettmer (2001) sugere a integração da teoria dos constrangimentos com a filosofia *lean*, e propõe que devem ser utilizadas ferramentas *lean* como o mapeamento da cadeia de valor, avaliação de produto/quantidade, mapeamento de processos, entre outras em junção com a determinação de capacidade para identificar os pontos de estrangulamento do sistema. Ronen & Spector, (1992) adaptaram um modelo de custo/utilização para analisar a utilização de recursos em relação aos seus custos, que através da determinação da percentagem de utilização e custo marginal de cada elemento do sistema facilita a tomada de decisão em relação ao gargalo. Outra abordagem é proposta por Inman et al., (2009), que fala nas 4 árvores e uma nuvem de Goldratt: *current reality tree* (CRT) ou árvore da realidade atual, *future reality tree* (FRT) ou árvore da realidade futura, *prerequisite tree* (PRT) ou árvore dos pré-requisitos, *transition tree* (TT) ou árvore da transição e *evaporating cloud* (EC) ou nuvem de evaporação. Estas fazem parte do processo de pensamento sugerido por Goldratt e que será descrito noutra secção. Linhares, (2009) calculou a carga requerida em cada recurso para perceber quais os recursos cujos requerimentos excedem a sua capacidade.

Assim, tendo em consideração a literatura revista para a elaboração deste trabalho, podemos então perceber que há um vasto leque de ferramentas que podemos utilizar para identificar o constrangimento do sistema.

2.1.1.1. Tipos de constrangimentos

Na literatura revista, podemos identificar seis conceitos para descrever constrangimentos de diferentes tipos sumarizados na tabela 2.

Segundo Goldratt, (1990) e Rahman, (1998), o que acontece normalmente dentro de uma organização é que criamos regras devido à existência de um constrangimento e, uma vez que o constrangimento foi eliminado, não revemos essas mesmas regras. De uma forma semelhante, Mabin & Balderstone, (2003) dizem que um constrangimento de política ocorre quando existem mudanças na organização enquanto as políticas se mantêm inalteradas. Como consequência, estes autores defendem que os nossos sistemas estão maioritariamente limitados por constrangimentos resultantes de procedimentos obsoletos que restringem a utilização de um recurso. Por outro lado, Ronen & Spector, (1992) definem um constrangimento de política como sendo um recurso constrangido de baixo custo, ou seja, um componente saturado de custo relativo reduzido. Motwani & Vogelsang, (1996) referem este tipo de constrangimento, no entanto não esclarecem a forma como o definem.

Um constrangimento externo ou de mercado acontece quando a procura é inferior à capacidade de produção do sistema (Ronen & Spector, 1992; Rahman, 1998). Estes estrangulamentos podem surgir devido a políticas de *marketing* desatualizadas (Goldratt, 1990), excedente de capacidade planeado ou uma queda inesperada na procura (Ronen & Spector, 1992).

Um constrangimento interno ou de recurso deriva diretamente da capacidade de um recurso, como por exemplo a capacidade de uma máquina (Goldratt, 1990; Ronen & Spector, 1992; Motwani & Vogelsang, 1996). Jackson & Low, (1993) são os únicos autores na tabela que se referem a um constrangimento como sendo físico ou não-físico. Tal como Mabin & Balderstone, (2003), definem um constrangimento físico da mesma forma que os restantes definem um constrangimento interno ou de recurso, e um constrangimento não-físico como sendo derivado de uma redução na procura, falta de fiabilidade de fornecedor, políticas da empresa, etc.

Mabin & Balderstone, (2003), referem ainda os constrangimentos comportamentais, que ocorrem quando as políticas da empresa conduzem a um determinado comportamento e, mesmo depois da política ser alterada, o comportamento persiste.

Para efeitos deste trabalho não são relevantes os constrangimentos de mercado pois numa perspetiva do ambiente fabril, não é possível delinear ações para aliviar estes estrangulamentos. Como tal, distinguimos os seguintes tipos de constrangimento:

- Interno ou de recurso, que acontece quando o que limita o sistema é a capacidade de um recurso;
- De política, que acontece quando regras e procedimentos obsoletos continuam a ser aplicados, levando à indevida utilização da capacidade de um recurso;
- Comportamental, que acontece devido à resistência à mudança que ocorre mesmo após a alteração de políticas e procedimentos obsoletos.

Tabela 2: Tipos de constrangimentos segundo diversos autores

Conceitos	Externo ou de mercado	Interno ou de recurso	De política	Físico	Não-físico	Comportamental
(Goldratt, 1990)	X	X	X			
(Ronen & Spector, 1992)	X	X	X			
(Jackson & Low, 1993)				X	X	
(Motwani & Vogelsang, 1996)	X	X	X			
(Rahman, 1998)	X		X	X		
(Mabin & Balderstone, 2003)			X	X		X

2.1.2. Passos para implementação

A tabela 3 ilustra os passos para implementação da teoria dos constrangimentos, segundo diversos autores. Todos os autores defendem a existência de pelo menos cinco passos para a implementação da teoria dos constrangimentos: identificar o constrangimento, decidir como explorá-lo, subordinar tudo a essa decisão, elevar o constrangimento, repetir quando o constrangimento for eliminado. Goldratt, (1990), Ronen & Spector, (1992), entre outros, defendem que antes destes passos, devemos definir o objetivo do sistema, porque sem um objetivo claro e bem definido, corremos o risco de despender recursos em ações de melhoria que não estão alinhados com os objetivos da organização.

Ronen & Spector, (1992), Rahman, (1998) e Akman & Özcan, (2016) defendem ainda que, antes identificar o gargalo, devem ser definidas as medidas de performance que são representativas do objetivo do sistema, de forma a que possamos avaliar os indicadores críticos.

Para efeitos deste trabalho, a aplicação desta teoria vai ser realizada seguindo os seguintes passos:

- a) Definir o objetivo do sistema;
- b) Definir as medidas de performance;
- c) Identificar o constrangimento do sistema;
- d) Decidir como explorar o constrangimento;
- e) Subordinar tudo à decisão acima;
- f) Elevar o constrangimento do sistema;
- g) Se em algum passo o constrangimento for eliminado voltar ao passo c).

Tabela 3: passos identificados por diferentes autores na implementação da teoria dos constrangimentos

Passos identificados	(Goldratt, 1990)	(Ronen & Spector, 1992)	(Jackson & Low, 1993)	(Motwani & Vogelsang, 1996)	(Rahman, 1998)	(Rand, 2000)	(Dettmer, 2001)	(Okutmu,s et. al., 2015)	(Akman & Özcan, 2016)
Definir o objetivo do sistema	X	X	X		X	X	X		X
Definir as medidas de performance		X			X				X
Identificar o constrangimento do sistema	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Decidir como explorar o constrangimento	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Subordinar tudo à decisão acima	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Elevar o constrangimento do sistema	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Se em algum passo o constrangimento for quebrado, voltar ao passo de identificação do constrangimento	X	X	X	X	X	X	X	X	X

3. METODOLOGIA

3.1. Action Research

A pesquisa-ação ou *action research* tem vindo a provar a sua utilidade com o crescente reconhecimento de sua amplitude como campo de prática de pesquisa e com a sua profundidade como discurso de conhecimento teórico (Altrichter et. al., 2002).

Esta forma de investigação permite resolver um problema significativo da vida real, de forma colaborativa e assim contribuir para a aprendizagem da organização, podendo também utilizar esse trabalho de campo desenvolver uma tese ou dissertação (Zuber-Skerritt & Perry, 2002).

Isto significa que a pesquisa-ação pode ser aplicada num contexto académico e, segundo Rowley, (2003) a expectativa académica é que estes projetos, que normalmente formam um elemento determinante no percurso de um estudante, providenciam uma oportunidade para o estudante pôr em prática a teoria que aprendeu. O objetivo é aprofundar o conhecimento, análise e espírito crítico ao mesmo tempo que se aplicam os conceitos teóricos de um ponto de vista que em se consiga tirar conclusões acerca da organização.

Tabela 4: Conceitos associados à pesquisa-ação

Conceitos	(Zuber-Skerritt & Perry, 2002)	(Altrichter et. al., 2002)	(Rowley, 2003)
Colaborativo	X	X	X
Aprendizagem pela ação	X	X	X
Introdução de mudanças			X
Gerar novo conhecimento	X	X	X
Produção de um relatório	X	X	X

A tabela 4 resume os conceitos utilizados por diferentes autores para definir a pesquisa-ação. Podemos verificar que todos os autores defendem que a pesquisa-ação é uma forma de investigação que envolve a resolução de um problema de forma colaborativa e envolve uma aprendizagem pela ação, ao mesmo tempo que gera novo conhecimento através da produção de um relatório. No entanto, apenas Rowley, (2003) refere que o investigador se torna ativamente envolvido no planeamento e na introdução de mudanças, e depois monitoriza essas alterações para aprender com o processo.

Para efeitos deste trabalho considerou-se que a pesquisa-ação é uma metodologia de investigação que envolve a resolução de um problema real de forma colaborativa, onde o investigador funciona como um agente de mudança com o objetivo de aprender com o processo através dessa aprendizagem gerar novo conhecimento e reuni-lo num documento escrito.

