

Criação de Fluxo numa Indústria de Acrílicos

José Miguel Oliveira Freitas

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Miguel Gomes



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2019-07-01

*“There are things known and things unknown
and in between are The Doors of perception”
Aldous Huxley*

Resumo

A indústria de produção discreta apresenta, tipicamente, dificuldades em aumentar volumes de produção sem comprometer a sustentabilidade financeira da organização. Tal deve-se maioritariamente ao aumento no capital empregue, devido ao aumento exponencial de stocks de produto final e em curso. Não obstante, crescimentos de produção são normalmente acompanhados de elevados investimentos em recursos, geralmente em detrimento do aumento da produtividade dos recursos já existentes.

No âmbito de potenciar o crescimento de produção de forma sustentável numa empresa que produz produtos de hidroterapia, surgiu o projeto do Kaizen Institute com a Porcristal. Aplicando ferramentas *Lean* foi possível aumentar o *output* e reduzir o *Lead Time*, através da criação de fluxo unitário e aumento de produtividade.

Esta dissertação apresenta a filosofia Kaizen e ferramentas de *Total Flow Management*, como forma de alcançar a produção em fluxo unitário. Nestas ferramentas estão incluídas o desenho de linha, SMED, trabalho normalizado e bordo de linha que permitiram o balanceamento da linha de produção e a redução de lotes de produção. A implementação com sucesso destas ferramentas foi sustentada pelos ideais da filosofia Kaizen.

Através destas ferramentas, foi possível redesenhar as linhas dos dois setores de produção em análise neste projeto: setor do Fabrico e setor da Montagem. As profundas alterações incutidas no método e sequência produtiva, permitiram a criação de fluxo unitário com vista ao aumento de produtividade.

Os resultados obtidos permitiram aumentos no *output* de 40% no setor do Fabrico e de 92% no setor da Montagem. O *Lead Time* da fábrica foi reduzido em mais de 50%. Devido à robustez de processos incutida pelo *One-piece-flow* é esperado que os ganhos referidos venham a aumentar no futuro.

Flow Efficiency in an Acrylic Industry

Abstract

The discrete production industry typically has difficulties in increasing production output without compromise the financial sustainability of the organization. Mostly, due to increases in the capital employed, because of an exponential increase in final and ongoing stocks. Furthermore, production growth is usually associated with high investments in resources instead of the productivity growth of the existing resources.

To leverage the sustainable production growth of a firm that manufactures hydrotherapy products, arose the project of Kaizen Institute with Portcrl. The factory output levels were increased and the lead time decreased, by creating flow efficiency and productivity growth.

This thesis presents the Kaizen philosophy and Total Flow Management tools to achieve one-piece-flow. Line design, SMED, standard work and border of line are examples of the tools applied in order to balance the production line and reduce production batch. The successful implementation of these tools was supported by the Kaizen philosophy ideals.

Through these tools, it was possible to redesign the lines of the two sectors under analysis in this project: the Manufacturing sector and the Assembly sector. The profound changes of the production method and sequence allowed the creation of unitary flow aiming to an increase of the productivity

The obtained results allowed a 40% output increase of the Manufacturing sector and 92% production growth in the Assembly sector. The factory Lead Time decreased by more than 50%. Due to the strength of the processes given by the One-piece flow, it is expected that gains increase in the future.

Agradecimentos

Ao Professor Miguel Gomes pelo apoio prestado durante a dissertação e durante todo o percurso académico.

Ao Sandro Cosme, Tomás Leite e Francisco Chaves por me terem acompanhado no projeto, pela ajuda e todo o conhecimento transmitido.

A toda a estrutura do Kaizen Institute pelas condições oferecidas, pelo conhecimento que me passaram e disponibilidade em ajudar.

A toda a equipa do projeto e colaboradores da Portcrl que ajudaram no desenho e implementação de soluções.

À minha família e amigos pelo apoio durante todo o meu percurso académico.

Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Kaizen Institute Consulting Group.....	1
1.2	Apresentação da Portcrl.....	3
1.3	Objetivos do Projeto.....	4
1.4	Estrutura da Dissertação.....	5
2	Origem e Fundamentos do Fluxo <i>Lean</i> na Produção.....	6
2.1	A Origem do <i>Toyota Production System</i>	6
2.1.1	Just-in-time.....	7
2.1.2	Produção <i>Pull</i>	7
2.1.3	Sistema <i>Kanban</i>	8
2.1.4	Jidoka.....	8
2.2	Total Flow Management.....	8
2.2.1	Layout e Desenho de Linha.....	9
2.2.2	Bordo de Linha e Trabalho Normalizado.....	11
2.2.3	SMED – Single Minute Exchange of Die.....	11
2.2.4	Nivelamento da Produção.....	13
3	Descrição e Análise da Situação Inicial.....	15
3.1	Descrição do Produto.....	15
3.2	Situação Inicial do Setor do Fabrico.....	16
3.3	Situação Inicial do Setor da Montagem.....	20
3.4	Problemas da Situação Inicial no Fabrico e Montagem.....	22
4	Desenho de Soluções e Resultados.....	24
4.1	Desenho e Balanceamento da Linha de Produção.....	24
4.1.1	Balanceamento da Linha do Fabrico.....	24
4.1.2	Balanceamento da Linha da Montagem.....	27
4.2	SMED na Estação de Termoformação.....	30
4.3	Normalização do Trabalho – Termoformação.....	34
4.4	Instruções de Trabalho e Fluxo de Informação.....	36
4.4.1	Termoformação.....	36
4.4.2	Fibragem.....	36
4.4.3	Corte e Furação.....	37
4.5	Bordo de linha – Corte e Furação.....	37
4.6	Logística Interna.....	38
4.7	Resultados Globais.....	38
4.7.1	Resultados Fabrico.....	39
4.7.2	Resultados Montagem.....	39
5	Conclusões e Sugestões Futuras.....	41
	Referências.....	44
	ANEXO A: Exemplos da Implementação do Desenho de Linha.....	45
	ANEXO B: Normalização de Trabalho da Estação da Termoformação.....	46
	ANEXO C: Exemplos de Instruções de Trabalho.....	49
	ANEXO D: Bordo de Linha da Estação de Corte e Furação.....	53
	ANEXO E: Resultados Obtidos.....	55

Índice de Figuras

Figura 1 - Vendas da empresa de 2018 em unidades.....	3
Figura 2 - Dispersão geográfica das vendas	4
Figura 3 - Exposição dos produtos da empresa	4
Figura 4 – Modelo do TFM do Kaizen Institute in Kaizen (2018).....	9
Figura 5 – Representação do <i>Layout</i> Funcional in Coimbra (2013).....	10
Figura 6 – Representação do <i>Layout</i> em linha in Coimbra (2013).....	10
Figura 7 - Efeito da estação <i>Mura</i> in Kaizen (2018)	11
Figura 8 - Diagrama de EOQ (Relação entre tamanho de lote e <i>Changeover Cost</i>) in Coimbra (2013).....	12
Figura 9 - Efeito SMED no Diagrama de EOQ in Coimbra (2013)	13
Figura 10 - <i>Bullwhip Effect</i> ao longo da cadeia de valores	14
Figura 11 - Exemplo de uma banheira spa fabricada pela empresa.....	15
Figura 12 - Exemplos de acumulação de stock entre postos.....	16
Figura 13 - Mapeamento do Fluxo de Material no Fabrico	17
Figura 14 - Máquina Termoformação com Molde	19
Figura 15 - Layout do setor do Fabrico no estado inicial	20
Figura 16 – Mapeamento do Fluxo de Material na Montagem.....	21
Figura 17 - Layout Montagem na Situação Inicial	22
Figura 18 - Tempos de Ciclo Fabrico (Situação Inicial).....	24
Figura 19 - Tempos de ciclo Fabrico dos postos do setor do Fabrico após balanceamento de linha.....	26
Figura 20 - Layout após redimensionamento da linha de fabrico	27
Figura 21 - Tempo de Ciclo dos postos do setor da Montagem na Situação Inicial	28
Figura 22 – Tempos de ciclo dos postos da linha da Montagem após balanceamento da linha	29
Figura 23 - Layout Montagem após desenho de linha.....	30
Figura 24 - Sequência de macro tarefas do Setup na situação inicial e respetivos tempos de execução.....	30
Figura 25 - Sequência de macro tarefas externas e internas e respetivos tempos de execução após 2º passo de SMED	31
Figura 26 - Representação da vista aérea da máquina de termoformação	32
Figura 27 - Representação de um corte transversal num molde de spa	32
Figura 28 - Encaixes para centrar molde com eixo zero da máquina	33
Figura 29 - Régua telescópica	33
Figura 30 - Apertos da máquina de termoformação na situação inicial.....	34
Figura 31 - Aperto rápido da máquina de termoformação	34
Figura 32 - <i>Spaghetti Diagram</i>	37

Figura 33 - Gestão da Sazonalidade in Coimbra (2013)	43
Figura 34 - Desenho do Layout do posto dos Kits	45
Figura 35 - Fibragem de <i>Swimmer</i> na linha das <i>Swimmers</i>	45
Figura 36 - Norma de trabalho do colaborador do posto 1 da estação de termoformação (A- máquina de termoformação; B- Mesa de corte da chapa; C- Mesa de limpeza da chapa; D – Suporte de controlo de qualidade)	46
Figura 37 - Norma de trabalho do colaborador do posto 2 da estação de termoformação (A- máquina de termoformação; B- Mesa de corte da chapa; C- Mesa de limpeza da chapa; D – Suporte de controlo de qualidade)	47
Figura 38 - Suporte para controlo de qualidade	48
Figura 39 - Carrinho de transporte de chapa de acrílico	48
Figura 40 - Exemplo de instrução de trabalho da estação de Termoformação	49
Figura 41 - Instrução da inspeção da estação de Fibragem.....	50
Figura 42 - Exemplo de instrução de trabalho da Estação do corte e Furagem	51
Figura 43 - Exemplo de instrução de pré-montagem do posto dos Kits	52
Figura 44 - Carrinho de ferramentas do posto da Furação	53
Figura 45 - Gestão Visual utilizado nos carrinhos de ferramentas s	53
Figura 46 - Código de cores e simbologia utilizada	54
Figura 47 - Resultados do <i>output</i> semanal do setor do Fabrico	55
Figura 48 - Lead Time do Setor do Fabrico	55
Figura 49 - Output do Setor da Montagem	56
Figura 50 - Lead Time do Setor da Montagem	56

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Objetivos de <i>output</i> do projeto.....	5
Tabela 2 - <i>Takt Time</i> das 2 secções da fábrica	16
Tabela 3 - Tempo de Ciclo e de mudança de molde da Termoformação	18
Tabela 4 - Resultados obtidos nas estações do setor do Fabrico	39
Tabela 5 - Resultados obtidos nas estações do setor da Montagem	39

Glossário

Bordo de Linha – Limiar da linha de produção onde estão disponíveis os materiais e ferramentas necessárias.

Bottleneck – Ponto de estrangulamento da capacidade produtiva da linha. O posto/estação com o maior tempo de ciclo.

Changeover Time . Tempo de troca de referência (molde).

Cycle Time – Tempo de ciclo. O tempo que um posto/operador demora a executar uma operação.

EOQ – “Economic Order Quantity”. O tamanho de lote que amortiza os custos, neste caso expresso em tempo, da mudança de referência na máquina.

FIFO – “First In First Out”. Sequência de armazenamento em que os elementos há mais tempo armazenados, são os primeiros a ser expedidos.

First-Time-Quality – Percentagem de peças boas sem problemas e defeitos durante o processo produtivo.

FTE – “Full Time Equivalent”. Métrica que mede tempo de envolvimento de um colaborador numa operação.

Gemba – Palavra Japonesa que descreve o chão de fábrica, o local onde se acrescenta valor.

Jidoka – Palavra Japonesa que significa “automação com toque humano”.

JIT – “Just In Time”. Produção no momento exato da necessidade, sem a criação de stock em excesso e desperdício

Kanban – Cartão que sinaliza o fluxo de produção.

Lead Time – Tempo que um produto demora a percorrer cadeia de valores ou sistema de produção.

Lean – Significa “magro” e “sem desperdício”.

MTO – “Make to Order”. Produção para encomendas.

MTS – “Make to Stock”. Produção para stock.

Poka-Yoke – Palavra Japonesa para um sistema anti erro, que evita a produção ou a transmissão de defeitos na linha de produção.

Shojinka – Palavra Japonesa que significa “flexibilidade no número de operadores”.

SMED – “Single Minute Exchange of Die”. Troca de molde menor a duas unidades de minuto.

Takt Time – Tempo de ciclo que permite satisfazer a procura.

TFM – Sigla Inglesa que significa “Total Flow Management”. Em Português significa Gestão Total do Fluxo.

TPS – “Toyota Production System”. Sistema Produtivo da Toyota

WIP – Sigla Inglesa que significa “Work In Progress”. Em Português significa trabalho em processo ou material em processamento

1 Introdução

No âmbito da dissertação em ambiente empresarial do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi proposto um projeto numa empresa de consultoria, o Kaizen Institute Consulting Group. Este projeto tem como objetivo a implementação de ferramentas de gestão Kaizen/*Lean*, numa empresa na indústria de acrílico, cliente do grupo consultor.

A vontade de mudança sentida pela Portcristal adveio de um crescimento de 75% das perspetivas de vendas da empresa não ser acompanhado pelo mesmo crescimento operacional. Desta situação nasceu a necessidade de reestruturar as linhas de produção da empresa de forma a aumentar a capacidade produtiva.

De seguida, será apresentado o Kaizen Institute Consulting Group, a empresa do projeto, os objetivos e estrutura seguida no documento.

1.1 Kaizen Institute Consulting Group

A palavra Kaizen deriva da fusão de duas palavras japonesas, “Kai” e “Zen”, que significam “Mudar” e “Melhor”, dando forma à conhecida expressão: “Melhoria Contínua”.

O termo Kaizen foi introduzido no mundo ocidental através do inovador livro “Kaizen: The Key to Japan’s Competitive Success” (McGraw-Hill) de Masaaki Imai, que é uma das grandes personalidades na área do *Lean* e Melhoria Contínua. Hoje em dia, o Kaizen é reconhecido mundialmente como um importante pilar na estratégia competitiva de longo prazo das organizações.

Desta forma, com o desígnio de ajudar organizações a alcançar elevadas performances de forma fácil, rápida, melhor e com baixos custos (Imai, 2012), através da prática da filosofia Kaizen e implementação de ferramentas de gestão *Lean*, nasce em 1985 o Instituto Kaizen em Zug, Suíça, fundado por Masaaki Imai.

Atualmente, o Instituto Kaizen é conotado como a maior empresa de consultoria que se foca na excelência operacional nos diversos setores da economia, com base na filosofia da melhoria contínua. Esta filosofia alicerça-se na melhoria de processos com objetivo em conferir vantagens competitivas e em capacitar organizações a tornarem-se autónomas na melhoria contínua (Imai, 2012). O Instituto Kaizen trabalha com os seus clientes, com o objetivo de criar processos para destacar os problemas e, simultaneamente, treinar e capacitar as equipas a resolver os mesmos.

Em Portugal, o Instituto Kaizen conta, desde 1999, com escritórios em Vila Nova de Gaia e Lisboa, atuando em diversos setores de atividade: indústria, logística, saúde, distribuição, organização de serviços, entre outros.

Em 2011, fruto da junção do Instituto Kaizen com a empresa Gemba Research, empresa de consultoria especializada na melhoria contínua e com cultura alicerçada nos fundamentos do Sistema Produtivo Toyota, formou-se o Kaizen Institute Consulting Group, que é a maior empresa a nível mundial especializada em consultoria de gestão *Lean*.