Tabela 5: Componentes do ciclo da pesquisa-ação segundo diferentes autores

Componentes do ciclo da pesquisa-ação	(Zuber-Skerritt & Perry, 2002)	(Altrichter et. al., 2002)	(Rowley, 2003)
Contexto e propósito			X
Diagnóstico			X
Planeamento	X	X	X
Ação	X	X	X
Observação	X	X	X
Reflexão	X	X	X

Na tabela 5 podemos encontrar o ciclo da pesquisa-ação como definido por diferentes autores. Ao analisar a tabela verificamos que todos os autores concordam em quatro componentes deste ciclo: planeamento, ação, observação e reflexão, no entanto distribuem-nas segundo diferentes fases. Altrichter et. al., (2002) defende que cada uma destas componentes representa uma fase. Identificando as mesmas etapas, Zuber-Skerritt & Perry, (2002) discriminam os pontos chave a serem realizados em cada uma das fases (figura 1).

Apenas Rowley, (2003) menciona uma pré-fase deste ciclo: o contexto e propósito, que se foca em estabelecer o contexto para a intervenção da pesquisa-ação. O ciclo proposto por este autor pode ser encontrado na figura 2.

Ao compararmos os dois ciclos podemos constatar que apesar de Rowley, (2003) introduzir o conceito de uma pré-fase, Zuber-Skerritt & Perry, (2002) entram em muito mais detalhe sobre os passos de cada etapa que complementam o que é proposto por Rowley, (2003). Na figura 3 está representada uma distribuição dos passos identificados por ambos os autores seguindo cinco fases. Este será o ciclo utilizado neste trabalho.

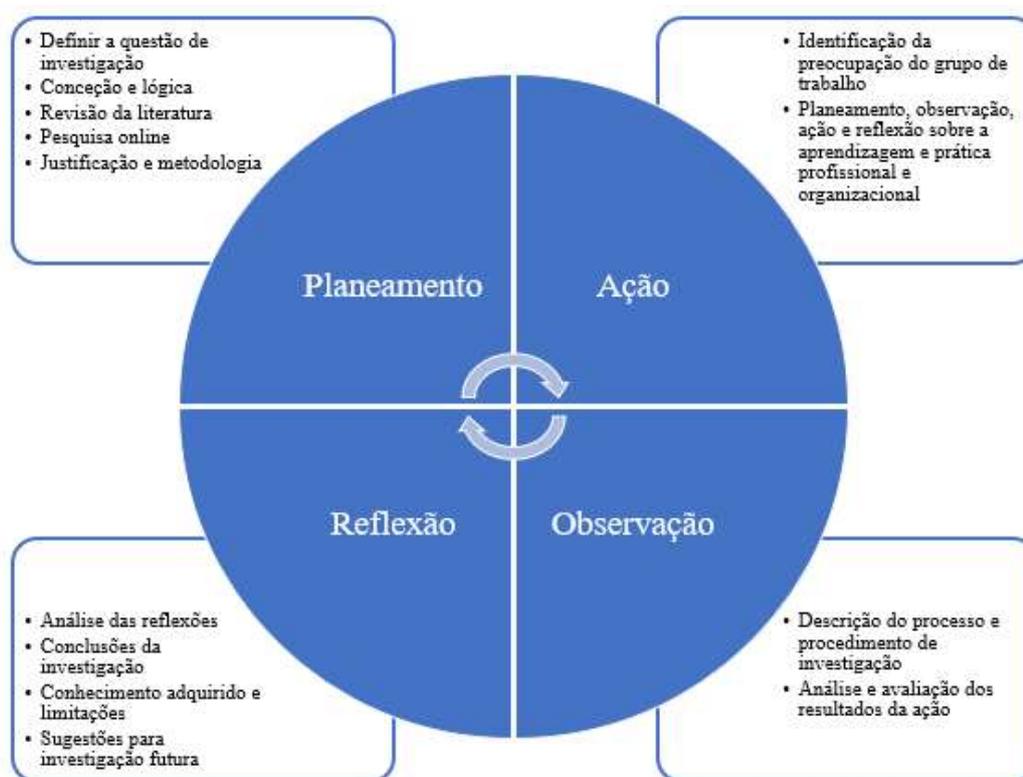


Figura 1: Ciclo apresentado por Zuber-Skerritt & Perry, (2002)

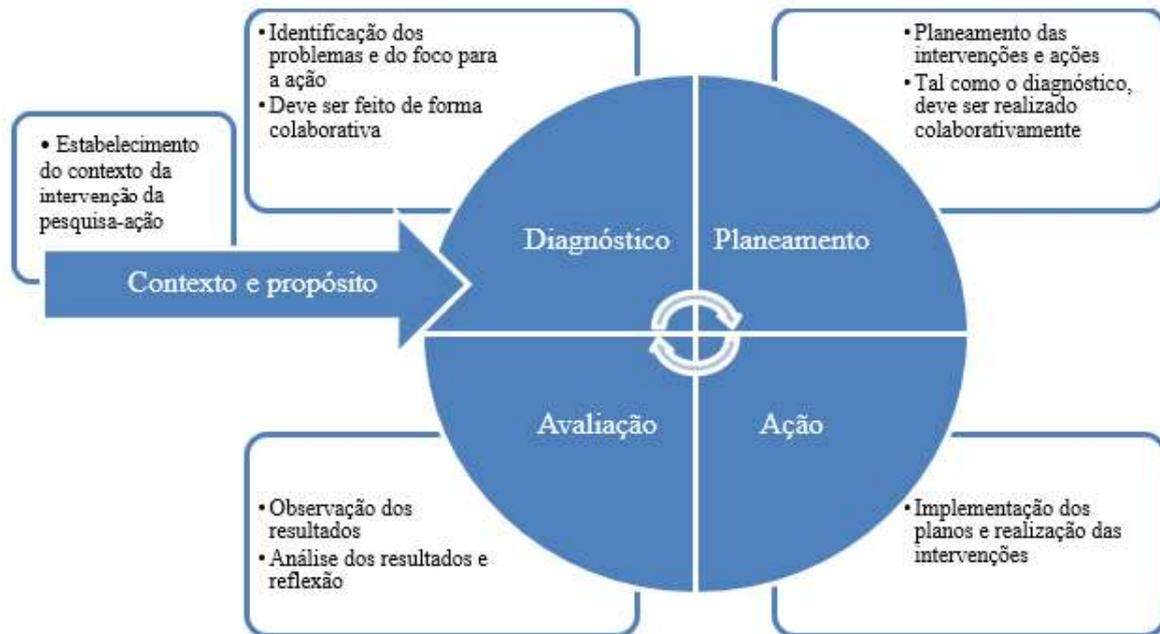


Figura 2: Ciclo apresentado por Rowley, (2003)

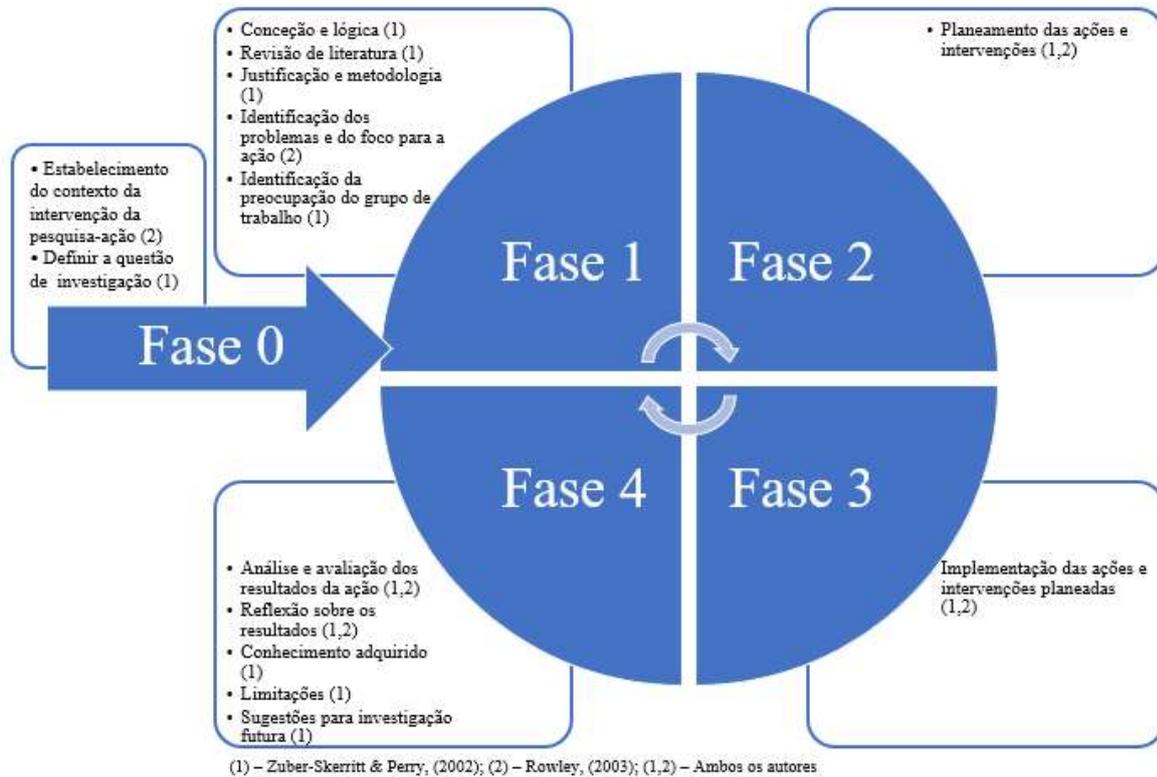


Figura 3: Distribuição dos passos propostos por ambos os autores em cinco fases

3.2. Descrição da empresa

A ATEPELI, Lda. é uma empresa que integra um dos maiores grupos multinacionais de produtos de luxo, presente em mais de 60 países.

Foi fundada em 2008 com a abertura da primeira unidade fabril em Ponte de Lima e atualmente conta com mais uma fábrica em Caíde de Rei, aberta a 28 de abril de 2018, e mais de 700 colaboradores. Como esta empresa se dedica ao fabrico de componentes de marroquinaria para produtos de moda, no âmbito da produção é necessário gerir ordens de fabrico de centenas de produtos diferentes. Devido à natureza dos produtos de luxo, as encomendas para cada referência são de quantidades reduzidas, pelo que a produção é feita em pequenos lotes. Estes produtos têm diferentes tempos de processamento e passam por diferentes processos para serem produzidos, o que significa que os recursos saturados dependem intimamente do *mix* de produção de uma determinada semana.

A grande variedade de referências produzidas, bem como a grande rotatividade dos produtos criam um ambiente em que o plano de produção se altera significativamente de uma semana para a outra, o que torna a gestão de recursos uma tarefa difícil. Numa determinada semana podemos ter um constrangimento, por exemplo no corte, se tivermos muita carga de produtos com padrão, onde é necessário fazer mais do que um corte, todos com necessidade de centrar a ferramenta. No entanto, na semana seguinte este mesmo processo pode estar a operar apenas a metade da sua capacidade.

No que diz respeito a equipamentos de baixo custo, como os equipamentos de coloração unitária sem banda de limpeza, aumentar a capacidade através da aquisição de mais equipamentos é uma opção viável e facilmente suportada pelo rápido retorno do investimento. Por outro lado, quando estamos a falar de máquinas associadas a um investimento mais elevado, ou que ocupem uma área acima do valor da área média de um posto de trabalho, a decisão deve ser ponderada, e estas ações muitas vezes concretizam-se a médio-longo prazo.

Como tal, é necessário encontrar soluções que permitam libertar a capacidade de um constrangimento a curto prazo, permitindo aumentar o *output* máximo de produção que conseguimos obter numa determinada semana.

3.2.1. Layout

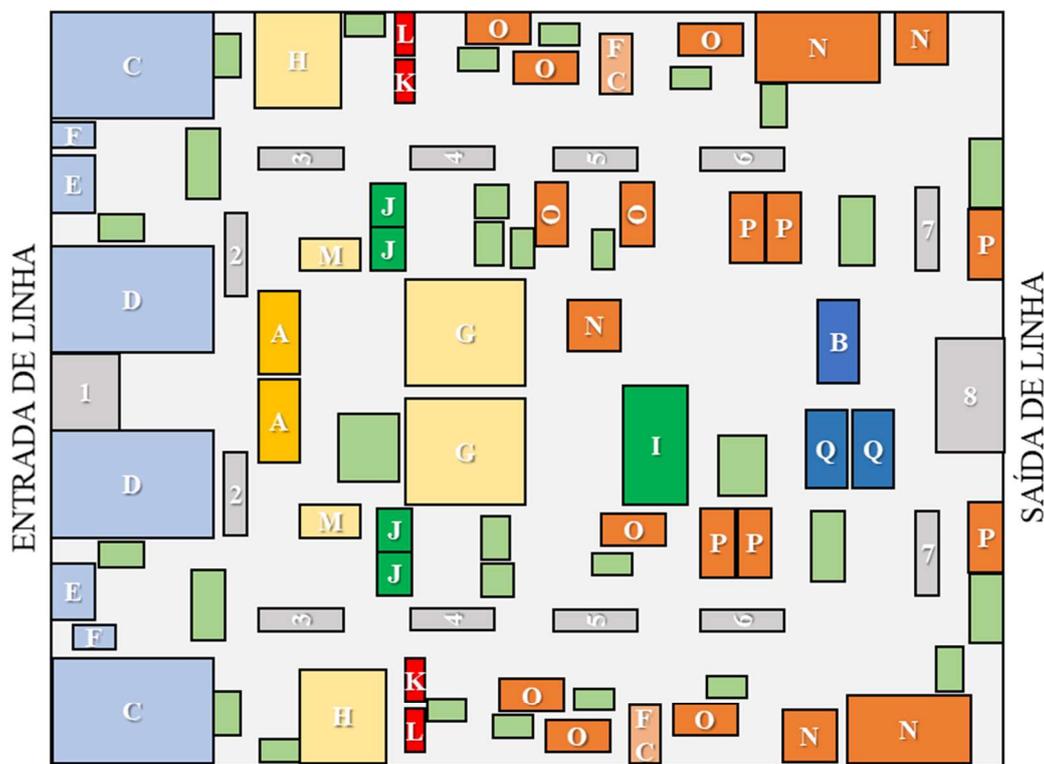
O trabalho desenvolvido nesta dissertação foi realizado na unidade de Caíde de Rei, que se especializa na produção de componentes planos e é composta por um armazém, uma área de manutenção e duas zonas produtivas (figura 4): a preparação, onde são feitas as operações que envolvem equipamentos pesados e de maiores dimensões, e as operações de coloração; e a montagem, onde são realizadas as operações manuais, como costura, queima de fios, cravação de molas e colocação de peças metálicas.



Figura 4: Layout da unidade fabril de Caíde de Rei

Para melhor acomodar as necessidades produtivas, cada uma destas zonas está organizada segundo um layout por processo. Os processos que se realizam na zona de preparação são: igualizar, que é necessário para colocar a pele toda com a mesma espessura e desta forma permitir uma peça com um acabamento uniforme; colagem, onde é feita a união da pele com os reforços e outra camada de pele através da aplicação de cola a frio ou de cola reativável; corte, que confere o dimensional ou forma da peça e pode ser realizado com ou sem centragem, dependendo se são produtos com um padrão; corte filateado, onde é feito um corte na peça, ao produto ao mesmo tempo que é gravada uma inscrição na pele, e só pode ser feito em peças de pequena dimensão; filateado, onde são gravadas duas linhas paralelas ao longo do componente; coloração, que dependendo dos produtos pode ser feita em lote ou peça a peça; e rampeado, onde se remove matéria em rampa para permitir a colagem do componente quando avança para a linha de montagem.

Na figura 5 podemos ver o layout da zona de preparação, onde foram concentrados os esforços desenvolvidos neste trabalho.



Legenda

- 1. Rack de abastecimento da preparação
- 2. Rack de colagem
- 3. Rack de corte
- 4. Rack de corte filateado
- 5. Rack de coloração unitária
- 6. Rack de coloração em lote
- 7. Rack de igualizar negativo/rampear
- 8. Rack de abastecimento da montagem
- Equipamentos de apoio
- Igualizar
- Colagem
- Corte
- Corte filateado
- Filateado
- Coloração
- Rampear
- FC - Forno de coloração

Figura 5: Layout da zona de preparação

3.3. Caso de estudo

Tendo em conta o contexto de a organização, e a necessidade de encontrar soluções que permitam rapidamente libertar capacidade de um gargalo, este trabalho pretende desenvolver uma ferramenta que permita, de forma sistemática, identificar os constrangimentos que as flutuações da procura impõem ao sistema e eliminá-los, permitindo assim aumentar o *output* máximo do sistema.

No fluxograma apresentado na figura 6 podemos encontrar o procedimento de identificação e eliminação de constrangimentos seguido na realização deste trabalho. Começamos por definir o objetivo do sistema e as medidas de *performance* adequadas a esse objetivo. Para identificar o constrangimento, foi desenvolvida uma tabela de capacidade levando sob consideração fatores como o tempo despendido em setups, intervenções da manutenção, paragens programadas e a não qualidade, de forma a determinar a capacidade real de cada equipamento e poder identificar o gargalo com base na solicitação que é imposta ao sistema. O passo seguinte será analisar o constrangimento com recurso a uma observação de posto, de forma a identificar o foco para ação e posteriormente decidir como explorar o constrangimento.

De seguida serão implementadas as ações definidas para elevar o constrangimento e será feita uma nova observação para seguir os resultados.

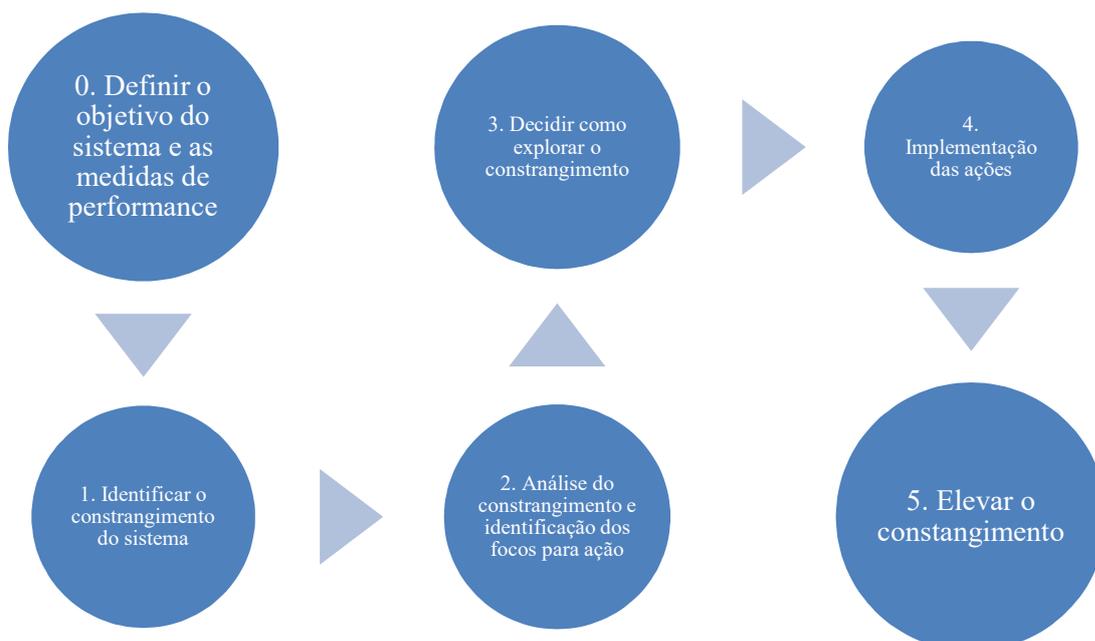


Figura 6: Procedimento de identificação e eliminação de constrangimentos

Para demonstrar a implementação do procedimento vamos utilizar os dados de uma semana em particular.