Com vista ao desenvolvimento da melhoria contínua, o Kaizen alicerça-se em 5 princípios base:

Criar Valor Para o Cliente:

Desde o aparecimento do movimento da qualidade, que nomes como Juran, Deming, Ishikawa e Crosby defendem que a qualidade depende do que realmente constitui valor para o cliente. Apenas com foco nesse objetivo, se alcança um produto que satisfaz as perceções e expectativas do cliente a preços competitivos.

Este conceito aplica-se também na cadeia de valores e na linha de produção. Se adotarmos esta filosofia e considerarmos o “cliente como o processo seguinte” (Imai, 2012), iremos alcançar um rigor pela qualidade e incremento constante de valor para o cliente final.

Eliminação de Desperdício:

A eliminação do *Muda* é o primeiro princípio do Fluxo *Pull*. O Kaizen identifica 7 tipos de *Muda* a eliminar de forma a alcançar a competitividade e excelência:

1. Espera de pessoas – Aumenta o *Lead Time* e os custos associados à atividade;
2. Espera de material – O stock, representa um grande investimento, que fica estagnado, sem qualquer tipo de valorização;
3. Movimento de pessoas – Deslocações desnecessárias causadas por má organização do *layout*, falta de fluxo de materiais e informação. Provoca o aumento do *Lead Time* e desgaste;
4. Movimento de material e informação – O transporte de material ou informação é um desperdício, pois requer mão-de-obra e tempo numa atividade que não acrescenta valor para o cliente. Causado geralmente pela má gestão do *layout* e bordo de linha;
5. Excesso de produção – A acumulação de WIP entre operações ou de produto acabado é o pior dos *Muda*. Não só é aquele que geralmente representa maior desperdício, mas também submerge a identificação de todos os outros *Muda*;
6. Sobreprocessamento – Excesso de trabalho ou processamento, não constitui incremento de valor para o cliente;
7. Defeitos – A não conformidade é um erro crítico para o cliente e compromete a produtividade.

Os *Muda* 2, 3 e 5 geralmente não são considerados como desperdícios na indústria. A filosofia ocidental tende a considerar estes desperdícios como vantagens nas organizações. Este é um dos maiores paradigmas que o Kaizen se propõe ultrapassar.

Os 7 *Muda* fazem parte de um conceito mais amplo: Os 3 M's: *Muri*, *Mura* e *Muda*. *Muri* significa “demasiado difícil” e prende-se com o conceito de perda tempo e energia. *Mura* é a variabilidade não prevista de operações, máquinas ou processos. *Muda*, como já foi abordado, significa desperdício.

Envolvimento das Pessoas:

O envolvimento das pessoas nas ações e implementações de melhoria, permite desenvolver os colaboradores, vencer paradigmas e adotar novos hábitos de trabalho, com vista a um aumento de qualidade, redução de custos e melhoria do serviço ao cliente. Sem envolver todas as pessoas numa organização, as ações de melhoria não são perenes e acabam por se perder no tempo.

Orientação Gemba:

Orientação *Gemba* significa ir ao *Gemba*, ao local onde o valor para os clientes é acrescentado, seja este o chão de fábrica, um escritório ou uma loja. A realidade é mais complexa do que a ficção, quer isto dizer que, aquilo que achamos ou pensamos deve ser comprovado na realidade. Só no *Gemba* se observa e recolhe dados verdadeiros. Só se domina aquilo que se conhece, e só se conhece indo ao *Gemba*. É no chão de fábrica que se envolvem as pessoas, vencem paradigmas, se controlam, desenvolvem e implementam ações de melhoria.

Gestão Visual:

“Uma imagem vale mais do que mil palavras”. É este ditado popular que está na base deste princípio Kaizen. Grande parte da informação absorvida pelos humanos é através da visão.

Desta forma, as normas visuais e o desenvolvimento de hábitos de gestão normalizados concluem os princípios Kaizen.

Com estes 5 princípios se constrói a base e a perpetuidade no desenvolvimento da melhoria contínua no Kaizen.

1.2 Apresentação da Portcrl

A Portcrl é uma empresa Portuguesa sediada em Arcozelo que se dedica ao fabrico de produtos de hidroterapia de elevada qualidade, designadamente banheiras spas¹, *Swim Spas (Swimmers)*. A empresa conta atualmente com 38 colaboradores no chão de fábrica, 6 colaboradores no departamento de produção e 8 colaboradores no departamento comercial.

A empresa sustenta-se numa oferta de produtos altamente personalizável, com designs exclusivos e uma tecnologia que confere uma qualidade inigualável no que respeita à combinação de jatos, luzes e equipamento de som nos seus produtos. São produzidos atualmente 41 gamas de spas e 1 gama de *Swimmers*.

No ano de 2018 a empresa comercializou e fabricou 800 banheiras spas e 80 *Swimmers*, sendo que a vendas proveniente banheiras spa contabilizou 87% da receita gerada pela empresa. O mercado onde a empresa está inserida sofre consideráveis oscilações, sendo por isso um mercado sazonal. A Figura 1 representa as vendas da empresa no ano de 2018 em unidades.

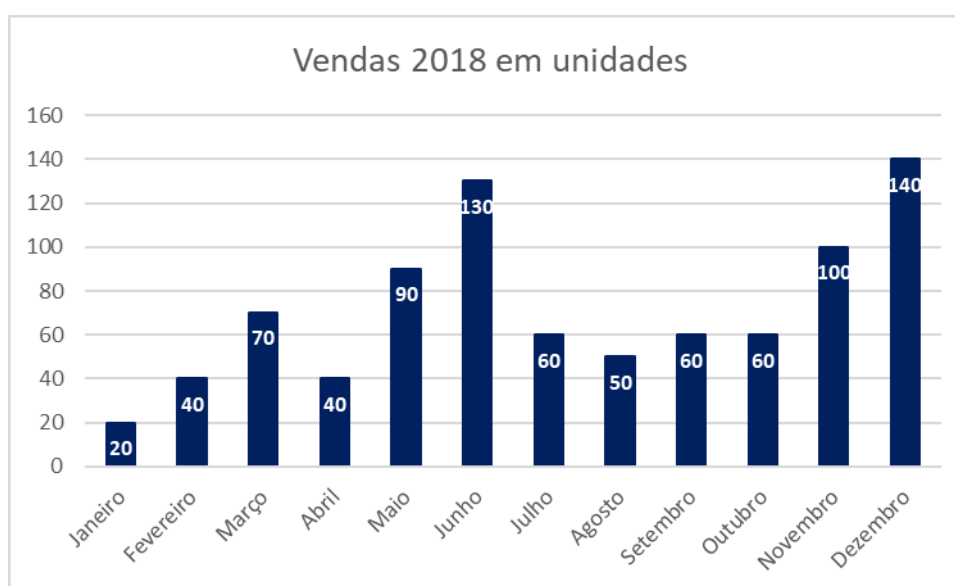


Figura 1 - Vendas da empresa de 2018 em unidades

Atualmente, a empresa vende para revendedores de produtos de hidroterapia, tendo no ano de 2018 comercializado com 174 clientes distintos. Cerca de 74% das vendas da Portcrl são vendas para fora de Portugal. A dispersão demográfica das vendas pode ser consultada na Figura 2.

¹ Banheiras spas: Referido normalmente por “spas” ao longo do documento por motivos de simplificação de leitura

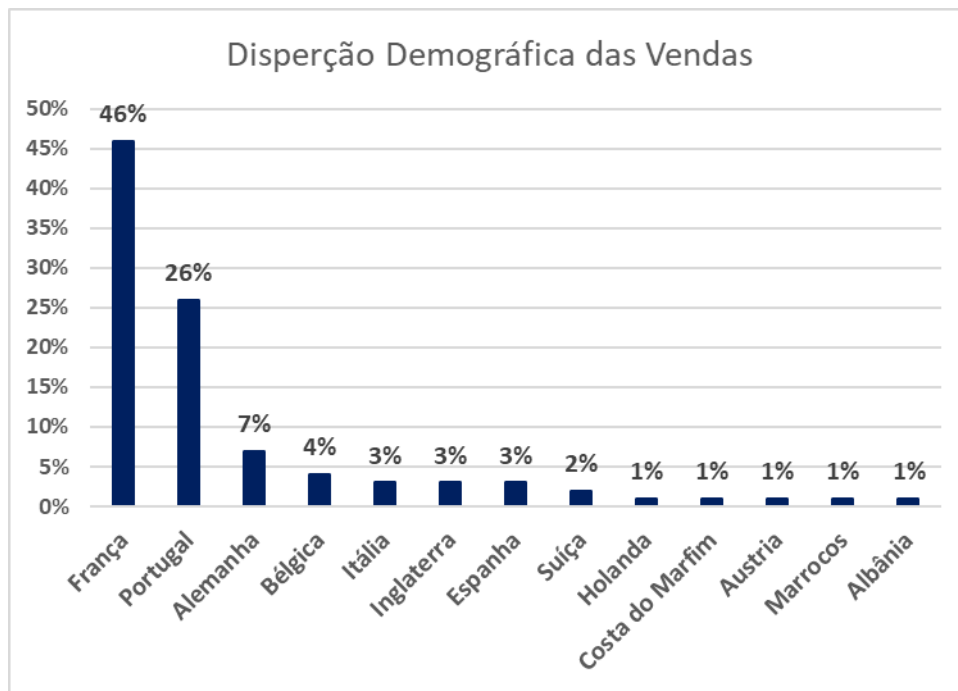


Figura 2 - Dispersão geográfica das vendas

Para o ano de 2019 a empresa espera um aumento na procura de 75% a 100%, para 1400 a 1600 spas e 100 *Swimmers*. Deste aumento da procura nasceu a necessidade de reformular o método de produção. Foi com este objetivo que nasceu a projeto do Kaizen Institute com a Portcrl. Na Figura 3 está representado uma sala de exposições com os produtos da empresa.



Figura 3 - Exposição dos produtos da empresa

1.3 Objetivos do Projeto

Fruto do crescimento comercial no último ano, a empresa perspetivou para o ano corrente um aumento da procura de cerca de 75%. No sentido de acompanhar este crescimento, surgiu a necessidade da produção da empresa acompanhar o aumento das encomendas. Neste âmbito, a Portcrl desenvolveu um projeto em conjunto com o Kaizen Institute de forma a alcançar um aumento de 45% em faturação, em comparação com o ano passado, e sem aumentar os custos com pessoal em mais de 10%. Desta forma a empresa pretende aumentar a capacidade produtiva para 35 spas e 2 *Swimmers* por semana.

Especificamente, o projeto tem como objetivo reestruturar as linhas de produção da empresa com vista à criação de fluxo unitário (*One-Piece-Flow*), através da implementação de ferramentas *Lean*. Os objetivos em unidades de produção são os seguintes:

- Aumento de 65% do *output* no setor do Fabrico;

- Aumento de 98% do *output* no setor da Montagem;
- Diminuição do *Lead Time* de 4 semanas para 2 semanas.

De forma a atingir estes objetivos, será acompanhado de forma frequente o *output* semanal nas áreas de produção da fábrica (Fabrico e Montagem). Este indicador está expresso em unidades de spas equivalentes por semana. A unidade de equivalência permite calcular o indicador de produção sem que este seja enviesado pelo *mix* produtivo. A fórmula de cálculo desta unidade será detalhada no capítulo 3.

As *baselines* e objetivos destes indicadores podem ser consultados na Tabela 1. A *baseline* representa o valor da situação inicial do projeto.

Tabela 1 - Objetivos de *output* do projeto

	<i>Baseline</i>	Objetivo
<i>Output Fabrico</i>	22.6	37,3
<i>Output Montagem</i>	17.7	35,1

O *Lead Time* da fábrica abordado neste projeto engloba a tempo desde o início de produção no posto de termoformação até à entrada no armazém de expedição.

1.4 Estrutura da Dissertação

A dissertação está organizada em 5 capítulos. No atual capítulo pretende-se introduzir o projeto, os seus objetivos e condições.

No segundo capítulo é explicado, com base na literatura existente, a origem e fundamentos da criação de fluxo e ferramentas *Lean*.

No terceiro capítulo é feita uma descrição do estado inicial da empresa onde foi realizado o projeto e identificados os problemas que se pretendem resolver.

No quarto capítulo é discutido o desenho de soluções, a sua implementação e os resultados de cada medida implementada.

Por fim, no último capítulo é feita a conclusão dos resultados obtidos e dos benefícios da utilização das ferramentas *Lean*. Neste último capítulo são também expostas as perspetivas para trabalhos futuros.

2 Origem e Fundamentos do Fluxo *Lean* na Produção

Neste capítulo é tido como linha de pensamento a progressiva aproximação dos conceitos abordados ao projeto em causa.

No primeiro ponto é realizado o enquadramento teórico e histórico da origem da produção em fluxo *Lean* e dos conceitos que suportam esta metodologia. No segundo ponto é exposto a abordagem teórica do *Total Flow Management* e das ferramentas necessárias à implementação de Fluxo *Lean*.

De seguida é exposto então a base do Fluxo *Lean*, através da abordagem da origem do *Toyota Production System*.

2.1 A Origem do *Toyota Production System*

O embargo de petróleo de 1973, durante o conflito Árabe-Israel (Guerra do Yom-Kippur), agravou a convulsão global ressentida da hostilidade do conflito na Indochina e da inflação do dólar Americano (Terzian, 1985). A ameaça eminente do cessar das reservas de petróleo no Ocidente e a quadruplicação do seu preço mergulhou o panorama económico, social e governamental global numa recessão (Ohno, 1988). Não obstante foi a situação vivida no Japão, onde a desaceleração de cerca de 10% do crescimento económico, colapsou a atividade industrial do país nipónico.

Com o decréscimo das vendas, a indústria automóvel, considerada por Peter Druker “a indústria das indústrias” (Druker, 1946), enfrentava um problema: como baixar custos, produzindo um reduzido volume de variadas gamas de automóveis (Cusumano, 1985). Noutros termos, era necessário contrariar o paradigma do sistema produtivo em massa de Henry Ford: aumentar a eficiência produzindo lotes de menores quantidades (Womack et. al, 1990, Ohno, 1988). O foco já não era apenas encurtar ao máximo o *Lead Time* da produção, mas também alcançar a flexibilidade de produzir várias gamas nas quantidades necessárias e em curtos ciclos produtivos (Krafcik, 1988).

O sistema produtivo comum na altura, consistia em albergar stocks intermédios e de produto final, com o objetivo de absorver defeitos, problemas de processos e variações na procura (Y.Sugimori et. al,1977). Tal paradigma será alvo de crítica no presente trabalho, pois incorre naquele que é considerado o maior *muda*: a produção em excesso.

A produção em excesso leva à acumulação de stocks, por sua vez, a acumulação de stock submerge todas as causas de problemas e desperdícios de uma linha de produção (Imai, 2012). A acumulação de stock é considerada como a causa de problemas como desbalanceamento entre processos, defeitos, falta de manutenção, excesso de recursos, tempos mortos nos processos, não serem expostos e facilmente identificados. Não obstante, a acumulação e inventário quebra todo o fluxo de materiais e informação da linha (Y.Sugimori et. al,1977; Ohno,1988).

Na *Toyota Motor Company*, apesar do decréscimo nas receitas, a sustentação dos lucros durante os anos da recessão levou outras empresas na indústria automóvel a questionarem-se qual seria o método da Toyota (Ohno, 1988). Foi então que ficou conhecido o *Toyota Production System* (TPS), sendo um dos principais nomes responsáveis, Taiichi Ohno.