3.3.1. Definição do objetivo do sistema e das medidas de performance

O objetivo do sistema é entregar as encomendas, nas quantidades e no momento acordado. Para tal, é necessário conhecer os pontos que limitem a capacidade do sistema de responder às solicitações que nele são colocadas. No caso estudado, o sistema é limitado pelo número de horas disponíveis para produção. Todos os equipamentos da fábrica necessitam de um operador para realizar o processo, pelo que o número de horas passadas a produzir dependem do número de operadores e da capacidade e solicitação de cada processo. Se temos um processo sobrecarregado, os processos subsequentes ficam a aguardar trabalho, o que significa que durante esse tempo, o operador não está a produzir, reduzindo o número de horas produzidas, tendo um impacto no *output* do sistema.

Como tal, a medida de performance utilizada, à qual vamos chamar de eficácia E , permite perceber a taxa de utilização da mão-de-obra. No numerador da equação (1) temos o número de horas produzidas, calculado ao multiplicar as quantidades produzidas de cada produto q_i , pelo respetivo tempo de processamento t_i . O denominador representa o número de horas disponíveis, resultando da multiplicação do número de operadores m , pelo número de horas de produção (os colaboradores trabalham em turnos de oito horas, com um intervalo de trinta minutos a meio do turno).

$$E = \frac{\sum_i^n q_i \times t_i}{m \times 7,5} \quad (1)$$

3.3.2. Identificação do constrangimento

Para auxiliar na elaboração do plano de produção dos diferentes dias da semana, a empresa utiliza uma matriz de capacidade, onde tem listado cada produto e o tempo de ciclo de cada processo, bem como a capacidade disponível, em horas para cada processo. No anexo A podemos encontrar um excerto dessa ferramenta. Na primeira coluna encontramos as quantidades planeadas de cada produto numa determinada semana, bem como o tempo de processamento, em horas, em cada equipamento.

Ao multiplicar a quantidade requerida de cada referência pelos respetivos tempos de processamento, obtemos o tempo requerido em cada recurso, permitindo perceber

qual o processo limitante perante um determinado *mix* de produção. Como o tempo que uma máquina vai depender de vários fatores, como por exemplo o tempo de *setup*, o nível de qualidade, paragens programadas, avarias, etc., a empresa considera que quando o tempo requerido num recurso representa oitenta por cento ou mais da sua capacidade, estamos perante um gargalo. No entanto, esse número não é aplicável para todos os processos.

Por exemplo, os equipamentos de coloração necessitam de, no mínimo, dois *setups* por turno, sendo que é obrigatório renovar completamente a tinta do depósito para garantir a qualidade do produto, o que implica a limpeza do depósito e, por consequência, um novo *setup*. Como a fábrica funciona dezasseis horas por dia com dois turnos, estes equipamentos têm pelo menos 4 *setups* por dia, com durações dependentes do equipamento.

Para calcular o ponto a partir do qual um recurso é considerado um constrangimento, foi considerada a influência do tempo de *setup*, o tempo de paragens programadas, o tempo de paragens por avaria e o nível de qualidade de cada processo.

Para determinar o nível de qualidade de cada processo, foram utilizados os dados de declaração de produção das linhas. Foi-se procurar o número de peças com defeito não reparável que foram produzidas em cada um dos equipamentos $\sum_{i=1}^n NQ_{iA}$, bem como o total de peças produzidas $\sum_{i=1}^n q_{iA}$, e utilizou-se esse rácio para calcular o nível de qualidade de cada processo.

$$Qualidade_A = \frac{\sum_{i=1}^n NQ_{iA}}{\sum_{i=1}^n q_{iA}} \quad (2)$$

Para calcular as paragens programadas, multiplicou-se o tempo programado de paragem por máquina p , pelo número de máquinas de um determinado tipo M_A .

$$Paragem\ programada_A = p \times M_A \quad (3)$$

Para obter o tempo parado por intervenções da manutenção, multiplicou-se a taxa de intervenção t_A , que representa a percentagem de tempo em que é necessária uma intervenção da manutenção, pelo número de máquinas de um determinado tipo M_A .

$$Intervenção\ da\ manutenção_A = M_A \times t_A \quad (4)$$

Os tempos de *setup*, foram calculados ao multiplicar o tempo de *setup* de cada tipo de equipamento s_A , pelo número médio de *setups* nessa máquina NS_A e pelo número de máquinas de um determinado tipo M_A .

$$Tempo\ de\ setup_A = M_A \times s_A \times NS_A \quad (5)$$

A componente da não qualidade comporta todos os produtos que foram declarados como não conforme sem possibilidade de reparação, de agora em diante referidos como *KO*. Aqui não foram incluídas peças não conforme reparáveis porque a empresa não faz esse seguimento e não foi possível extrapolar esses dados.

A parcela das paragens programadas surge como consequência da pausa de trinta minutos a que cada colaborador tem direito no seu dia de trabalho de oito horas, o que implica que cada artesão está a trabalhar na linha de produção durante sete horas e meia.

Os setups são referentes às alterações de ferramenta, calibrações dos equipamentos, mudanças de cor e de parâmetros realizados pelo pessoal da produção sem necessidade de intervenção por parte da manutenção. As intervenções da manutenção dizem respeito a operações de manutenção corretiva ou regulações dos equipamentos que só podem ser realizados pelos técnicos de manutenção.

Foi feita uma análise de carga de uma determinada semana com os valores do ponto de estrangimento de cada equipamento previamente calculados, e mostrados no anexo B.

Uma vez que isto significa que o ponto de saturação (8) vai ser diferente de equipamento para equipamento, foi utilizado um indicador designado de nível de saturação, que representa o rácio entre a taxa de utilização e o ponto de saturação. A equação (6) representa o ponto de saturação, que é o rácio entre a capacidade real e a capacidade teórica e a equação (7) diz respeito à taxa de utilização que por sua vez é calculada ao dividir as horas solicitadas por semana pela capacidade semanal real. O equipamento que está a restringir o output do sistema é o que apresentar o maior nível de saturação.

$$\text{Ponto de saturação} = \frac{\text{Capacidade real}}{\text{Capacidade teórica}} \quad (6)$$

$$\text{Taxa de utilização} = \frac{\text{Horas solicitadas}}{\text{Capacidade real}} \quad (7)$$

$$\text{Nível de saturação} = \frac{\text{Taxa de utilização}}{\text{Ponto de saturação}} \quad (8)$$

Na tabela 6 encontramos a identificação do estrangimento para uma semana específica. É de notar que há 8 equipamentos cujo nível de saturação é maior ou igual a 1, o que significa que qualquer um destes equipamentos está a ser solicitado acima da sua capacidade, no entanto, vamos começar pelo equipamento com maior taxa de utilização, pois é esse que limita a performance do sistema. Neste caso verificamos que o equipamento O,

de coloração unitária com banda de limpeza, é o recurso com maior taxa de utilização, sendo este 1,95.

Tabela 6: Identificação do constrangimento

Processo	Ponto de saturação	Taxa de utilização	Nível de saturação
A	0,84	0,74	0,88
B	0,81	0,29	0,36
C	0,77	0,80	1,03
D	0,77	1,11	1,45
E	0,87	0,97	1,12
F	0,87	0,32	0,37
G	0,80	0,80	1,00
H	0,79	1,18	1,49
I	0,77	1,21	1,56
J	0,83	0,17	0,21
K	0,78	1,04	1,34
L	0,80	0,03	0,04
M	0,81	0,07	0,08
N	0,82	0,57	0,69
O	0,76	1,48	1,95
P	0,83	0,13	0,16
Q	0,85	0,60	0,70

Apesar deste equipamento ter sido identificado como gargalo na matriz de capacidade, é necessário confirmar esta situação, de forma rápida e simples, pois o nível de saturação dos equipamentos depende também do ritmo ao qual os operadores realizam um determinado processo e, sendo a unidade fabril de Caíde de Rei uma fábrica em crescimento, o impacto do ritmo é mais relevante devido à presença de artesãos sem experiência.

Como tal, foi efetuada uma rápida observação na zona de produção e constatou-se que o *rack* a montante do equipamento O não só estava cheio como era o *rack* com maior número de caixas na linha, e o *rack* a jusante estava vazio. É de referir que a coloração, assim como a colagem são considerados processos críticos pois têm um impacto direto na durabilidade do produto, e como tal todos os produtos passam por este processo em algum tipo de equipamento.

3.3.3. Análise do constrangimento e identificação dos focos para a ação

Para sermos capazes de decidir como explorar o constrangimento, foi necessário obter dados. Com isso em mente, foram feitas várias observações de posto em equipamentos do tipo O para decompor as operações realizadas e desenvolver uma ficha de observação.

Neste posto, o operador realiza a coloração da lateral das peças, fazendo uma primeira passagem com um primário para cobrir as imperfeições da pele. Este primário deve secar a uma temperatura ambiente durante quarenta minutos antes da peça ser colocada num forno a uma temperatura de 50°C durante uma hora e meia. Após este período de secagem, é feita a coloração da lateral da peça com a tinta na tonalidade final. À semelhança do primário, a tinta deve secar quarenta minutos à temperatura ambiente e posteriormente num forno a 50°C durante uma hora e meia antes de poder avançar para o processo seguinte. Para não danificar a coloração, este processo é efetuado um lado de cada vez. Os produtos mais compridos requerem a utilização de uma calha onde são encaixados para permitir maior estabilidade na realização do gesto de coloração. A banda de limpeza é utilizada como parte do processo para limpar o rebordo de primário ou de tinta que se forma nas peles texturadas. No caso de a peça ficar com uma falha na coloração, é utilizada uma caneta de feltro (sem tinta) para recolher tinta da banda onde esta circula, e retocar a zona da falha.

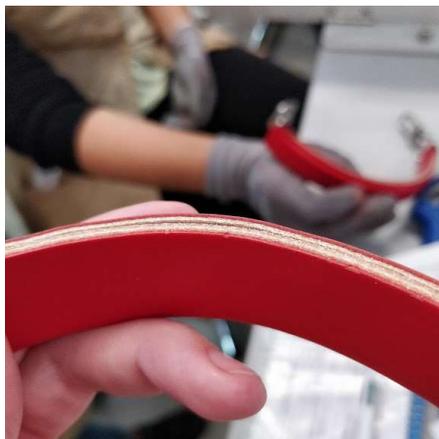


Figura 7: Exemplo de uma peça que leva coloração

As observações de posto foram efetuadas com vários operadores, máquinas e turnos, e foi medido o tempo passado a fazer cada uma das seguintes operações: produção de peças boas, *setup* da máquina, retrabalho na forma de retoques na coloração, produção de reparações, posicionamento da peça na calha, deslocação ao forno, gestão de forno,

retrabalho envolvendo lixar o corte irregular, conversa para esclarecer duvidas, registo do processo, deslocação para ir buscar calhas, avarias e outros.

Os procedimentos de coloração definidos pela organização obrigam a que seja feita a substituição completa da tinta que está na máquina a cada quatro horas para garantir a qualidade da coloração. Como consequência, é necessário efetuar pelo menos quatro *setups* diários para este tipo de equipamentos, no entanto se for necessário efetuar uma troca de cor, é necessário efetuar um novo *setup*.

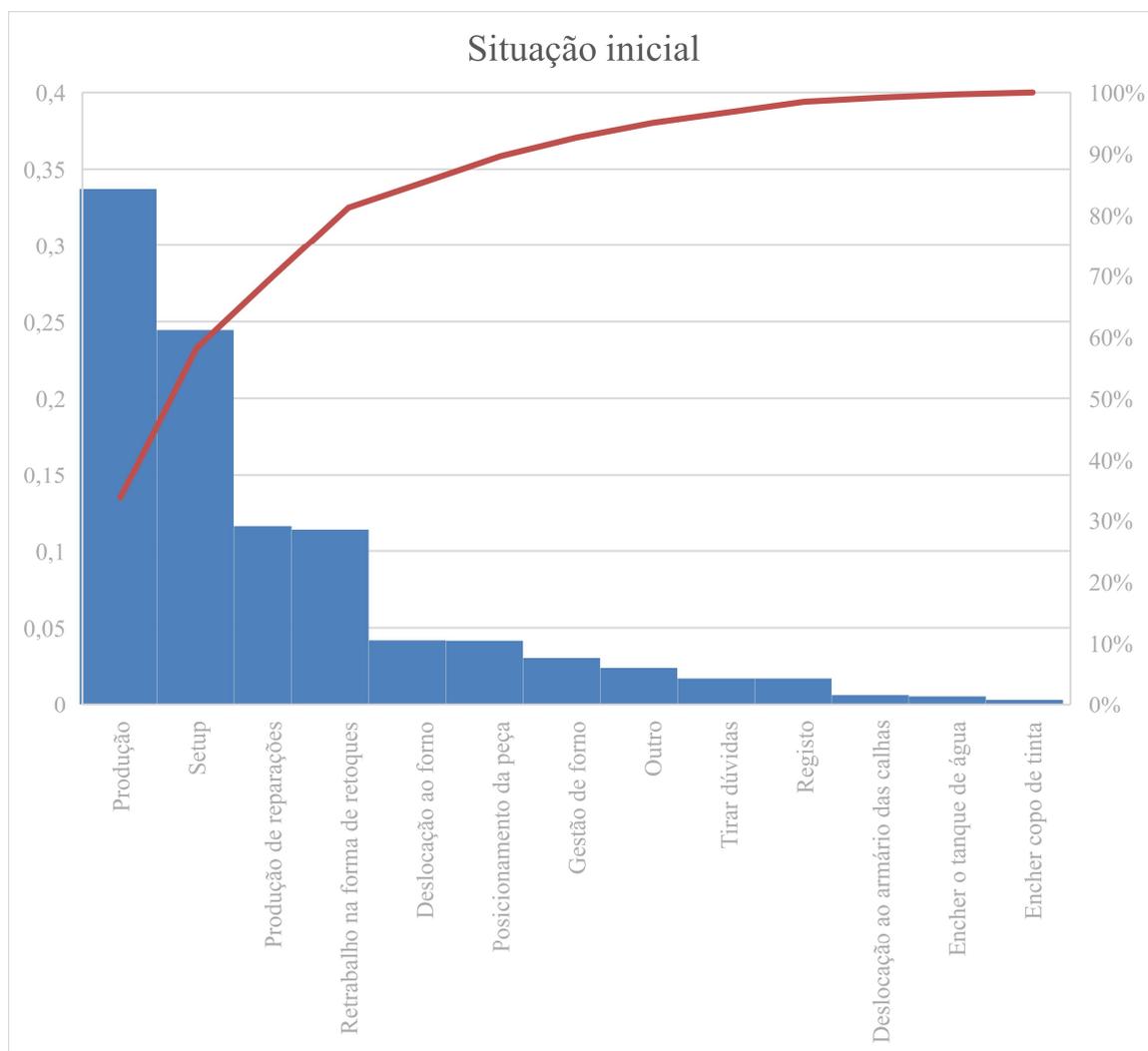


Figura 8: Observações iniciais do posto de trabalho

Podemos verificar na figura 8 que, segundo as observações que foram realizadas, 24 % do tempo é passado a efetuar *setups*. Para este equipamento podemos decompor o *setup* em quatro etapas distintas: desmontar e montar o tanque de tinta; deslocação à zona de

lavagem centralizada; lavagem do tanque de tinta, que inclui a remoção completa de todos os resíduos de tinta; e lavagem da caixa da banda de limpeza, que inclui substituição da água e limpeza dos rolamentos onde circula a banda. Na tabela 7 podemos encontrar a decomposição do *setup* do equipamento O e verificar que a lavagem do tanque de tinta representa dois terços do tempo de *setup*.

Tabela 7: Decomposição do setup do equipamento de coloração com banda de limpeza

Montar e desmontar o copo de tinta	Lavagem do tanque de água	Deslocação à zona de lavagem	Lavagem do copo de tinta	Total
0,0221 h	0,0520 h	0,0409 h	0,2272	0,3422 h
7%	15%	12%	66%	100%

A duas outras componentes mais impactantes para o equipamento O são o tempo passado a produzir reparações e a fazer na coloração ou remoção de excesso de tinta, reflexo da inexperiência dos operadores. O tempo médio de experiência nesta unidade fabril é de três meses e o processo de coloração unitária com banda de limpeza é o que requer mais prática para aperfeiçoar. Adicionalmente, devido ao *mix* de produção volátil, os artesãos são constantemente confrontados com diferentes produtos, cada um requerendo um gesto diferente, o que também não ajuda na redução desta componente.

Outro elemento com peso significativo é o tempo passado a produzir reparações. Podemos verificar que, apesar da percentagem de *KO* neste processo ser de 1%, na realidade o nível de qualidade à primeira vez é muito inferior a isso.

3.3.4. Exploração do constrangimento

Por ser um processo crítico e o gargalo na semana em questão, a primeira decisão foi contornar as paragens programadas ao implementar as pausas rotativas. Para o posto não parar, quando o operador que está nesse equipamento necessita de fazer a sua pausa, outro colaborador vai substituí-lo, permitindo um ganho de 56,25 horas de capacidade nessa semana.

Como resultado das observações de posto, verificamos que na semana em questão foram passadas sensivelmente 162 horas a efetuar *setups*, o que corresponde a cerca de 7 alterações de cor por máquina por dia. Como a parcela mais impactante desta operação

é o tempo passado a realizar a lavagem do copo de tinta, uma das melhorias propostas foi a aquisição de copos de tinta extra para substituir na troca de cor, reduzindo assim o tempo de *setup* em 66%. Considerando o custo de aquisição dos tanques de tinta e assumindo que são realizados apenas quatro *setups* por dia, o retorno deste investimento é obtido em menos de quatro semanas. No entanto, esta ação ainda não foi realizada devido ao *lead time* do fornecedor.