Kiichiro Toyoda, fundador do grupo automóvel revolucionou a indústria com a cultura que alicerça o TPS, a absoluta eliminação do desperdício, com o objetivo de atingir produção de baixo custo (Ohno,1988; Y.Sugimori et. al, 1977). Esta cultura tem como base dois pilares: *Just-in-time* (JIT) e *Jidoka* (Krafcik, 1988). Para além disso, são abordados com igual relevância neste trabalho o Sistema *Kanban* e a Produção *Pull*, pois são considerados, pelo autor, temas intrinsecamente ligados com aquele que é o funcionamento do TPS.

O sistema produtivo da Toyota tem sido a chave do seu sucesso e excelência da marca. A Toyota é hoje em dia um dos maiores e mais lucrativos fabricantes automóveis.

2.1.1 Just-in-time

Com o intuito de evitar os problemas causados pelo desequilíbrio de stock e excesso de recursos, é identificada a necessidade de ajustar a produção às flutuações na procura. Nesse sentido, surge o *Just-in-time* (JIT) (Y.Sugimori et. al, 1977).

O JIT é a estratégia para alcançar zero stock, encurtar o tempo da entrada de matérias-primas e saída do produto final da fábrica e produzir apenas aquilo que é pedido de acordo com a procura (Ohno, 1988). Isto significa que o stock de produto final e stocks intermédios devem ser produzidos exatamente na altura necessária e nas quantidades precisas, de forma à produção não exceder as encomendas e manter os processos conectados (Shingo, 1989).

Do ponto de vista da gestão da produção este é o estado ideal, no entanto com produtos que envolvem elevado número de componentes e/ou tempos de entrega curtos este estado é praticamente impossível de alcançar, dado o elevado *Lead Time* da produção e o curto *Takt Time* da procura (Ohno,1988). Este obstáculo será abordado no tópico “Sistema *Kanban*”.

A aplicação do *Just-in-time* pretende não só resolver aquele que é considerado o pior dos desperdícios, a produção em excesso, mas também simplificar a identificação de problemas de forma imediata, permitindo a retificação de procedimentos com celeridade para evitar defeitos e retrabalho (Liker et. al, 2006).

Um dos princípios do JIT é o *One-Piece-Flow*. Em consequência do facto de apenas ser produzido o que é necessário, seguindo a lógica da não acumulação de inventário, advém a necessidade de ter apenas uma peça entre cada processo da linha de produção (Y.Sugimori et. al, 1977). Assim, garante-se que a produção nos processos precedentes está alinhada com os processos subsequentes e na mesma lógica, com aquilo que o cliente encomenda. O *One-Piece-Flow* é o pensamento que desbloqueia o encurtamento drástico do *Lead Time* (Imai,2012). O *One-Piece-Flow* será um tema em grande atenção neste projeto, pois a acumulação de WIP e consequente aumento de *Lead Time* é visto como um problema da inexistência de fluxo unitário.

2.1.2 Produção Pull

Durante décadas ensinou-se que para satisfazer todos os clientes com elevados níveis de serviço, deve-se ter um armazém cheio de stock, pronto para ser expedido. Foi, então, durante anos, inculcido o pensamento de produção *Push*. A produção *Push* depende de previsões e com base na suposição do que será a procura futura, acumula stocks. Este sistema incorre frequentemente no total caos, *stockouts* e excesso de produção (Liker, et. al, 2006). O foco do método de produção *Push* é expedir para o processo seguinte da linha de produção o máximo de componentes possível, de forma a rentabilizar recursos. Sequencialmente, este processo segue-se até à acumulação de produto final em armazéns, por se pressupor que será o desejado pelo cliente final (Imai,2012). Este método de produção não só é falível, como incorre em elevados stocks de produto intermédio e final, e consequentemente *Lead Times* longos. A *Toyota* optou por outra abordagem, a Produção *Pull*.

A produção *Pull* é a essência do *Toyota Production System* (Coimbra, 2013). Nesta abordagem, é a procura que despoleta ação na linha de produção e não o inverso (Imai,2012). Esta abordagem aplica-se não só em relação ao cliente final, mas entre todos os processos dentro da linha de produção. Isto é, os consumos de um posto geram a produção do posto precedente, e assim sucessivamente (Y.Sugimori et. al, 1977).

Neste sistema de produção, há um grande desafio: garantir que o *Lead Time* de produção é inferior ao *Takt Time* (Imai, 2012). Este desafio é alcançado pela máxima eliminação de

desperdiço na produção e em manter stocks mínimos geridos através do sistema *Kanban* (Liker, et. al, 2006).

2.1.3 Sistema *Kanban*

O objetivo do *Kanban* é manter o fluxo de informação na linha de produção. O *Kanban* é geralmente um cartão físico que sinaliza para um posto da linha de produção, quando um certo produto foi consumido num posto subsequente ou foi expedido para o cliente, gerando desta forma uma ordem de produção (Ohno, 1988). O sistema *Kanban* é então a gestão da produção, de forma a garantir o *One-Piece-Flow*, evitando excessos de produção e garantido que a abordagem do *Just-in-Time* é respeitada (Y.Sugimori et. al, 1977).

Para além disso, de forma a ultrapassar a irrealidade de muitas indústrias de alcançar zero stock e com o intuito de garantir que apenas aquilo que é necessário é produzido, o uso do sistema *Kanban* complementa o JIT (Coimbra, 2013). O *Kanban* tem como base a suposição de que o que é encomendado hoje será a procura de amanhã (Shingo, 1989).

Este sistema foi também testemunhado por Masaaki Imai numa visita à fábrica Aisin Seiki's Anjo. Imai testemunhou o funcionamento do JIT e do sistema *Kanban*, onde é mantido um stock dinâmico com base nas vendas diárias dos modelos com maior volume de vendas e juntamente com cada unidade de stock segue um cartão *Kanban* (Imai, 2012). O cartão, sinaliza à linha de produção sempre que uma unidade de stock é retirada do stock ou o nível mínimo de reposição é atingido, dando origem a uma ordem de fabrico (Imai, 2012).

O sistema *Kanban* assegura a flexibilidade e controlo do stock, e garante que apenas é produzido exatamente aquilo que é encomendado pelo cliente, diminuindo o desperdício da necessidade de manter pequenos níveis de stock (Shingo, 1989; Imai, 2012). Desta forma, é possível encurtar *Lead Time* com desperdício minimizado, em atividades industriais que, pelas suas características, implicam stocks intermédios ou finais, de forma a satisfazer o nível de serviço.

2.1.4 *Jidoka*

Jidoka, que significa “automação com toque humano”, permite a identificação e destaque de problemas no fluxo. Desta forma, defeitos e malformações podem ser rapidamente identificados e corrigidos. No *Just-In-Time*, todos os componentes na linha de produção seguem um standard de qualidade e o *Jidoka* garante que esses standards são alcançados.

O uso de pequenos automatismos de baixo custo como o *Jidoka* ou o sistema anti erro *Poka-yoke*, permite dotar as máquinas de inteligência humana (Ohno,1988). Desta forma, é feito um controlo de qualidade instantâneo, impedindo que elementos defeituosos sigam na linha de produção e também evitando consequentes controlos de qualidade feitos por humanos (Coimbra, 2013). Da mesma forma, o *Jidoka*, previne que ocorra excesso de produção, automatizando a máquina para parar quando o montante requerido é produzido (Y.Sugimori et. al, 1977).

2.2 Total Flow Management

Fluxo é o alinhamento das etapas que levam a cabo um trabalho, em fluxo continuo e constante, sem desperdício, sem lotes e stocks intermédios (Womack & Jones, 1997). Só assim maximizamos a eficiência e intensidade de acrescento de valor para o cliente no produto (Ohno, 1988).

O *Total Flow Management* nasceu com o intuito de implementar o *Toyota Production System* na indústria e na cadeia de valor. O TFM é a estratégia para criar fluxo *Pull*, através do fluxo de materiais e informação guiados pela procura do cliente. O principal objetivo do TFM é a

redução do *Lead time* na cadeia de valor através da sistemática eliminação de *muda* e criação de fluxo. Assim, é possível atingir elevados níveis de produtividade, qualidade, satisfação dos clientes enquanto se diminui custos e o capital empregue. (Imai, 2012). A Figura 4 mostra os pilares do TFM.



Figura 4 – Modelo do TFM do Kaizen Institute

Este trabalho irá incidir sobre primeiro pilar do TFM (Fluxo na produção). Os objetivos deste pilar do TFM são o *One-piece-flow*, minimização do desperdício no trabalho dos operadores, flexibilidade para produzir lotes pequenos e a simplificação antes da automação (automação sem fluxo é automação de *muda*). “Para alcançar o *One-piece-flow*, é necessário redesenhar o *Layout* e equipamentos de forma a produzir uma peça de cada vez e na sequência pretendida” (Coimbra, 2013).

2.2.1 Layout e Desenho de Linha

“Um processo é uma sequência de operações *Value-added* e *Non-value-added*, (...) necessárias à produção do produto do início ao fim” (Shingo & Dillon, 1989). Com o *Layout* e Desenho de linha, o foco está em integrar o *One-piece-flow*, eliminar as operações *Non-value-added* e aumentar a eficiência e o fluxo unitário das *Value-added* (Coimbra, 2013).

Tipicamente lida-se com dois tipos de *Layout*: funcional e em linha. Neste trabalho iremos abordar os dois tipos de *Layout*.

O *Layout* funcional está organizado por máquinas/operações com a mesma função, a produção é feita em lotes e acumula grandes quantidades de *WIP* entre operações. O *Lead Time* deste tipo de *Layout* é tipicamente longo. As causas que originam diversas fábricas a funcionar neste tipo de *layout* são o desbalanceamento da linha e a não separação homem-máquina (Coimbra, 2013; Bicheno & Holweg, 2000). A Figura 5 demonstra o funcionamento de um *Layout* funcional.

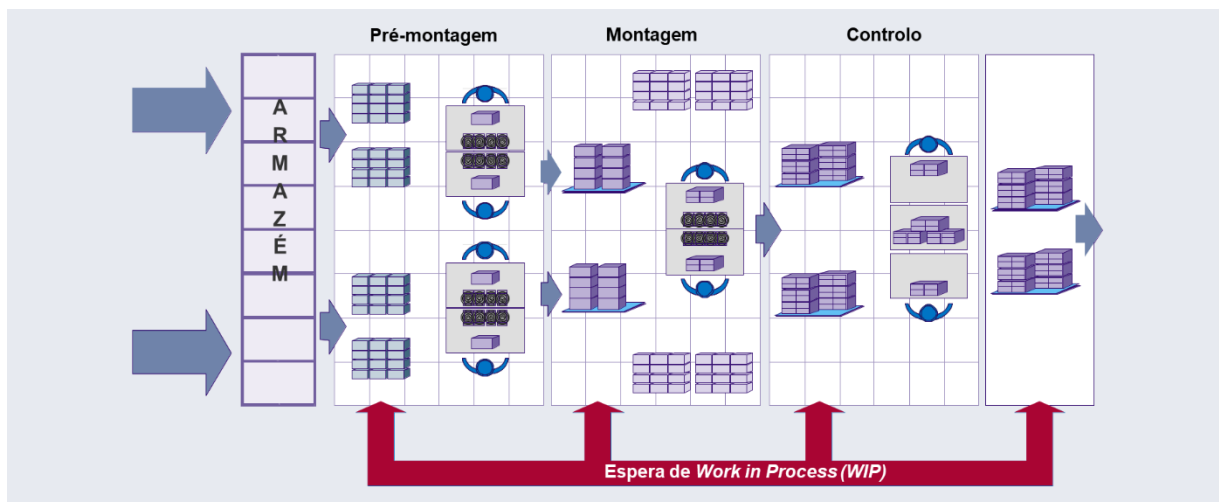


Figura 5 – Representação do *Layout* Funcional adaptado de Coimbra (2013)

Neste trabalho, irão ser introduzidos métodos de transformar um *Layout* funcional num *Layout* de linha, com o objetivo de reduzir WIP e encurtar o *Lead Time*. A Figura 6 demonstra o funcionamento de um *Layout* em linha.

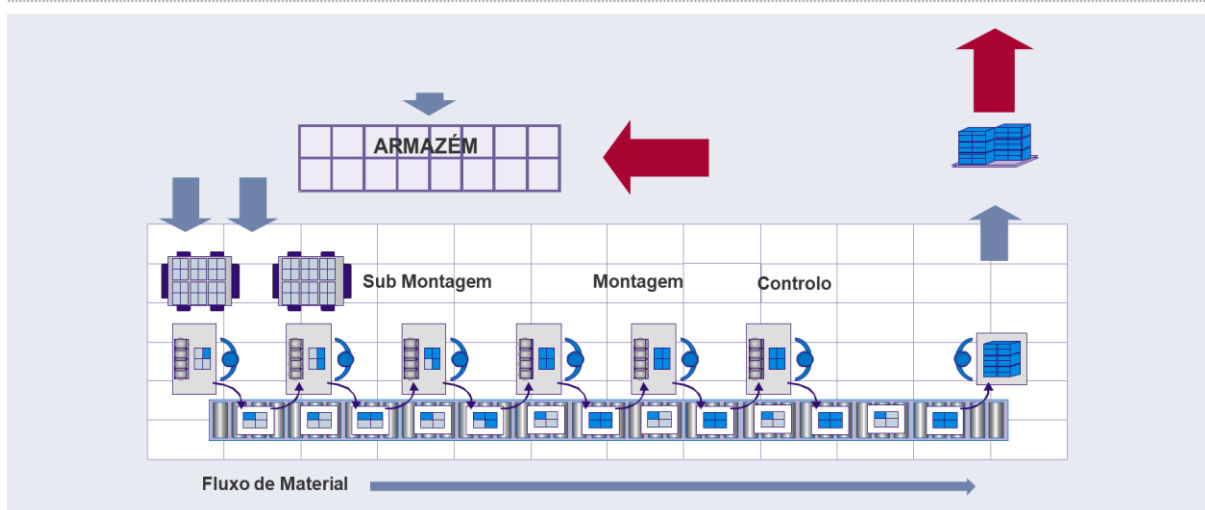


Figura 6 – Representação do *Layout* em linha adaptado de Coimbra (2013)

Embora *layout* em linha esteja normalmente associado a menores *Lead Times* e WIP, nem sempre significa que se respeita o *One-piece-flow*. É comum encontrar stock entre estações, o que é um sinal de *muda* e desbalanceamento da linha. Neste caso, o *One-Piece-Flow* só é respeitado caso haja uma unidade de WIP por estação (Coimbra, 2013).

Um fator muito importante do *layout* em linha é o *Shojinka*. *Shojinka* significa que a linha é flexível quanto ao número de operadores, sem que a produtividade da linha sofra alterações. Por sua vez, o número de operadores vai definir o *cycle time* da linha. Uma linha *Shojinka* capacita a linha de produção de alterações no volume da procura, pois permite aumentar ou diminuir o *output* da mesma sem alterar a sua produtividade (Coimbra, 2013).

O balanceamento da linha é um método muito importante de forma a criar linhas de fluxo. O método consiste em distribuir tarefas pelos postos de trabalho de forma a obter o mesmo tempo de ciclo em todas as estações. Uma ameaça a este método deve-se à diversificação dos componentes em produção. A diversificação significa que a quantidade de “trabalho” atribuída em cada estação poderá variar, e desta forma o balanceamento da linha poderá estar em causa. O balanceamento *Mura*, através da concentração de todas as atividades que constituem

variabilidade numa estação (estação *Mura*), atenua este problema (Coimbra, 2013). A Figura 7 demonstra o efeito pretendido com a criação de um posto/estação *Mura*.