Figura 9: Tanque de tinta após limpeza na zona de lavagem centralizada

Durante as observações efetuadas, reparou-se que a zona de lavagem centralizada, que dispunha de duas máquinas de circuito fechado para lavar os equipamentos de coloração, estava muito saturada a meio e ao final dos turnos, criando congestionamento na zona e um tempo de espera para os operadores. Nestes períodos, quarenta e oito equipamentos dirigiam-se em simultâneo à área de lavagem, com algumas consequências: a concentração de colaboradores numa área tão pequena impedia que o trabalho fosse realizado da melhor forma; os tempos de espera faziam com que muitos operadores saíssem da linha quase uma hora após o fim do seu turno; e o líquido de limpeza que circula na máquina ficava rapidamente saturado e não permitia uma limpeza satisfatória dos equipamentos de coloração (figura 9), deixando resíduos nos tanques de tinta que mais tarde se soltavam e causavam problemas de qualidade. Como tal, outra ação que foi realizada e que impacta não só o equipamento O mas todos os equipamentos de coloração, foi a descentralização da zona de lavagem. A zona da preparação tem neste momento duas áreas de lavagem que lhe são dedicadas que, para além de permitirem uma lavagem de melhor qualidade por não comportar tanta saturação do líquido de limpeza, estão mais perto dos equipamentos, reduzindo a distância percorrida pelos artesãos e libertando essa capacidade para a produção.

Ainda em relação à lavagem do equipamento, verificou-se que os colaboradores não a realizavam todos da mesma forma. Como tal, foi elaborada uma instrução de limpeza deste equipamento e foi passada a formação a todos os artesãos com polivalência do posto com o objetivo de uniformizar a forma como esta limpeza é feita e garantir que é feita da forma correta. Para permitir o seguimento disto, foi realizada uma limpeza profunda a todas as máquinas do tipo O na unidade fabril, o que permitiu que a lavagem do tanque de tinta fosse realizada em menos tempo e com melhores resultados.

O tempo passado a fazer reparações estava a ser impactado principalmente por uma falta de concordância nos critérios de qualidade referentes à coloração. Os padrões definidos pelo grupo partilhados em formato digital ou em papel, e como tal levantam muitas dúvidas em relação ao que é ou não aceitável. Para eliminar os padrões duplos e alinhar a fábrica em relação aos critérios, foi colocada uma vitrine junto à zona de coloração, ilustrada na figura 10, onde do lado esquerdo podemos ver exemplos de peças que estão dentro do que é aceitável para diferentes problemas que podem surgir na coloração, e do lado direito encontramos exemplos de peças cuja extensão do problema excede o limite tolerável. Foi

feita uma formação aos colaboradores acerca do modo de utilização desta ferramenta de decisão, e esta vitrine é atualizada semanalmente com os produtos que estão a impactar mais a nível de qualidade. Esta solução será replicada para os restantes processos existentes na fábrica.

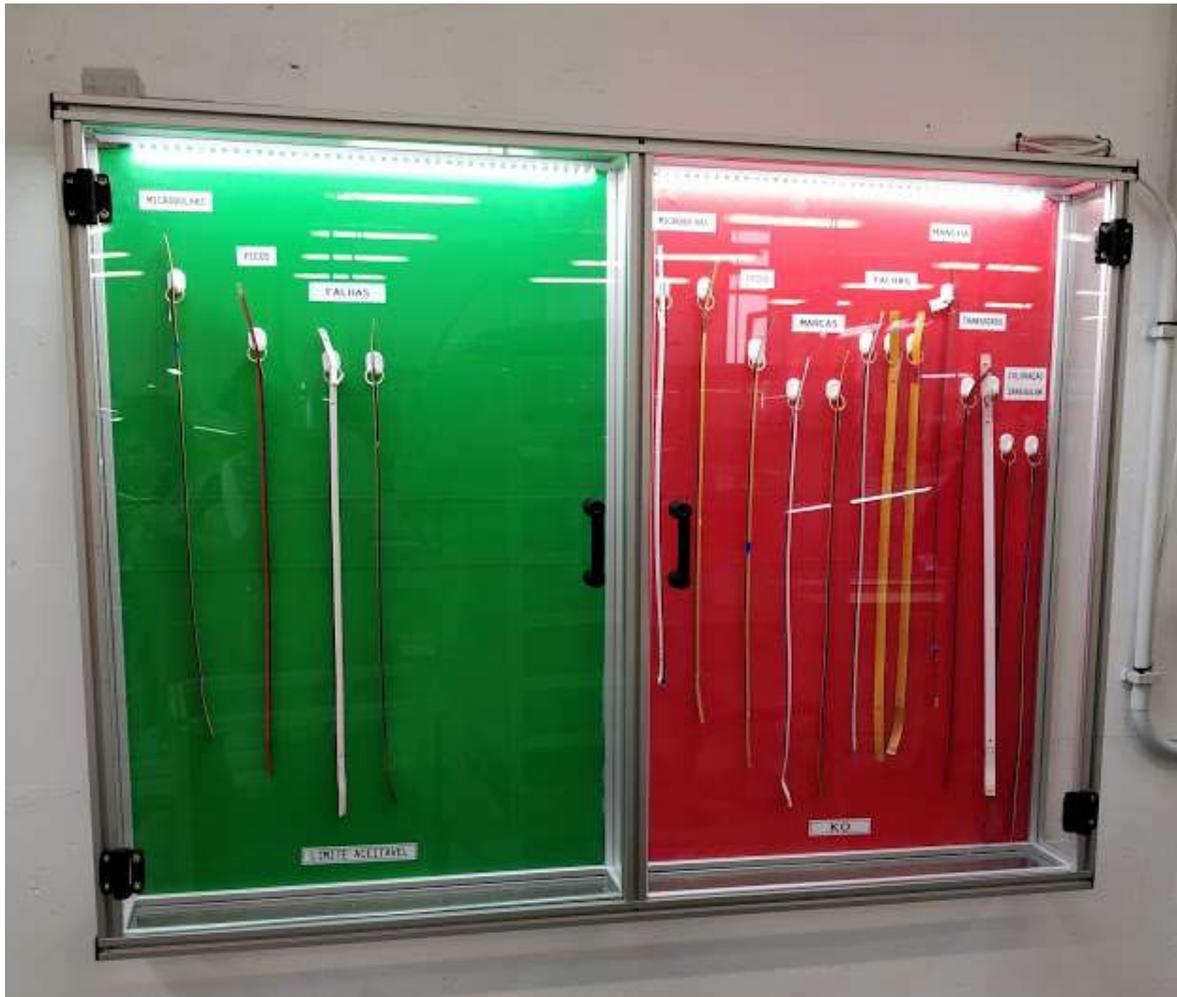


Figura 10: Quadro de tolerâncias

4. RESULTADOS

Na tabela 8 podemos encontrar o resumo das ações definidas no capítulo anterior, bem como o ganho esperado com a implementação de cada uma.

Tabela 8: Resumo das ações definidas e ganho esperado

Ação	Ganho esperado
Pausas rotativas	56,25 h/semana
Descentralização da zona de lavagem	12,28 h/semana
Copos de tinta extra	74,01 h/semana
Instrução de limpeza	0,2272 h/setup
Vitrine da qualidade	0,0719 h/setup

Podemos verificar que se espera um ganho de cerca de 2% da eficácia com a implementação da primeira, segunda e terceira ação. O impacto das restantes ações depende do número de setups a ser realizados.

Na tabela 9 constatamos que através da instrução e formação de limpeza, foi possível reduzir o tempo de setup em 21%. Quando for implementada a ação dos copos de tinta extra, é espectável que o tempo de setup reduza cerca de 76% em relação ao estado inicial.

Tabela 9: Variação do tempo de setup

Componente do setup	Estado inicial	Após implementação de ações	Variação
Montar e desmontar o copo de tinta	0,0221	0,0114	-48%
Lavagem do tanque de água	0,0520	0,0640	23%
Deslocação à zona de lavagem	0,0409	0,0084	-80%
Lavagem do copo de tinta	0,2272	0,1865	-18%
Total	0,3422	0,2702	-21%

Após a implementação das ações foram efetuadas novas observações de posto, cujo resultado está apresentado na figura 11. Podemos verificar que o tempo passado em

produção passou de 34% para 45%. Observamos também que a percentagem de tempo passada a realizar setups aumentou, o que pode ser explicado por um mix com necessidade de um maior número de setups por dia. A componente das reparações reduziu de 12% para 7%, por um lado pela implementação da vitrine da qualidade em conjunto com formações de qualidade e experiência adquirida pelos artesãos desde a situação inicial.

Como resultado das ações implementadas, obteve-se um ganho de 74,25 h/semana, o correspondente a 1,4% de eficácia.

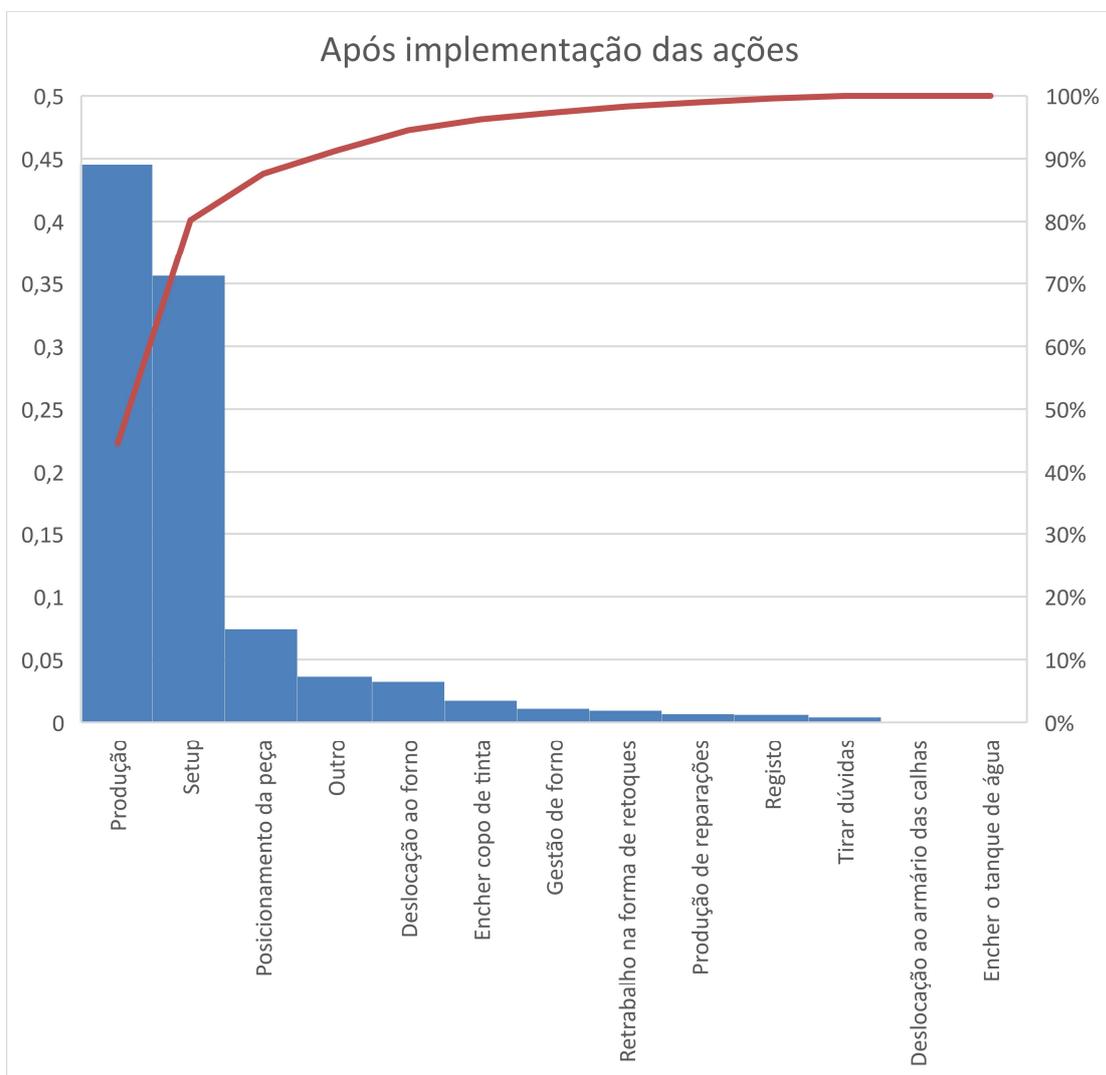


Figura 11: Observações do posto após implementação das ações

5. CONCLUSÃO

Este trabalho pretendeu conceber uma ferramenta que permitisse, de forma sistemática, identificar os constrangimentos que as flutuações da procura impõem ao sistema e eliminá-los, permitindo assim um aumento incremental da performance.

Esta ferramenta consistiu num procedimento a ser seguido semanalmente para identificação e eliminação de gargalos que envolve a identificação do constrangimento do sistema com recurso a uma matriz de capacidade, a análise do constrangimento via observações de posto para identificar os focos para a ação, planeamento das ações e por fim a implementação das ações com o objetivo de elevar o constrangimento.

Para ilustrar este procedimento, foi utilizado o exemplo de uma semana particular na produção, no qual o constrangimento foi um equipamento de coloração e processo crítico. Após a implementação das ações, o constrangimento foi elevado e o *output* do sistema aumentou em 1,4%.

Ao realizar este procedimento de forma sistemática estamos incrementalmente a aumentar a performance global do sistema, e a levar a organização um passo mais próximo do seu objetivo.

Uma limitação deste trabalho é que foi realizado no contexto exclusivo da marroquinaria de luxo, no entanto seria interessante testar a aplicação deste procedimento noutras indústrias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akman, G., & Özcan, B. (2016). Developing effective manufacturing strategies for product mix decisions via theory of constraints: a case study. *Journal of Naval Science Engineering*, 1-18.
- Caniato, F., Caridi, M., Castelli, C., & Golini, R. (2011). Supply chain management in the luxury industry: a first classification of companies and their strategies. *International Journal of Production Economics*, 622-633.
- Dettmer, W. (2001). *Beyond lean manufacturing: combining lean and the theory of constraints for higher performance*. Obtido de Goal Systems International: <http://goalsys.com/books/documents/TOCandLeanPaper-rev.1.pdf>
- Ehie, I., & Sheu, C. (2005). Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 542-553.
- Goldratt, E. (1990). *What is this thing called theory of constraints and how should it be implemented?* North River Press.
- Goldratt, E., & Cox, J. (1992). *The goal - A process of ongoing improvement*. North River Press.
- Inman, R. A., Sale, M. L., & Green Jr, K. W. (2009). Analysis of the relationships among TOC use, TOC outcomes and organizational performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 341-356.
- Izmailov, A. (2014). If your company is considering the theory of constraints. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 925-929.
- Jackson, G. C., & Low, J. T. (1993). Constraint management: A description and assessment. *International Journal of Logistics Management*, 41-48.
- Linhares, A. (2009). Theory of constraints and the combinatorial complexity of the product-mix decision. *International Journal of Production Economics*, 121-129.
- Mabin, V. (2014). Goldratt's "theory of constraints" thinking processes: a systems methodology linking soft with hard.
- Mabin, V. J., & Balderstone, S. J. (2003). The performance of the theory of constraints methodology: Analysis and discussion of successful TOC applications. *International Journal of Operations & Production Management*, 568-595.
- Motwani, J., & Vogelsang, K. (1996). The theory of constraints in practice - at Quality Engineering, Inc. *Managing Service Quality: An International Journal*, 43-47.
- Okutmuş, E., Kahveci, A., & Kartaşova, J. (2015). Using the theory of constraints for reaching optimal production mix: an application in the furniture sector. *Intellectual Economics*, 138-149.
- Pacheco, D. A., Pergher, I., Junior, J. A., & Vaccaro, G. L. (2018). Exploring the integration between lean and the theory of constraints in operations management. *International Journal of Lean Six Sigma*.
- Pereira, S. S. (18 de Março de 2019). *Indústria de peles e cortumes cresce mais de 50% numa década*. Obtido de Dinheiro Vivo: <https://www.dinheirovivo.pt/economia/industria-de-peles-e-curtumes-cresce-mais-de-50-numa-decada/>

- Rahman, S.-u. (1998). Theory of constraints: A review of the philosophy and its applications. *International Journal of Operations & Production Management*, 336-355.
- Rand, G. K. (2000). Critical chain: the theory of constraints applied to project management. *International Journal of Project Management*, 173-177.
- Ronen, B., & Spector, Y. (1992). Managing systems constraints: a cost/utilization approach. *International Journal of Production Research*, 2045-2061.
- Rowley, J. (2003). Action research: an approach to student based learning. *Education + Learning*, 131-138.
- Şimşit, Z. T., Günay, S. N., & Vayvay, Ö. (2014). Theory of constraints: A literature review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 930-936.
- Walker, E., & Cox, J. (2006). Addressing ill-structured problems using Goldratt's thinking processes. *Management Decision*, 137-154.
- What is the theory of constraints?* (s.d.). Obtido de Lean Production: <https://www.leanproduction.com/theory-of-constraints.html>
- Zuber-Skerritt, O., & Perry, C. (2002). Action research within organizations and university thesis writing. *The Learning Organization*, 171-179.