Figura 7 - Efeito da estação *Mura*

2.2.2 Bordo de Linha e Trabalho Normalizado

O bordo de linha é a disposição física dos materiais e ferramentas necessárias à execução das operações e é também a interface entre o processo de produção e a logística. O bordo de linha e o trabalho normalizado estão diretamente relacionados. Os materiais certos no local certo minimizam o *muda* de movimentos do operador e facilitam a normalização do trabalho (Coimbra, 2013).

O trabalho normalizado implica alcançar um estado de fluidez no movimento dos operadores, de forma a que as tarefas sejam feitas no menor tempo possível, com a melhor qualidade e eliminando o *muda* e *mura*. Assim, é possível simplificar sequências de trabalho, eliminando tarefas *non-value-added* e melhoria das tarefas *value-added*. A normalização permite alcançar tempos de ciclo mais curtos e diminuir o WIP necessário para manter o fluxo do trabalho (Townsend, 2017).

Para além disso, o trabalho normalizado garante o alinhamento na organização e evita retrocessos nos processos de melhoria. Garante que as melhores práticas são partilhadas entre todos de forma a que cada tarefa seja executada da mesma forma, obtendo então os melhores resultados e de forma constante. Não obstante, a criação de standards de entre-ajuda permite a comunicação entre postos, e ainda, viabiliza absorver a variabilidade no *cycle time* das tarefas de cada uma das estações.

O FIFO aplica-se na criação de fluxo, já que permite que os produtos sigam a sequência na direção do cliente mais rapidamente, evitando a acumulação de WIP.

2.2.3 SMED - Single Minute Exchange of Die

Os *Setups* geralmente envolvem grandes quantidades de tempo. *Setups* frequentes estão normalmente associados à perda de produtividade e *output*. Com o intuito de combater este problema, tradicionalmente envereda-se por um caminho: aumento do lote de produção. Esta era a chave da produção em massa de Henry Ford (Ohno, 1988). O aumento do lote suaviza o peso *Changeover Time* na percentagem de trabalho, aumentando a eficiência.

No entanto, em casos de encomendas de reduzido volume e elevada diversificação, o tempo de *setup* tem um grande impacto. E, nestes casos, produzir grandes lotes causa um problema ainda maior: excesso de produção e inventário desperdiçado ou produção antecipada. Este será um

problema muito debatido neste trabalho, pois é uma das grandes causas da quebra do fluxo unitário e criação de desperdício.

Nestes casos, lotes grandes e conseqüentemente, excesso de inventário são considerados como um “*necessary evil*”. É importante então aprofundar um pouco as vantagens e desvantagens do inventário: (Shingo,1985)

Vantagens:

- Contrabalança o impacto do *setup* na produtividade;
- Funciona como “almofada” que absorve eventuais problemas;
- Satisfaz encomendas não diversificadas rapidamente.

Desvantagens:

- Retorno do capital investido decresce;
- Não constitui valor acrescentado pelo que é considerado desperdício;
- Espaço e mão-de-obra para armazenamento;
- Alonga drasticamente o *Lead Time*;
- Quebra fluxo unitário;
- Inventário que não chega a ser vendido e torna-se em sucata.

Feita esta enumeração, pode-se resumir que o inventário reduz o efeito do *Setup*, mas por outro lado aumenta os custos envolvidos. Esta relação pode ser vista na Figura 8.

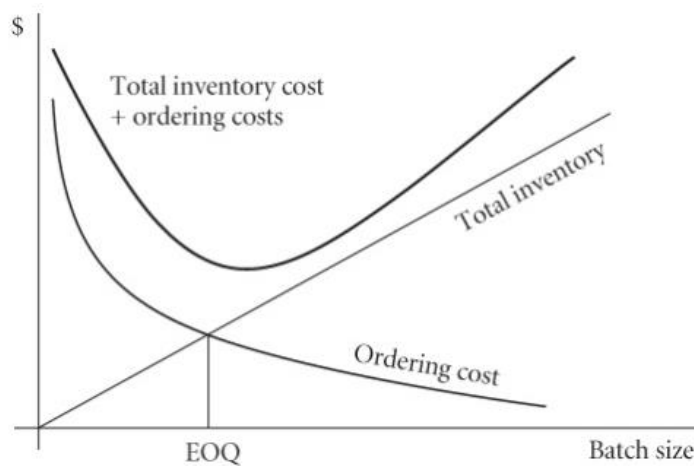


Figura 8 - Diagrama de EOQ (Relação entre tamanho de lote e *Changeover Cost*) adaptado de Coimbra (2013)

Neste gráfico (modelo EOQ de F.W.Harris) é comparado o tamanho de lote que minimiza o custo de armazenar inventário e o *Changeover Cost*. Ohno, na Toyota, rapidamente percebeu que a forma de minimizar este custo e garantir o fluxo unitário era reduzir o *Changeover Time* e conseqüentemente reduzir os custos de inventário. Este é o efeito SMED (Figura 9).

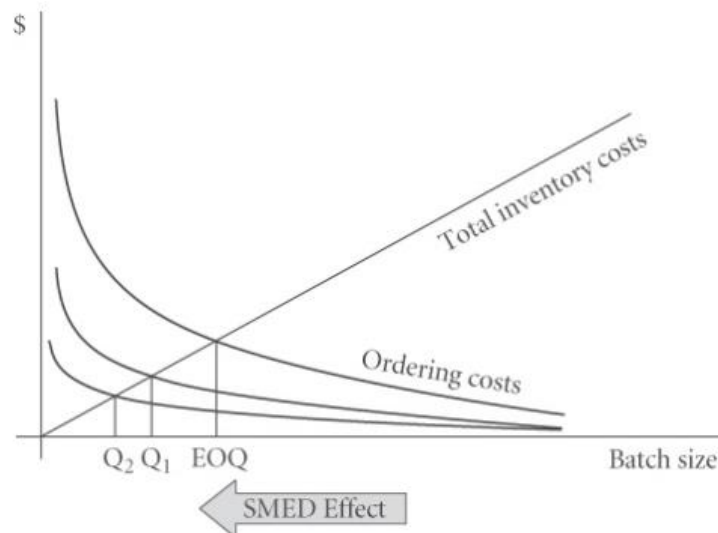


Figura 9 - Efeito SMED no Diagrama de EOQ adaptado de Coimbra (2013)

Ohno ambicionou EOQ igual a uma unidade (zero material a espera e fluxo perfeito) alcançando assim o *one-piece-mixed-flow*. Neste estado, a flexibilidade da mudança de referência é perfeita e a produção de várias gamas em fluxo unitário torna-se possível.

Embora o fluxo unitário pareça um objetivo que deveria ser óbvio na maioria das atividades industriais, o paradigma da máxima eficiência afasta muitas organizações de partilharem a mesma opinião de Taiichi Ohno e do TPS. É comum organizações desprezarem o fluxo unitário em favor do aumento da eficiência dos recursos, através da produção em lote (Coimbra, 2013). As desvantagens desta estratégia foram já enumeradas.

Outro problema associado ao *Setup* é a necessidade de mão-de-obra qualificada para estas operações. Operações que envolvem centrar moldes, ajustes, medições e calibrações requerem geralmente pessoal especializado e com experiência.

De forma a evitar os problemas adjacentes à produção em lote e à necessidade de mão-de-obra especializada, é necessário reduzir o *Changeover Time* e tornar esta operação mais simples para o operador (Shingo, 1985). Com este intuito, o SMED (*“Single Minute Exchange of Die”*) foi desenvolvido. Foi através deste sistema que a indústria automóvel Japonesa se adaptou às circunstâncias económicas da altura e conseguiu produzir várias gamas automóveis a preços competitivos (Cusumano, 1985; Holweg, 2007).

No SMED, consideram-se dois tipos de operações. As operações internas, que são todas aquelas que exigem que a máquina esteja parada para serem executadas. E as operações externas, que são aquelas que não necessitam da interrupção da máquina para serem executadas. O SMED é constituído então pelo seguinte conjunto de passos:

1. Separar operações internas de externas;
2. Converter operações internas em externas;
3. Reduzir trabalho interno;
4. Reduzir trabalho externo.

Desta forma, garante-se não só o aumento da eficiência do processo da troca de molde, mas a redução das tarefas realizadas com a máquina parada, aumentando assim o tempo de valor acrescentado da máquina.

2.2.4 Nivelamento da Produção

O nivelamento da produção é a repetição da produção de referências em curtos intervalos de tempo. Produzindo várias referências em pequenos lotes, ao invés de produzir poucas referências em grandes lotes, permite encurtar os ciclos de produção. Assim, é possível absorver

as oscilações na procura evitando o *bullwhip effect* (efeito de Forrester) ao longo da cadeia de valores. Para além disso, o nivelamento da produção garante a diminuição do *Lead Time*. Produzindo todas as referências numa base diária, garante-se que a produção das referências procuradas pelos clientes são produzidas diariamente. Produzindo em ciclos mensais, leva a que clientes tenham de esperar pelo menos 1 mês para que a referência que pretendem entre em produção (Coimbra, 2013). A Figura 10 representa o *Bullwhip Effect*.

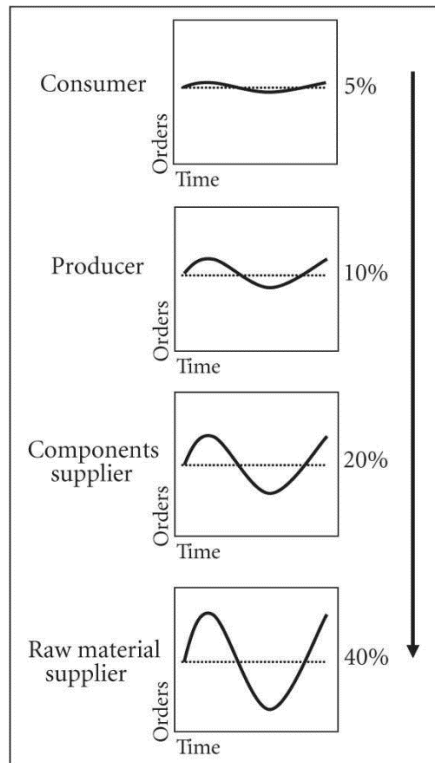


Figura 10 - *Bullwhip Effect* ao longo da cadeia de valores adaptado de Coimbra (2013)

O nivelamento da produção requer o aumento do número de *Changeovers*, desta forma o SMED tem uma grande importância no sucesso desta ferramenta

3 Descrição e Análise da Situação Inicial

Neste capítulo será descrito o trabalho desenvolvido no início do projeto, onde se observou no *Gemba* o método de trabalho dos colaboradores e o fluxo de materiais e informação. Após descrição das observações realizadas no *Gemba* é exposto o diagnóstico dos problemas da situação inicial da organização.

Assim, este capítulo pretende enquadrar os problemas identificados na situação em que a organização se encontrava no início do projeto da dissertação.

3.1 Descrição do Produto

Em 2018 a Portcril produziu e comercializou cerca de 800 spas e 80 *Swimmers*, contabilizando 41 gamas distintas de produto e 174 clientes distintos. Os artigos produzidos podem ser distinguidos em banheiras spa e *Swimmers*. Na Figura 11 está representado o exemplo de uma banheira spa.



Figura 11 - Exemplo de uma banheira spa fabricada pela empresa

Para além da empresa fabricar um elevado número de gamas de produto, a posição comercial da empresa permite uma customização quase total dos seus produtos por parte dos clientes. Ou seja, o cliente tem liberdade de alterar, adicionar ou retirar elementos do produto, como por exemplo, alterar a disposição dos jatos, adicionar sistema de áudio ao produto ou ainda requerer alterações na forma da concha do produto.

Desta forma, o número de referências produzidas pela empresa multiplica-se. No estado inicial, não existia registo por parte do departamento de produção, das referências produzidas. Sendo que, apenas existem ordens de fabrico das gamas *standard* e as alterações requeridas pelos clientes são comunicadas por escrito ao operador.

Para o ano de 2019 a empresa pretende fabricar e comercializar entre 1200 a 1400 unidades. Devido à sazonalidade do mercado onde a empresa está inserida, a procura semanal é expectável que seja de 35 spas e 2 *Swimmers* nos picos de procura elevada e de 20 spas e 2 *Swimmers* na época de baixa procura. Dado o estado atual da fábrica, onde não existe nivelamento da produção e ajuste da linha de produção ao volume de procura, será considerado para cálculo do *Takt Time* a procura da época alta. Desta forma é possível analisar o distanciamento da situação inicial com a situação crítica de volume de procura elevado.

Como as diversas gamas de spas e *Swimmers* que a empresa produz têm tempos de produção muito distintos, neste projeto houve a necessidade de determinar uma unidade de equivalência. Esta unidade permite analisar métricas (*output* e produtividade) sem que estas sejam enviesadas pelas gamas que estão em produção. A unidade de equivalência foi determinada com base no tempo de processamento nas diferentes secções e número de furos/jatos do produto. Importa ainda referir que a unidade spa equivalente das gamas produzidas difere nas 2 áreas da fábrica.

A empresa trabalha apenas um turno diário, e tipicamente não labora aos fim-de-semanas, pelo que neste projeto não foram considerados horas de trabalho de feriados, sábados e domingos para cálculo de *Takt Time*. Um turno tem 8 horas, sendo que 30 minutos são programados para intervalos dos colaboradores, pelo que não é incluído no tempo de abertura da fábrica.

O processo produtivo da empresa foi dividido em 2 áreas: Fabrico e Montagem. De forma a comparar a situação atual com o ritmo produtivo que permite satisfazer as encomendas na época de elevada procura, foram calculados os *outputs* e *Takt Times* em spas equivalentes nas 2 áreas de produção. Para o cálculo do *Takt Time*, será expurgada a produção de *Swimmers* porque como será explicado, este produto será fabricado à parte do resto das referências. Os valores podem ser consultados na Tabela 2.

Tabela 2 - *Takt Time* das 2 secções da fábrica

	Output (spa equivalente) por semana	<i>Takt Time</i> (min/spa equiv.)
Fabrico	37,3	60,3
Montagem	35,1	64,1

O *Takt Time* foi calculado segundo a equação 3.1:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ de\ produção\ planeado\ (minutos)}{Procura\ (spa\ equivalente)} \quad (3.1)$$

3.2 Situação Inicial do Setor do Fabrico

O processo produtivo da empresa inicia-se no fabrico. Neste setor forma-se a concha, confere-se resistência física à mesma e por fim criam-se os furos dos jatos do produto. Este setor é composto por 5 operações. Como demonstra a Figura 12, o fluxo produtivo do fabrico acumula *WIP* (45 unidades), tem muitas deslocações (121 metros na maioria dos casos) e *Lead Time* de 2 semanas.



Figura 12 - Exemplos de acumulação de stock entre postos

O *output* semanal na situação inicial era de 22.6 spas equivalentes por semana, sendo que tempo de ciclo da linha do fabrico era de 106 minutos por spa equivalente. De forma a dar ênfase aos problemas de fluxo da linha, na análise dos tempos de ciclo de cada posto/estação não será considerado o tempo por spa equivalente, mas o tempo por spa e a variabilidade no tempo de

ciclo que as diferentes referências provocam. A Figura 13 representa o mapeamento do fluxo de materiais no setor do Fabrico.

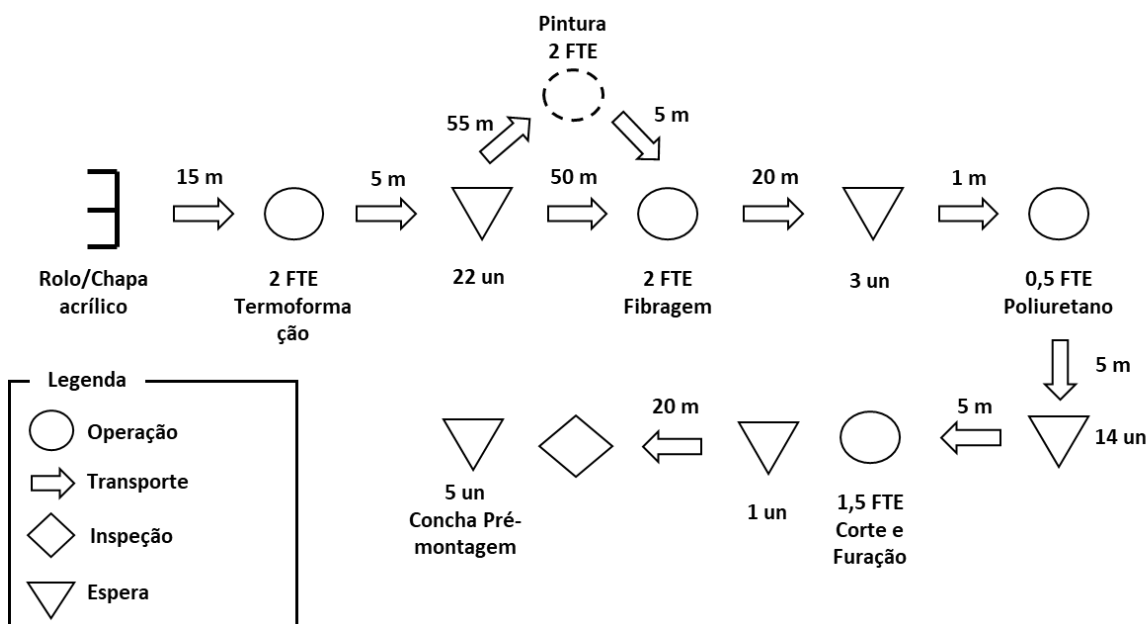


Figura 13 - Mapeamento do Fluxo de Material no Fabrico

O armazenamento da matéria prima (rolo/chapa de acrílico) é feito em grandes quantidades por razões financeiras de aprovisionamento. O processo apenas tem um momento de inspeção de qualidade que é realizado no fim do processo. O transporte das conchas em curso é realizado por ação de 2 operadores, sem auxílio de qualquer suporte, à exceção das movimentações realizadas entre o posto de fibragem e de poliuretano. Nestes dois postos, as movimentações e operações são realizadas com o auxílio de uma estrutura com rodas.

De seguida é especificado ao pormenor cada uma das 5 operações.

Termoformação:

O processo produtivo inicia-se na estação de termoformação, onde uma chapa de acrílico é transformada numa concha de spa através de um processo denominado termoformação. Neste processo, a chapa de acrílico é aquecida a cerca de 150°C e através de sucção com vácuo é formada a concha da banheira spa que se pretende, através de um molde.

O processo de termoformação é complexo e meticuloso. O elevado número de referências e consequentemente de moldes distintos, leva a uma necessidade elevada de conhecimento e experiência no seu manuseamento, dimensionamento na máquina e ajuste. Para além disso, dadas as características do processo de termoformação com a máquina existente, a operação é demorada e falível em termos de qualidade. As mal formações da concha do produto após o processo, provocam elevada variabilidade no tempo de execução da operação e número de rejeições considerável.

Esta operação em média demora 60 a 65 minutos, sendo que o processo de troca de molde (*Setup*) demora 120 a 240 minutos. No caso das *Swimmers*, esta operação demora cerca de 2 horas e o *Changeover Time* é de 4 horas. Esta estação para além de termoformar spas e *Swimmers*, termoforma também as bases das banheiras spa, sendo que todos os modelos necessitam de base. O tempo de *setup* do molde das bases é bastante mais simples pelo que é feito em apenas 30 minutos, e o tempo de execução é 15 minutos. Estes valores podem ser consultados na Tabela 3 - Tempo de Ciclo e de mudança de molde da Termoformação Tabela 3.

Tabela 3 - Tempo de Ciclo e de mudança de molde da Termoformação

	Encomendas Semanais	<i>Changeover Time</i>	Tempo de Ciclo
Spa	35	[120;240] min	[60;65] min
<i>Swimmer</i>	2	240 min	120 min
Bases	35	30 min	15 min

As bases são produzidas neste posto e ao contrário de todas as outras referências, não necessitam de passar por mais nenhuma estação do fabrico. Desta forma, o *output* em unidades, é diferente dos restantes postos. Ao contrário das restantes estações, na termoformação é pouco relevante a unidade de equivalência estipulada para esta secção, pois os tempos de ciclo entre cada gama pouco se alteram.

Semanalmente, de forma a reduzir o número de *setups*, as bases necessárias para a semana são produzidas sequencialmente. Desta forma, apenas um dia é dedicado à produção de bases, outro dia dedicado à produção de *Swimmers* e os restantes três dias para banheiras spas. Assim, o *Takt Time* das banheiras spas desta estação é diferente das restantes operações, sendo que diariamente deverá produzir 12 conchas deste produto, de forma a satisfazer a procura semanal estimada de 35 spas, tendo assim o *Takt Time* de 37,5 minutos.

Os moldes utilizados são fabricados internamente ou por *outsourcing* e são produzidos em resina epóxi ou madeira. O aprovisionamento de material (chapa de acrílico) é feito via contentor marítimo.

Dado o elevado *Changeover Time*, a empresa agrega as encomendas que tem em carteira por molde e frequentemente produz para stock de forma a produzir em lote e conseqüentemente amortizar o *Changeover Time*. O número de unidades do lote a produzir não tem modelo de cálculo.

Devido às dificuldades de transporte das chapas de acrílico e da dificuldade física do dimensionamento da máquina ao tamanho do molde, esta operação requer duas pessoas (2 FTE's) para executar o trabalho. A Figura 14 mostra a máquina de termoformação com um molde ajustado.



Figura 14 - Máquina Termoformação com Molde

Pintura:

Esta operação consiste na pintura de conchas de acrílico transparente. A operação apenas ocorre quando o cliente encomenda spas de acrílico transparente, o que constituiu 5% das vendas de 2018. Durante o período de observação no *Gemba*, o processo em média demorou entre 8 a 4 horas e por ser residual o número de produtos que têm de percorrer este posto, será desprezado na análise nos próximos capítulos.

Fibragem:

Nesta estação, uma camada de fibra e resina é aplicada na concha de forma a dar rigidez à mesma. A operação requer uma preparação, que consiste na aplicação de resina. De seguida é projetada fibra de vidro sobre a concha e aplicada uma camada de resina por cima. Nesta fase, os 2 colaboradores dividiam-se: enquanto um projetava fibra o outro aplicava a camada de resina. A operação em média demorava 80 a 100 minutos com 2 colaboradores, sendo que a variação do tempo é provocada pelo tamanho da concha em produção e ainda do pormenor da sua forma. Considerando apenas uma pessoa nesta estação, o *Cycle Time* é de 160 a 200 minutos. No caso das *Swimmers*, esta operação demora cerca de 5 a 6 horas com 2 operadores e 12 horas com 1 operador. Na situação inicial, este posto tinha 2 colaboradores a tempo inteiro (2 FTE).

Poliuretano:

O poliuretano é aplicado na concha da banheira spa e serve como isolador térmico. O processo considera a projeção de poliuretano sobre a spa e demorava 15 minutos. Nesta operação, dado o seu curto tempo de execução, o colaborador destacado para esta estação, metade do tempo estava disponível para a secção de corte e furação.

Corte e furação:

Esta estação envolvia 2 operações, o corte da aba da concha e a furação da spa. O corte é executado com o auxílio de uma rebarbadora elétrica portátil e demora cerca de 30 minutos. De seguida o operador assinala com marcador os locais dos diversos furos a efetuar na concha e realiza o furo guia em cada uma das marcações. A média de furos por spa é cerca de 75 sendo que a média de diâmetros usados por spa é de 10 diâmetros distintos num total de 23 diâmetros possíveis, utilizados pela empresa.

No processo produtivo os furos na concha serão futuramente os locais onde vão ser acoplados os jatos de ar, água ou luzes da spa. Por fim, realiza-se a operação de furação, com o auxílio de um berbequim portátil acoplado com brocas cranianas. Esta operação inclui ainda a lixagem do poliuretano no local dos furos e lixagem interior na zona da aba.

O total de tempo de ciclo desta estação é de 120 a 180 minutos, sendo que apenas 1 pessoa é necessária. O colaborador da estação do Poliuretano que fica disponível metade do dia de forma intermitente (4 horas), trabalha no mesmo produto durante este período, aumentando o *output*, mas com decréscimo na produtividade. Desta forma, o tempo de ciclo desta estação com 2 operadores é entre 90 a 150 minutos por spa. Relativamente às *Swimmers*, o tempo que foi testemunhado durante os períodos de observação foi de 240 minutos com 1 operador e 160 com 2 operadores.

Dentro da mesma gama, à parte da cor e tipo do acrílico usado na termoformação, o primeiro posto que confere customização no produto é o posto do corte e furação. A customização das banheiras spa inicia-se na posição e dimensão dos furos.

A Figura 15 demonstra o *Layout* do setor do Fabrico na situação inicial.



Figura 15 - Layout do setor do Fabrico no estado inicial

3.3 Situação Inicial do Setor da Montagem

Após o setor do fabrico, as conchas sobem para o segundo andar da fábrica através de elevador para o setor da montagem. Este setor, na situação inicial, tinha 14 FTE's e o *Lead Time* observado foi de 2 semanas. O *output* semanal do setor é de 17,7 spas equivalentes por semana, sendo, para estes valores o tempo de ciclo da linha de montagem por spa equivalente de 136 minutos. Neste setor serão inseridos todos os jatos, tubos de ar e água, sistema elétrico e motores que dão funcionalidade ao produto. Por fim, neste setor, são montados painéis de alumínio ou de madeira plástica que conferem estética ao produto e permitem isolar os motores, tubos e ligações elétricas do exterior. Comparativamente com o setor do fabrico, as deslocamentos são consideravelmente inferiores (50 metros) e o número de spas em curso é semelhante (39 spas em curso e 6 spas prontas para expedição). O fluxo de material pode ser consultado na Figura 16.

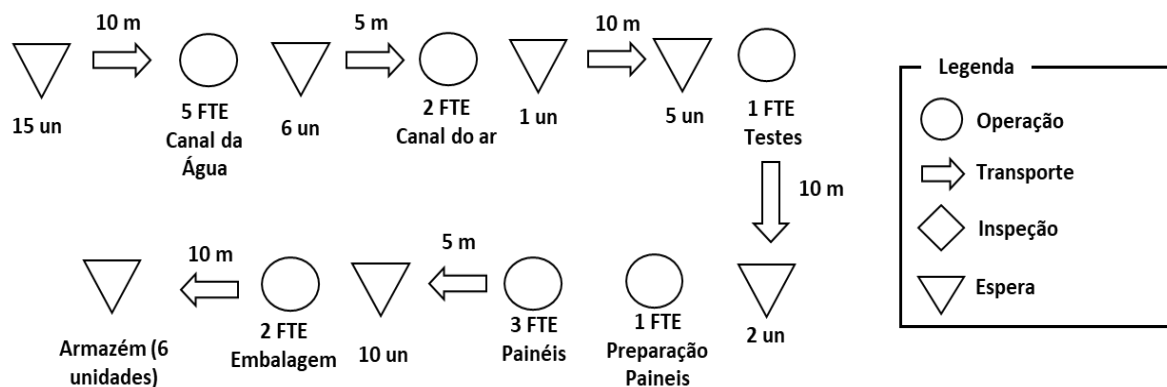


Figura 16 – Mapeamento do Fluxo de Material na Montagem

As *Swimmers* são montadas numa linha em paralelo, sendo que normalmente ocorre aos sábados. Desta forma, esta referência não será alvo de análise neste projeto, no setor da Montagem, pois não compromete o fluxo da linha de montagem das banheiras spa que é o foco principal do projeto.

Canal do ar:

A estação do canal do ar tem 5 FTE's sendo que trabalham todos em simultâneo na mesma concha. A operação no canal do ar inicia-se com a colocação da base e da estrutura na concha. Esta é produzida numa secção de carpintaria e serralharia da empresa.

Esta primeira etapa demorava entre 20 a 40 minutos devendo-se a pequenos ajustes necessários de forma à estrutura ficar com as medidas exatas da aba da concha. Devido à exigência física da operação e ao peso da estrutura, requer no mínimo 2 operadores.

De seguida, são acoplados todos os jatos nos furos do produto e colocados os tubos e coletores das ligações de ar nos jatos. Este procedimento demorava, com os 5 operadores em simultâneo, cerca de 90 minutos.

Canal da água:

Nesta estação, são ligados aos jatos de água os tubos de água e é feita toda a ligação dos tubos e coletores de água. A estação do canal da água tinha 2 operadores que trabalhavam em simultâneo no mesmo produto. O tempo de ciclo de 1 operador era de 200 minutos, sendo que o tempo de ciclo com 2 operadores registado foi de 120 minutos.

Testes:

Nesta estação, é montada toda a parte elétrica do produto: motores, sistemas de áudio, luzes led, entre outros. São feitas também as ligações dos tubos de água e ar às resistências do motor. Para além disso, é feito neste posto a inspeção final do funcionamento do equipamento. Para tal, é realizado um teste durante doze horas na spa. O teste consiste em colocar água na spa e por todo o equipamento do produto em funcionamento à temperatura máxima de 45°C. Após o término do teste são realizadas todas as ações de retrabalho caso sejam necessárias. O retrabalho consiste em arranjar problemas elétricos, fugas causadas por tubos mal ligados, problemas nos jatos, etc.

A estação dos testes contava, na situação inicial, com 1 FTE. O tempo de ciclo observado neste posto foi de entre 45 minutos e 185 minutos, sendo que a elevada variabilidade era causada pela necessidade de retrabalho.

Preparação de Painéis:

Neste posto são preparados os painéis que vão ser montados no produto no posto seguinte. Os painéis são feitos através da junção de ripas de madeira plástica ou de alumínio e isolante

térmico. Os tamanhos dos painéis seguem medidas *standard* para cada referência. O tempo de ciclo desta operação é de 45 minutos e tem 1 FTE.

Painéis:

Após todo o equipamento ter sido montado no produto e testado, são colocados painéis para isolar o interior da banheira spa. Posteriormente era feita a lixagem da aba e rebarbamento da base. Os painéis para além de terem a função estética, têm também a função de isolar o interior do produto, de forma a reduzir as perdas de calor e proteger o equipamento elétrico.

Devido à variabilidade do tamanho da aba da concha e também da geometria da estrutura, 90% das vezes as medidas dos painéis têm de ser acertadas de forma a serem corretamente montados na spa. Por esta razão, o tempo de ciclo desta operação variava entre 45 minutos e 180 minutos. O posto, na situação inicial, tinha 3 FTE's sendo que trabalhavam em simultâneo no mesmo produto.

Embalagem:

Neste posto é feita a inspeção final do produto e embalamento. A operação de embalamento consiste na limpeza da spa, montagem da cobertura no produto, colocação de manual de instruções para o cliente e colocação de filme protetor. Após esta operação a spa está pronta para ser expedida. O posto tem 2 operadores a tempo inteiro, que trabalham em paralelo, e a operação demorava entre 80 a 100 minutos, dependendo do tamanho do produto.