ANEXO A – MATRIZ DE CAPACIDADE

Quantidade	Produto	Equipamento																
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
860,00	P0104	0,0057	0,0000	0,0044	0,0000	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0027	0,0141	0,0000	0,0000	0,0048
40,00	P0105	0,0049	0,0000	0,0078	0,0000	0,0000	0,0024	0,0000	0,0063	0,0000	0,0064	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
120,00	P0127	0,0035	0,0053	0,0269	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0130	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0012	0,0139	0,0000	0,0000	0,0050
150,00	P0131	0,0150	0,0000	0,0000	0,0254	0,0210	0,0024	0,0000	0,0382	0,0000	0,0056	0,0000	0,0000	0,0000	0,0157	0,0000	0,0000	0,0084
450,00	P0132	0,0150	0,0000	0,0000	0,0254	0,0210	0,0024	0,0000	0,0382	0,0000	0,0056	0,0000	0,0000	0,0000	0,0157	0,0000	0,0000	0,0084
600,00	P0149	0,0058	0,0000	0,0174	0,0166	0,0000	0,0000	0,0000	0,0241	0,0089	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0129
30,00	P0165	0,0013	0,0000	0,0034	0,0000	0,0000	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0044	0,0000	0,0000	0,0000	0,0063	0,0000	0,0000	
60,00	P0174	0,0000	0,0079	0,0000	0,0232	0,0000	0,0066	0,0680	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0320	0,0938	0,0000	0,0052
90,00	P0175	0,0034	0,0000	0,0077	0,0000	0,0000	0,0023	0,0000	0,0032	0,0022	0,0068	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
270,00	P0206	0,0000	0,0079	0,0116	0,0116	0,0000	0,0066	0,0680	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0320	0,0520	0,0000	0,0052
300,00	P0207	0,0000	0,0000	0,0000	0,0197	0,0286	0,0000	0,0000	0,0294	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0818	0,0000	
1500,00	P0208	0,0000	0,0000	0,0000	0,0200	0,0206	0,0103	0,0000	0,0300	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0511	0,0000	
180,00	P0211	0,0000	0,0071	0,0000	0,0342	0,0000	0,0017	0,0000	0,0292	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0263	0,0741	0,0000	0,0035
300,00	P0230	0,0076	0,0054	0,0050	0,0000	0,0000	0,0017	0,0000	0,0076	0,0091	0,0000	0,0000	0,0041	0,0000	0,0091	0,0000	0,0000	0,0040
300,00	P0231	0,0038	0,0037	0,0070	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000	0,0116	0,0000	0,0045	0,0000	0,0050	0,0000	0,0118	0,0000	0,0000	0,0035
300,00	P0233	0,0079	0,0000	0,0070	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000	0,0116	0,0000	0,0000	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
580,00	P0234	0,0013	0,0000	0,0000	0,0017	0,0024	0,0007	0,0000	0,0000	0,0033	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
120,00	P0239	0,0087	0,0042	0,0302	0,0000	0,0000	0,0017	0,0139	0,0000	0,0000	0,0088	0,0000	0,0105	0,0000	0,0000	0,0955	0,0000	0,0094
60,00	P0240	0,0065	0,0000	0,0097	0,0000	0,0000	0,0017	0,0000	0,0000	0,0123	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2430,00	P0263	0,0036	0,0000	0,0000	0,0026	0,0009	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0134	0,0000	0,0000	0,0081	0,0000	0,0000	0,0038
4050,00	P0264	0,0036	0,0000	0,0000	0,0026	0,0009	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0134	0,0000	0,0000	0,0106	0,0000	0,0000	0,0038
1920,00	P0265	0,0042	0,0000	0,0086	0,0000	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0101	0,1800	0,0000	0,0000
270,00	P0268	0,0070	0,0000	0,0483	0,0225	0,0395	0,0054	0,0377	0,0000	0,0000	0,0056	0,0000	0,0000	0,0000	0,0150	0,1250	0,0156	0,0046
90,00	P0270	0,0064	0,0104	0,0000	0,0061	0,0061	0,0026	0,0273	0,0000	0,0000	0,0090	0,0144	0,0000	0,0000	0,0051	0,1186	0,0091	0,0110
870,00	P0271	0,0064	0,0104	0,0000	0,0061	0,0061	0,0026	0,0273	0,0000	0,0000	0,0090	0,0144	0,0000	0,0000	0,0051	0,1186	0,0091	0,0110
1770,00	P0272	0,0008	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0052	0,0094	0,0000	
330,00	P0273	0,0008	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0052	0,0094	0,0000	
2070,00	P0274	0,0021	0,0000	0,0020	0,0000	0,0020	0,0008	0,0161	0,0000	0,0000	0,0000	0,0086	0,0000	0,0026	0,0061	0,0488	0,0000	
150,00	P0283	0,0036	0,0000	0,0000	0,0045	0,0020	0,0000	0,0088	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0030	0,0139	0,0235	0,0000	
300,00	P0288	0,0067	0,0000	0,0000	0,0327	0,0314	0,0000	0,0000	0,0114	0,0000	0,0057	0,0000	0,0000	0,0000	0,0214	0,0000	0,0635	0,0190
1050,00	P0289	0,0149	0,0000	0,0200	0,0000	0,0163	0,0009	0,0000	0,0217	0,0000	0,0149	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0156	0,0106
60,00	P0295	0,0017	0,0000	0,0000	0,0134	0,0162	0,0041	0,0000	0,0043	0,0468	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	
570,00	P0298	0,0017	0,0000	0,0000	0,0134	0,0162	0,0041	0,0000	0,0043	0,0468	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	
600,00	P0299	0,0017	0,0000	0,0000	0,0134	0,0162	0,0041	0,0000	0,0043	0,0468	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0000	0,0000	

ANEXO B – TABELA DE CAPACIDADE

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
Ponto de constrangimento	0,84	0,81	0,77	0,77	0,87	0,87	0,80	0,79	0,77	0,83	0,78	0,80	0,81	0,82	0,84	0,83	0,85
Capacidade real	125,71	60,46	115,98	115,51	129,99	129,99	119,65	118,30	58,12	249,18	116,33	119,94	121,67	308,26	566,80	373,22	127,71
Setups	4,00	4,00	13,33	13,33	0,00	0,00	6,67	10,00	6,67	8,33	12,00	10,00	8,33	15,00	13,20	13,33	2,00
Intervenções da manutenção	7,50	3,75	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	3,75	15,00	7,50	7,50	7,50	18,75	33,75	22,50	7,50
Paragens programadas	12,50	6,25	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	12,50	6,25	25,00	12,50	12,50	12,50	31,25	56,25	37,50	12,50
Não qualidade	0,35	0,67	0,88	1,49	0,01	0,01	4,49	2,13	0,27	2,97	2,12	0,08	0,00	2,11	5,90	4,12	0,34

ANEXO C – DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS

Equipamento	Nome	Descrição
A	Igualizar	Como a pele não apresenta uma espessura uniforme, para garantir a qualidade do produto, é necessário igualizar a cota da pele
B	Igualizar negativo	É removida uma determinada espessura no componente para garantir a estética do acabamento
C	Robot de cola a frio	Aplicação de cola não reativável
D	Robot de cola reativável	Aplicação de cola reativável
E	Forno flash	Forno onde se colocam as peças para reativar a cola
F	Rolo a frio	Rolo por onde se passa o componente, de forma a prensá-lo
G	Prensa de grande dimensão	Prensa de corte de produtos de grandes dimensões
H	Prensa de pequena dimensão	Prensa de corte de produtos de pequenas dimensões
I	Corte filateado modelo 1	Máquina que efetua o corte, ao mesmo tempo que grava uma inscrição na peça
J	Corte filateado modelo 2	
K	Filateado modelo 1	Máquina que grava duas linhas paralelas no componente
L	Filateado modelo 2	
M	Corte de rolo	Rolo de corte, corta as extremidades do componente
N	Coloração em lote	Equipamento de coloração em lote

Equipamento	Nome	Descrição
O	Coloração unitária com banda de limpeza	Equipamento de coloração unitária com banda de limpeza para as peças
P	Coloração unitária	Equipamento de coloração unitária sem banda de limpeza
Q	Rampeado	É removida uma espessura em rampa para permitir a colagem do componente

ANEXO D – INSTRUÇÃO DE LIMPEZA

INSTRUÇÃO DE LIMPEZA		ATELIER DE PORTUGAL	DOCUMENTO	DATA ELABORADO	ELABORADO	DATA DE ATUALIZAÇÃO	ATUALIZADO
TÍTULO		STP	LIMPEZA DO TANQUE DE TINTA				
Nº	Operação	+ RES OPERADOR = PONTO CHAVE = QUALIDADE					
0		1 - Colocar as luvas azuis 2 - Colocar os óculos 3 - Colocar o avental					
10	Despejar o sous couche/tinta	11 - Despejar o sous couche/tinta no bidoim para resíduos de tintas/vernizes líquidos 12 - Remover os parafusos e a banda					
20	Ligar a máquina de lavagem	21 - Colocar o tanque de tinta na SR 5000 22 - Ligar a SR 5000					
30	Lavar a banda	31 - Lavar a banda com a mangueira 32 - Passar o esfregão na banda para remover os resíduos					

Gestão de constrangimentos na produção em lotes – um caso de estudo na indústria das peles

INSTRUÇÃO DE LIMPEZA		ATELIER DE PORTUGAL	DOCUMENTO	DATA FECHADO	VERSÃO	DATA DE ATUALIZAÇÃO	PÁGINA	2 de 3
SELECÇÃO	BTM	PROCESSO	LIMPEZA DO TANQUE DE TINTA					
		+ INIB. OPERADOR + PONTO CHAVE + QUALIDADE						
40	Lavar a peça lateral do tanque	41 - Lavar a peça lateral do tanque 42 - Passar o esfregão na peça lateral do tanque para remover os resíduos						
50	Lavar a caixa do tanque	51 - Abrir a torneira 52 - Lavar a caixa do tanque 53 - Passar o esfregão na caixa do tanque para remover os resíduos 54 - Passar a escova na torneira para desentupir 55 - Passar água pela torneira para remover os resíduos						
60	Lavar os parafusos	61 - Lavar os parafusos 62 - Passar o esfregão para remover os resíduos						
70	Passar por água limpa	71 - Passar a banda, a lateral do tanque, a caixa e os parafusos por água limpa						

Erro! A origem da referência não foi encontrada.