O *layout* da Montagem da situação inicial pode ser consultado na Figura 17.

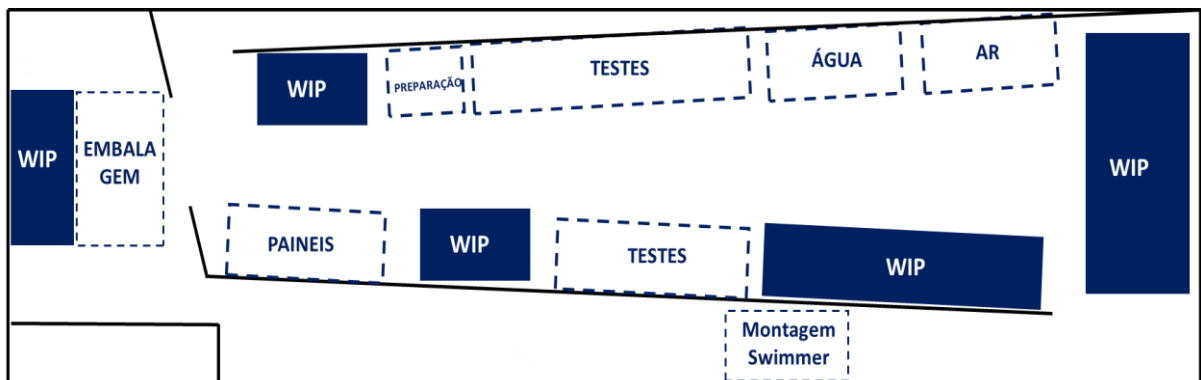


Figura 17 - Layout Montagem na Situação Inicial

3.4 Problemas da Situação Inicial no Fabrico e Montagem

O principal problema identificado na situação inicial da empresa, em ambos os setores foi a inexistência de fluxo unitário nas linhas do fabrico e montagem. Foi observado que o fluxo produtivo incorria em elevados stocks intermédios (WIP) e por esta razão o *muda* no método de trabalho não estava identificado. Os três principais problemas originados pela inexistência de fluxo unitário são:

- Elevado *Lead Time*;
- Baixa produtividade;
- *Muda* no método de trabalho.

As causas raiz para o desregulamento do fluxo unitário são enumeradas nos seguintes subcapítulos.

Desbalanceamento de Linha:

O desbalanceamento da linha de produção é causado pelos tempos de ciclo desiguais das várias operações e também pela elevada variabilidade do tempo de produção. O desbalanceamento é a razão pela disrupção do fluxo unitário da linha de produção e acumulação de *WIP* entre estações. Inevitavelmente o número de unidades em curso aumenta fazendo o *Lead Time* aumentar. Além disso, este problema é agravado devido à produção de *Swimmers* na mesma linha de produção que as banheiras spa. Como já foi o referido, as *Swimmers* têm um tempo de produção muito distinto das banheiras spa, quebrando a linha de fluxo unitário.

Produção em Lote:

A produção em lote, tal como analisado no capítulo anterior nos diagramas de EOQ, permite diminuir o *Changeover Cost*. O elevado tempo de *setup* exige que se produza em lote, ou a linha de produção a jusante irá ficar sem spas para produzir. O problema desta “solução” é a acumulação a jusante de stock de produto acabado sem encomenda, a produção de spas antecipada e o atraso de produtos com maior prioridade. Desta forma aumenta o *Lead Time* e o *stock* de produto acabado.

Linha de Produção Inflexível:

O desenho da linha de produção do Fabrico e da Montagem, não permite, caso se pretenda aumentar o número de colaboradores na linha. Ou seja, as linhas não são capazes de alavancar o *output* sem comprometimento da produtividade. Isto deve-se ao facto de cada uma das estações ter apenas 1 posto de trabalho e desta forma, o incremento de 1 colaborador nessa estação não permite a realização de trabalho em paralelo.

Desenho e Bordo de Linha:

O bordo de linha mal definido e desorganização do posto de trabalho e responsabilidades proporciona *muda* de movimentos do operador e espera de pessoas. O trabalho em simultâneo de vários elementos num produto aumenta a entropia e provoca *muda* de espera de pessoas. Não obstante, a falta de normalização de trabalho e instruções de trabalho provoca sequências de movimentos e ações que não otimizam o tempo e esforço do colaborador e leva a erros de qualidade. Consequentemente, o tempo de ciclo aumenta e o *First-Time-Quality* piora.

Logística Interna:

A gestão da logística interna era realizada pelos colaboradores destacados para as operações acima referidas. Não existiam, portanto, elementos destacados para esta função. Tal problema causava a perda de produtividade dos colaboradores nos seus postos, gerando *muda* de movimento e espera de pessoas.

4 Desenho de Soluções e Resultados

Tal como foi enquadrado na estrutura da dissertação no capítulo introdutório, neste capítulo será apresentado o desenho de soluções para o setor do Fabrico e Montagem e os motivos das soluções sugeridas. Por fim serão expostos os resultados globais obtidos no final das ações implementadas até à data do término do projeto de dissertação.

O desenho de soluções está centrado no alcance dos objetivos do projeto anteriormente referidos. Assim será tido em consideração na exposição da metodologia seguida os conceitos apresentados no capítulo 2.

4.1 Desenho e Balanceamento da Linha de Produção

A descoordenação de fluxo provocada pelos tempos de ciclo disparem nas diversas estações de produção da fábrica, causa a acumulação de WIP, o aumento de *Lead Time* e ainda a diminuição do *output* da fábrica. O balanceamento da linha permite equilibrar a densidade de trabalho em cada um dos postos de forma a nivelar o tempo de ciclo ao longo da linha, com foco em alcançar o *One-Piece-Flow*. O desenho da linha procura paralelizar operações de forma a aumentar a eficiência dos colaboradores e do processo. Uma linha balanceada produz resultados mais consistentes, reduzindo drasticamente momentos de espera dos postos com menores tempos de processamento e aliviando os *bottlenecks*.

4.1.1 Balanceamento da Linha do Fabrico

Tal como descrito no capítulo anterior, a linha de fabrico tem 4 estações de trabalho (desprezando o posto da pintura) e 6 FTE's, cada um com tempo de ciclo diferente e muito variável. A diferença entre os tempos de ciclo é causada pela desequilibrada distribuição das tarefas por posto de trabalho. A variação do tempo de ciclo em cada posto é provocada pela quantidade de trabalho que cada gama de spa necessita. Para além disso, no posto do Corte e Furação o trabalho em simultâneo no mesmo produto não permite maximizar a eficiência dos operadores. A partilha de responsabilidades e do espaço físico leva ao aumento de entropia na operação e do *muda* de espera de pessoas. Os tempos de ciclo podem ser consultados na Figura 18.

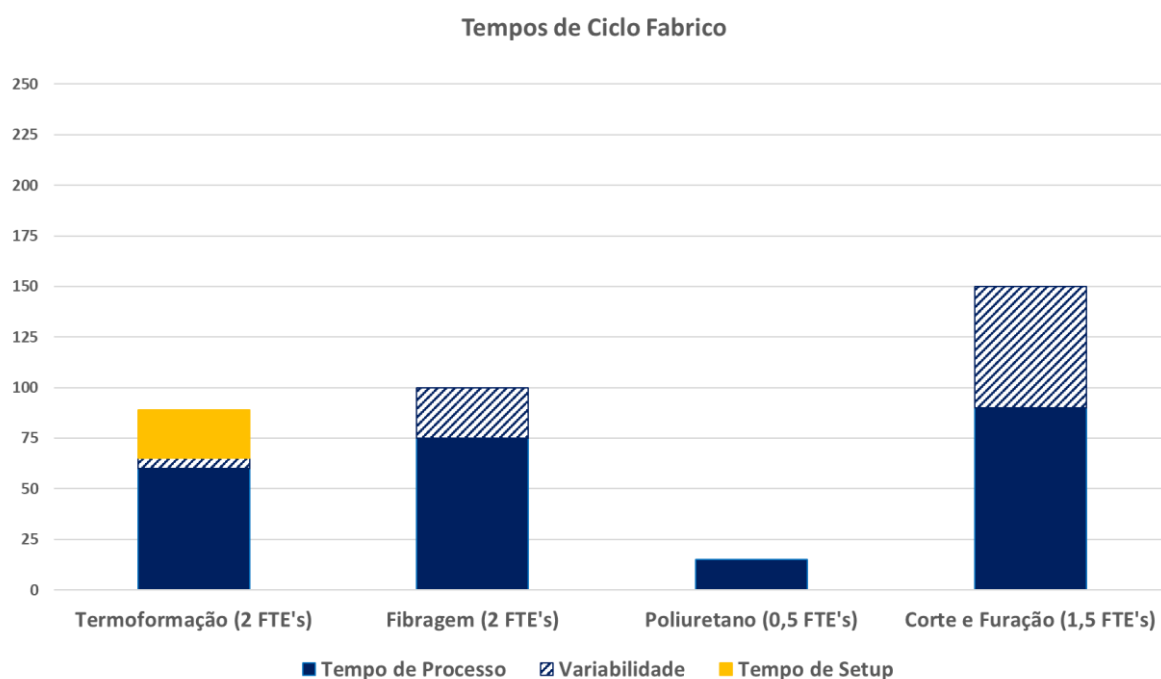


Figura 18 - Tempos de Ciclo Fabrico (Situação Inicial)

Note-se que o tempo de *setup* representado na Figura 18 é inferior ao supracitado no capítulo anterior. O tempo utilizado foi cerca de 25 minutos, que representa o tempo de *setup* médio de 180 minutos amortizado num lote de 7 spas (lote médio de produção).

Após observação no *Gemba* da forma de trabalho dos colaboradores, foi realizada uma listagem, juntamente com todos os colaboradores, das tarefas e tempos de ciclo dos diferentes postos de trabalho.

Assim foi possível distribuir as tarefas pelos colaboradores de forma a equilibrar o tempo de ciclo ao longo da linha. Para além disso, a linha do fabrico foi redimensionada, de forma a aproximar-se do *Takt Time* pretendido de 60 minutos. Deste redimensionamento da linha nasceu um novo *layout* e divisão de alguns postos. A nova linha de produção permite aumentar o número de colaboradores para 8 colaboradores (8 FTE's) sem que a produtividade seja comprometida. A multiplicação dos postos de trabalho, permite a paralelização de colaboradores e operações, e assim também é possível aumentar a produção sem comprometer a produtividade.

Os objetivos do balanceamento da linha do Fabrico têm os seguintes objetivos:

- Equilibrar os tempos de ciclo da linha, de forma a aproximar a linha de produzir em fluxo unitário e capacitar a produção de maior *output* e produtividade.
- Reduzir das 45 spas em curso na linha. Esperando uma redução de WIP para 8 spas, nos locais de stock entre operações em sistema FIFO, de forma a não prejudicar a sequência de produção e 7 spas nos postos da linha de spas do fabrico;
- Transformar a linha de produção numa linha *Shojinka*.

Para atingir os objetivos descritos, propuseram-se as seguintes alterações:

4.1.1.1 Divisão da Estação de Fibragem

A estação de fibragem foi dividida em 2 postos distintos: preparação e fibragem. O posto de preparação permite retirar uma carga de cerca de 30 minutos por spa ao posto da fibragem. No posto de fibragem estão agora fixos 2 FTE's, sendo que o tempo de ciclo observado neste novo modelo foi de 50 a 70 minutos, dependendo do tamanho da referência em produção. O colaborador afeto ao posto de preparação está metade do seu tempo no posto de poliuretano, sendo que o tempo de ciclo destes dois postos em conjunto é de 50 minutos.

4.1.1.2 Divisão da Estação de Corte e Furação

A estação foi dividida em corte e marcação, entreajuda e furação. A separação dos 2 operadores nesta estação permitiu reduzir o tempo de ciclo em 30 minutos. Esta melhoria do tempo de ciclo deve-se unicamente à paralelização de operações, evitando que ambos os colaboradores trabalhem nas mesmas tarefas e na mesma banheira spa em simultâneo. A separação do posto permite diminuir as interferências entre operadores e o número de tarefas de que cada operador é responsável. Consequentemente aumenta a repetição das ações que, por sua vez, aumenta a eficiência do operador.

O balanceamento da estação do corte e furação permite aliviar o *bottleneck* da linha e reduzir a variabilidade da operação. No novo processo, a existência do espaço de entreajuda permite a criação do posto *Mura*, que como foi analisado no capítulo 2 possibilita a redução considerável da variabilidade do processo. A divisão do trabalho entre os postos de corte e marcação, e furação foi feita de forma ao *Takt Time* nestes postos ser, teoricamente, de 75 minutos no máximo. Nos casos em que, uma referência exige mais tempo de operação, este tempo adicional será absorvido no posto de entreajuda pelo operador que estiver com maior disponibilidade.

Para cada gama, foram determinadas as tarefas que são realizadas no posto de entreaajuda e por qual colaborador, de forma a normalizar a amortização de variabilidade dentro do posto.

4.1.1.3 Criação de uma Linha Específica para *Swimmers*

A existência de uma linha específica para *Swimmers* garante que o elevado tempo de ciclo deste produto não quebra o fluxo da linha das banheiras spa. Esta linha é também capaz de produzir spas. Esta linha requer, numa semana com produção de duas *Swimmers* (encomenda típica por semana), quatro dias de um colaborador. Nestes quatro dias, com base nos tempos médios de ciclo desta referência, é expectável que o colaborador despenda um dia no posto da termoformação (com ajuda no transporte da chapa de outro colaborador), cerca de dois dias no posto de fibragem e um dia no posto de corte e furação. Desta forma, um colaborador é alocado no processo produtivo para a produção de *Swimmers*, sem comprometer o fluxo da linha das spas. No tempo remanescente, o colaborador fica disponível para se dedicar à produção de banheiras spa, no posto de fibragem, corte e furação da linha destinada a *Swimmers*.

4.1.1.4 Criação de Áreas Buffer em Sistema FIFO

As áreas reservadas para *stock*, tem a capacidade de 4 spas ambas e seguem a lógica FIFO. Desta forma, é possível albergar 8 spas de *buffer* e absorver eventuais problemas na linha de produção. Para além disso, os espaços reservados para o *buffer* FIFO permitem visualmente identificar as estações que estão a acumular stock ou a tornarem-se *bottlenecks*.

Os tempos de ciclo observados na nova linha de fabrico dedicada a spas pode ser consultada na Figura 19.

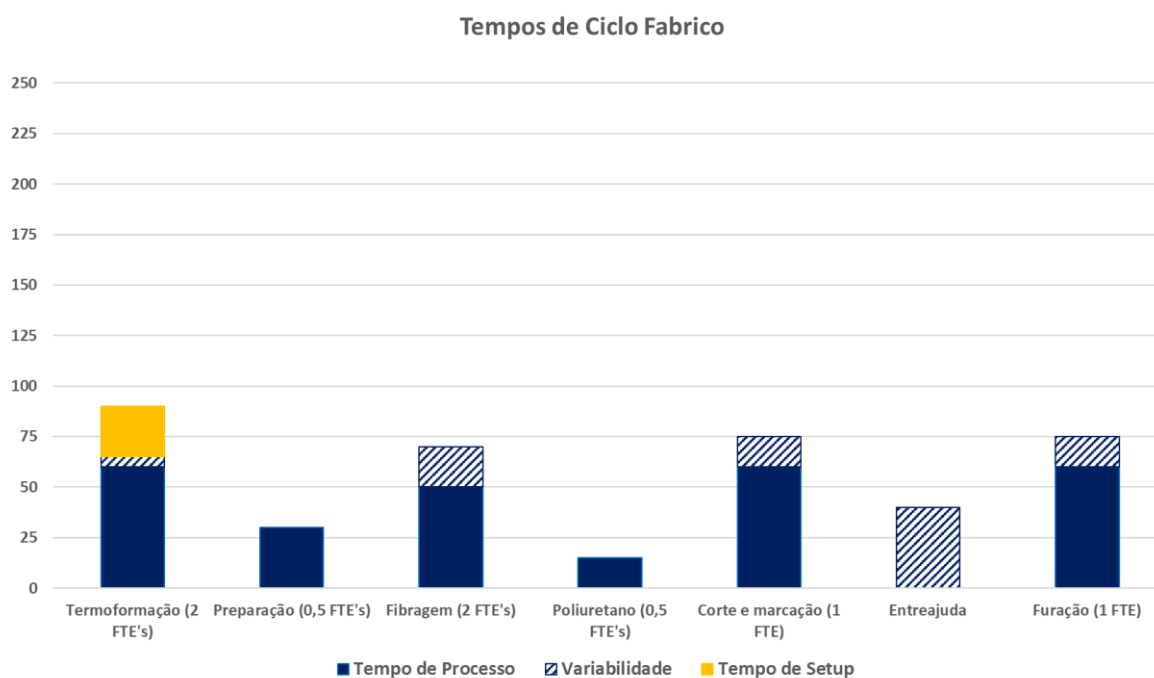


Figura 19 - Tempos de ciclo Fabrico dos postos do setor do Fabrico após balanceamento de linha

Embora esteja previsto a utilização de 8 FTE's na nova linha do fabrico (1 FTE na linha de *Swimmers* e 7 FTE's na linha das Spas), a linha é capaz de albergar mais 5 FTE's na linha de *Swimmers*. Desta forma, a fábrica teria 2 linhas de produção idênticas, sendo que uma está fisicamente concebida para produzir *Swimmers*. Este aumento de capacidade permite o aumento da capacidade produtiva sem prejudicar a produtividade da linha, transformando a linha do fabrico numa linha *Shojinka* que é capaz de moldar a capacidade de produção à sazonalidade da procura.

Até ao término do projeto da tese, ainda não foi adquirida uma 2ª máquina de termoformação, sendo que atualmente as *Swimmers* são termoformadas na mesma máquina que as conchas e bases.

O novo *layout* pode ser visualizado na Figura 20.



Figura 20 - Layout após redimensionamento da linha de fabrico

4.1.2 Balanceamento da Linha da Montagem

A linha da montagem, apresentava na situação inicial uma desajustada gestão dos recursos humanos fruto da tentativa de crescimento de *output*. A empresa, com o objetivo de aumentar a produção, incrementava colaboradores aos postos de trabalho já existentes, não promovendo condições de paralelização de operações. Como será demonstrado, o trabalho em simultâneo no mesmo produto causa entropia e perda de eficiência dos colaboradores. Não obstante, o desbalanceamento da linha provocava acumulação de WIP e ineficiência. Os tempos de ciclo podem ser observados na Figura 21.

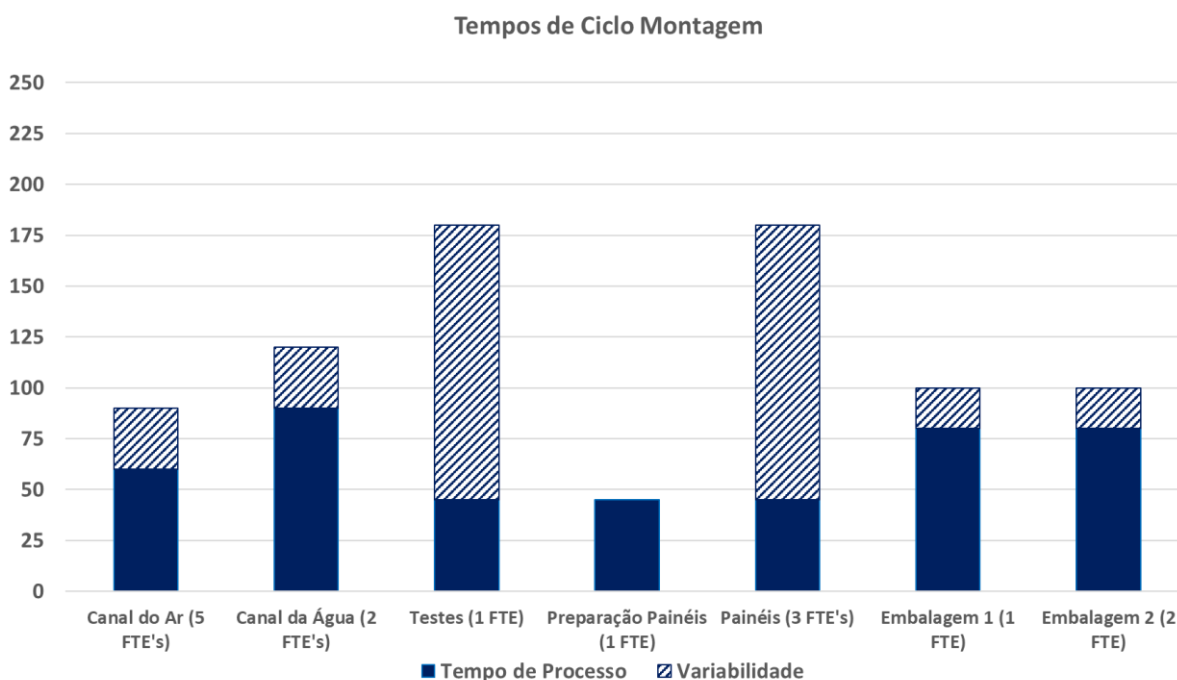


Figura 21 - Tempo de Ciclo dos postos do setor da Montagem na Situação Inicial

As oportunidades de melhoria identificadas foram: balanceamento da linha de forma a equilibrar o tempo de ciclo, a paralelização de operações de forma a rentabilizar os recursos humanos e a criação de postos *Mura* que absorvam a variabilidade dos tempos de ciclo.

A estação do canal do ar foi dividida em três postos: Jatos, Canal do ar 1 e Canal do ar 2. O posto dos jatos tem dois colaboradores que trabalham em simultâneo e consiste na colocação da estrutura na concha e acoplamento de todos os jatos na concha. A tarefa de realizar as ligações dos tubos de ar é agora feita por dois colaboradores em paralelo (posto do canal do ar 1 e 2). O colaborador remanescente que na situação inicial estava afeto a esta estação, foi destacado para realizar a logística interna. Desta forma foi possível paralelizar as tarefas desta estação, aumentar a eficiência de cada colaborador e distribuir as tarefas ao longo da estação de forma a equilibrar o tempo de ciclo. Com o mesmo objetivo, a estação do canal da água foi paralelizada, sendo que agora os dois colaboradores desta estação trabalham em paralelo em spas diferentes.

Para criar um posto *Mura* que absorva a variabilidade da estação do canal do ar e água, provocada pelo número de jatos das diferentes referências, foi criado o posto de Kits. Neste posto é realizada a pré-montagem de conjuntos de tubagens que posteriormente são montados no canal do ar e água. O principal objetivo é retirar tarefas destas estações nos produtos que requerem mais ligações de tubos e constituem variabilidade no tempo de ciclo para a linha da montagem. Para além disso, o posto dos Kits permite simplificar o tipo de montagens que são necessárias fazer nas estações do canal do ar e água e desta forma reduz significativamente as referências de materiais no bordo de linha, o que diminui o tamanho do mesmo e consecutivamente reduz o *muda* de movimentos dos colaboradores para recolher materiais. Após observação no *gemba* e tiragem de tempos no terreno para cada referência, foram para todos os produtos calculadas e criadas instruções das pré-montagens que são realizadas no posto dos kits. As referências cuja quantidade de trabalho ultrapassa os 150 minutos de tempo de ciclo teórico no posto do canal do ar ou água, têm pré-montagens realizadas nos kits. Tal permite nivelar o tempo de ciclo num máximo de 150 minutos de forma a que todas as referências tenham os mesmos tempos de ciclo nas estações de ar e água.

A estação dos testes foi dividida em dois postos: ligação elétrica e teste. O posto da ligação elétrica realiza todas as tarefas de montagem elétrica do produto. De seguida é feito o teste com água por 12 horas na spa e findo este é realizada a inspeção do produto e retrabalho, se necessário. Em cada um dos postos trabalha um operador, sendo que um dos operadores que estava na estação dos painéis foi destacado e formado para o posto de ligação elétrica. Esta divisão de tarefas na estação dos testes garante a consistência de número de spas que são colocadas em teste com água, operação que dura 12 horas. Para além das tarefas já referidas, no posto da ligação elétrica é feito agora também a lixagem da aba e rebarbamento da aba, tarefas anteriormente alocadas ao posto dos Painéis. A estação dos testes, dada a natureza da operação, é uma estação que tendencialmente quebra o fluxo unitário da linha. O período de teste em água da spa, provoca o mesmo efeito da produção em lote no posto de inspeção, pois todas as spas colocadas em teste durante o dia, apenas poderão avançar para o posto subsequente no dia seguinte. Assim, esta estação provoca o aumento do *Lead Time* e *WIP* da linha.

Com o objetivo de diminuir o retrabalho do posto dos Painéis, o posto de preparação dos painéis foi transformado num posto *Mura*. Na situação inicial, os painéis eram feitos segundo medidas *standard*, mas devido à variabilidade na estrutura e aba da spa, 90% destes painéis eram retrabalhados no posto de montagem dos painéis, provocando a oscilação no tempo de ciclo. No novo modelo da linha de montagem, o posto da preparação dos painéis faz os painéis à medida para cada produto. Foi criada uma norma de medição dos pontos críticos da aba e da estrutura que provocam problemas na montagem dos painéis. Assim, a variabilidade é acumulada no posto de preparação e garante que, na maioria das vezes, não é necessário retrabalho no posto dos painéis. No posto de montagem dos painéis, foi reduzido o número de operadores de três para dois e os operadores trabalham agora em paralelo.

Os tempos de ciclo observados na nova linha de montagem podem ser visualizados na Figura 22.

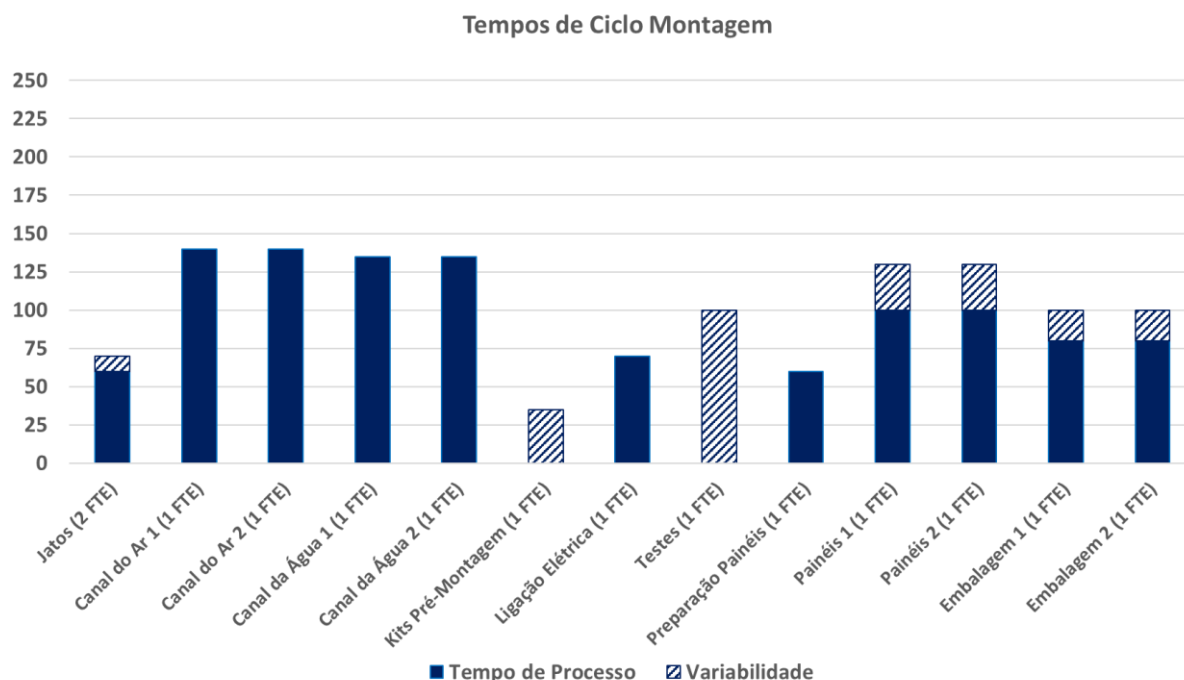


Figura 22 – Tempos de ciclo dos postos da linha da Montagem após balanceamento da linha

Note-se que apesar do tempo de ciclo do posto dos jatos e dos Kits pré-montagem ser bastante inferior ao resto da linha, estes postos têm de abastecer dois postos no caso dos jatos e 4 postos no caso dos Kits pré-montagem.

A Figura 23 representa o *layout* do setor da Montagem após o desenho da linha.

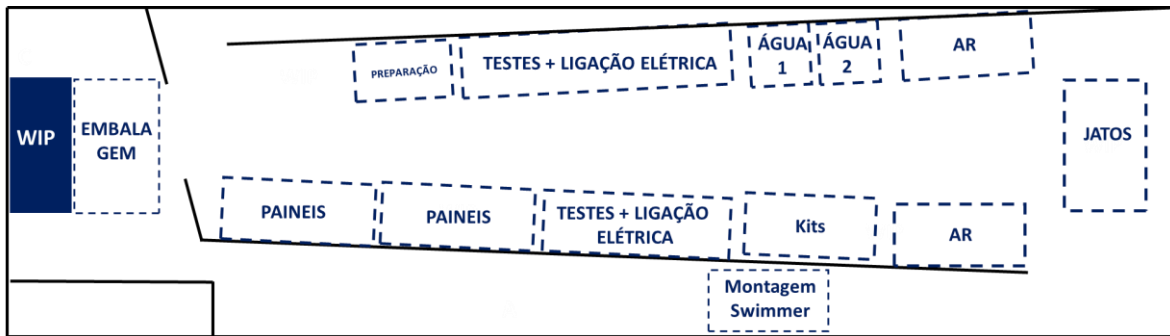


Figura 23 - Layout Montagem após desenho de linha

O desenho de linha permitiu nivelar as tarefas pelos postos de trabalho, reduzindo consideravelmente o tempo de ciclo da linha, produtos em curso e naturalmente o *Lead Time*. A produção em fluxo unitário alavancou o *output*.

4.2 SMED na Estação de Termoformação

No âmbito de resolver a produção em lote da fábrica, fator que provoca a acumulação de stock acabado sem encomenda, aumento de *Lead Time* e degradação do OTD, foi realizado o SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para reduzir o tempo de *Setup* (*Changeover Time*). Reduzindo este tempo, reduz-se a necessidade de produzir em lote e consequentemente reduz-se o tamanho de lote. Reduzindo o tamanho de lote que amortiza o *Changeover Time* para valores inferiores ao *Takt Time*, idealmente 1 unidade, garante-se que, independentemente do *mix* produtivo, a sequência do fluxo produtivo alinha-se com a sequência de expedição de produto da fábrica.

Desta forma, foi feito o estudo da forma de trabalho dos colaboradores neste posto durante o processo de troca de molde da máquina. A sequência de ações macro realizadas durante o processo de troca de molde estão especificadas na Figura 24.

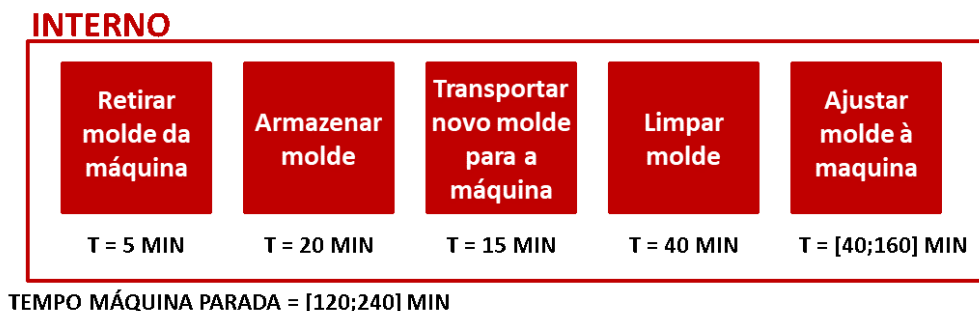


Figura 24 - Sequência de macro tarefas do Setup na situação inicial e respetivos tempos de execução

Após observação de diversas trocas de molde na máquina, constatou-se que no método de trabalho, não havia separação homem-máquina. A não separação homem-máquina leva a *muda* de espera de pessoas, espera pelo tempo de ciclo da máquina e também espera da máquina (máquina parada) por ação do homem. Esta última espera será abordada neste tópico, sendo que no tópico “Trabalho Normalizado” se abordara a não paralelização do trabalho do homem com a máquina.

Os registos do *Changeover Time* das trocas de molde efetuados durante o tempo de observação deste posto, oscilaram entre os 120 e 240 minutos, sendo que todas as macro tarefas são realizadas com a máquina parada. Ou seja, durante todas as ações na mudança do molde na máquina, esta está parada sem acrescentar valor. A variabilidade do tempo de execução deve-se às diferenças dos tamanhos dos moldes que estão a ser mudados. Uma troca de molde de

tamanho pequeno para tamanho grande requer tempos de ajustes e dimensionamento da máquina superiores à troca de moldes com tamanhos semelhantes.

Com o intuito de efetuar o 2º passo do SMED (Externalizar tarefas internas), foi, em conjunto com os colaboradores do posto, esquematizadas todas as macro e micro tarefas a serem externalizadas. O resultado da nova sequência de tarefas macro pode ser consultado na Figura 25.

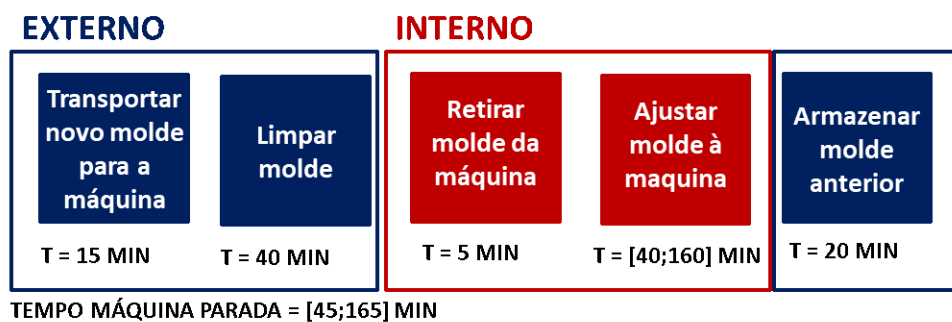


Figura 25 - Sequência de macro tarefas externas e internas e respectivos tempos de execução após 2º passo de SMED

Resultante da nova sequência de operações, é expectável a diminuição do tempo máquina parada para efetuar a mudança de molde de 75 minutos. As tarefas a serem realizadas agora com a máquina em atividade (tarefas externas) deverão ser efetuadas pelo operador logístico de forma a não comprometer o normal funcionamento de trabalho neste posto. Este assunto será abordado nos tópicos seguintes. Note-se que as tarefas agora externas são realizadas durante o normal funcionamento do posto de termoformação, ou seja, fora dos momentos de troca de molde.

Encontrada uma sequência que permite reduzir o tempo de inatividade da máquina, através da externalização de tarefas internas, é importante, agora, diminuir o tempo das tarefas internas (3º passo do SMED). O ajuste do molde à máquina foi destacado como a tarefa com diversas oportunidades de melhoria. O ajuste requer as seguintes micro tarefas:

1. Desaparafusar e retirar réguas das medidas do molde anterior da máquina [40 min];
2. Pneumaticamente mover o braço móvel até a medida de entrada do molde na máquina [5 min];
3. Colocar molde dentro da máquina [10 min];
4. Inserir e aparafusar réguas da medida do molde a ser utilizado na máquina [80 min];
5. Realizar ajustes das réguas ao molde até ficar com 1 centímetro no máximo de folga [20 min];
6. Encaixar tubos de vácuo no molde [5 min].

O processo é para além de demorado, difícil tecnicamente. Requer técnicas de precisão, manuseamento e conhecimento dos moldes. As tarefas 1 e 4 não são efetuadas quando o molde anterior e o molde a ser utilizado têm medidas horizontais semelhantes (situação pouco comum), sendo que são colocados pequenos aumentos nas réguas nestes casos. A Figura 26 representa a vista aérea da máquina de termoformação e os respetivos movimentos que faz.

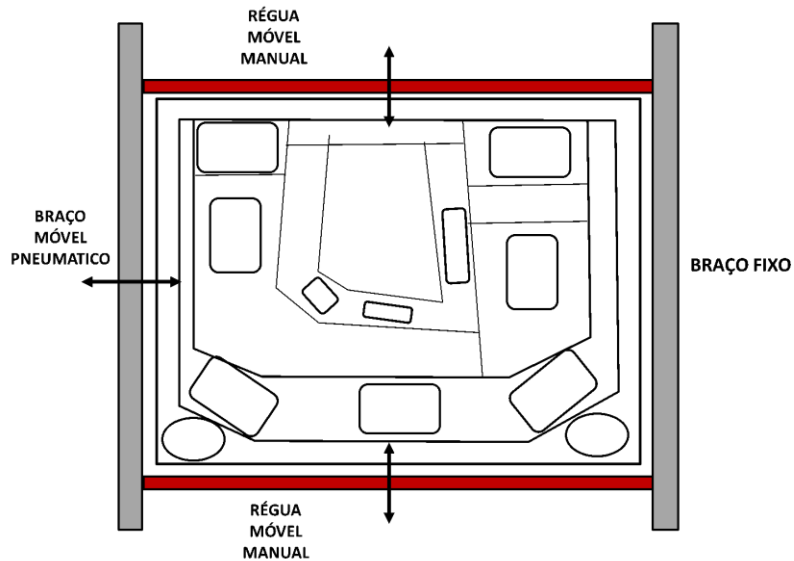


Figura 26 - Representação da vista aérea da máquina de termoformação

A primeira abordagem realizada para reduzir o tempo das tarefas internas foi a normalização de moldes. Normalizando o tamanho dos moldes, é possível fixar a posição dos braços e régua da máquina de forma a evitar todos os ajustes necessários na troca de molde. A Figura 27 demonstra uma vista de um corte transversal de um molde representativo de uma banheira spa.

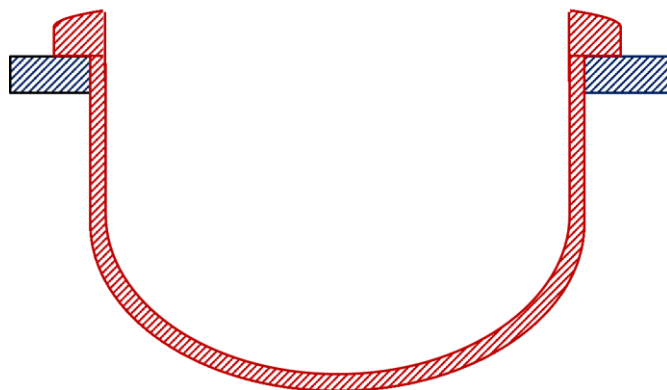


Figura 27 - Representação de um corte transversal num molde de spa

A normalização do tamanho dos moldes é feita pela colocação de aumentos na placa de fixação do molde, a área representada a azul. A área a vermelho representa a cavidade que confere a forma final ao acrílico pelo que não pode ser alterada. Cada molde levaria aumentos com um certo tamanho, de forma a que todos os moldes ficassem com as mesmas dimensões. Para garantir que o molde fica sempre centrado com o eixo zero da máquina, é necessário colocar uns encaixes em alumínio representados a vermelho na Figura 28, sendo que a base do molde terá o encaixe fêmea no eixo zero da base do molde, representado a azul. De forma a facilitar o encaixe da forma fêmea (encaixe na base do molde) com a forma macho (encaixe na base da máquina), são adicionados prolongamentos cônicos que facilitam o alinhamento dos encaixes.

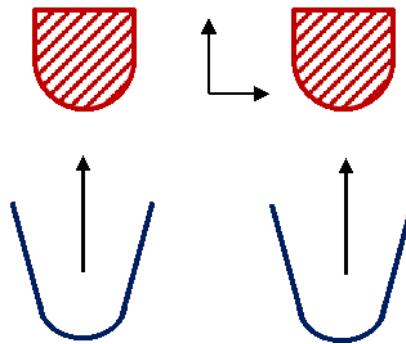


Figura 28 - Encaixes para centrar molde com eixo zero da máquina

Com a implementação da normalização de todos os moldes é expectável que as tarefas internas do *Setup* reduzam de 165 minutos para 5 minutos nos moldes com dimensões horizontais distintas. No entanto, por razões financeiras da empresa, não foi viável alterar todos os moldes e por isso a normalização dos moldes não foi implementada.

Vetada a normalização de moldes, a redução do tempo e exigência física das tarefas internas do *Setup* foram alcançadas através de melhorias na própria máquina. De forma a evitar a troca de réguas aquando da troca de moldes, foi alterado um conjunto de duas réguas. Estas réguas (Figura 29) podem aumentar e diminuir de tamanho através de aumentos que funcionam telescopicamente.



Figura 29 - Régua telescópica

A implementação desta melhoria nas réguas permitiu eliminar a tarefa de trocar as réguas, sendo que agora o aumento e diminuição do tamanho das réguas é feito pelo deslocamento horizontal do braço móvel. As observações da operação com a melhoria implementada revelaram uma melhoria em média de 60 minutos por *Setup*.

De forma a reduzir o tempo e exigência técnica envolvida no aparafusamento e desaparafusamento da régua aos braços da máquina quando é necessário mover verticalmente as réguas, foi desenvolvido um mecanismo de aperto rápido. A Figura 30 demonstra os apertos utilizados na situação inicial e a Figura 31 demonstra as alterações feitas de forma a melhorar a operação de aperto da régua ao braço da máquina.

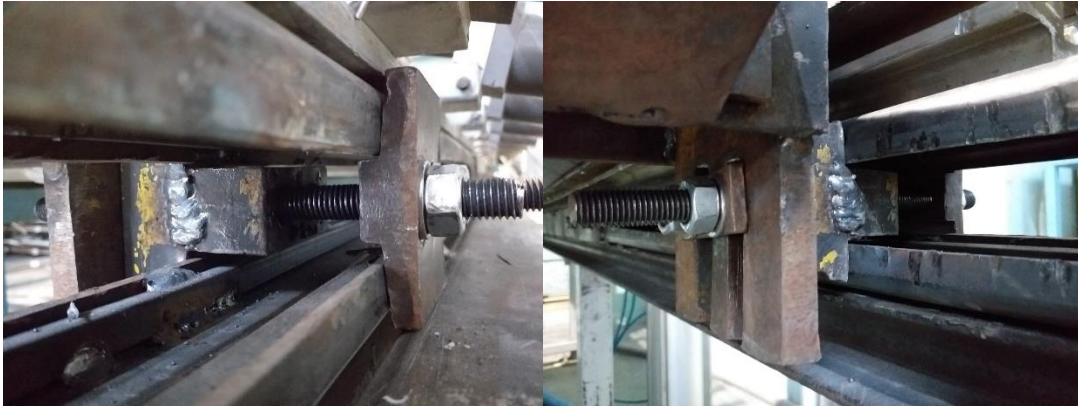


Figura 30 - Apertos da máquina de termoformação na situação inicial



Figura 31 - Aperto rápido da máquina de termoformação

Com o mecanismo de aperto rápido foi alcançada uma melhoria média de 20 minutos por *Setup*.

Por fim, foram sugeridas melhorias para reduzir o tempo das tarefas externas. De forma a reduzir o tempo de limpeza do molde (limpeza de pó que fica no molde), foram feitas coberturas para evitar que o molde se suje. Com esta alteração, o pó que cai no molde enquanto este está em armazém diminui drasticamente e da mesma forma, diminui o tempo de limpeza em 60%. Para além disso, foi desenhado um novo armazém para os moldes ao lado da estação de termoformação e num local onde fica isolado do posto de corte, de forma a diminuir o risco de sujidade e a reduzir em 80% o tempo logístico de troca de moldes. O local destinado para armazém de moldes pode ser visualizado na Figura 20, na área a amarelo. No entanto, até ao término do projeto da tese, esta melhoria ainda não foi implementada. Na situação inicial, o armazém de moldes é por cima do posto de corte, no 2º andar da fábrica, sendo que para transferir moldes para o posto de termoformação, é necessária uma torre guindaste e empilhador o que torna o processo demorado e complexo.

As melhorias implementadas permitiram reduzir o tempo da máquina parada, na maioria dos casos em, 65% do tempo, de 245 minutos para 85 minutos. Esta redução permitiu reduzir o tamanho de lote que absorve o *Changeover Time*.

4.3 Normalização do Trabalho - Termoformação

Como foi referido no capítulo anterior, foi observado no posto de termoformação que não existe separação homem-máquina. Ou seja, não existe paralelização das tarefas dos colaboradores durante o tempo de ciclo da máquina (18 minutos). Para além disso, foi observado a ausência de paralelização dos dois colaboradores nas tarefas em que não é necessário o trabalho de ambos. Assim com o intuito de normalizar as tarefas a serem paralelizadas entre operadores e destes com a máquina, foi listada sequência de tarefas realizada pelos operadores:

1. Colocar chapa de acrílico a aquecer (1 minuto);
2. Aguardar aquecimento, verificar pontos de lixo e controlar temperatura (10 minutos);
3. Termoformar chapa de acrílico aquecida (2 minutos);
4. Aguardar arrefecimento da concha no molde para realizar desmoldação (8 minutos);
5. Desmoldar (1 minuto);
6. Retirar concha da máquina (2 minutos);
7. Controlo de qualidade (2 minutos);
8. Colocar fita azul e armazenar concha (4 minutos);
9. Transporte chapa de acrílico nova para local de corte (2 minutos);
10. Colocar chapa pronta a cortar na mesa de corte (3 minutos);
11. Cortar chapa de acrílico nos tamanhos pretendidos (7 minutos);
12. Transportar chapa para local de limpeza da chapa (2 minutos);
13. Limpar lado da película da chapa e lixar (2 minutos);
14. Virar chapa e limpar lado oposto (3 minutos);
15. Colocar chapa na máquina de termoformação (1 minuto);
16. Colocar grampos e furar chapa (4 minutos);
17. Limpeza do molde (4 minutos);

Das diversas observações do processo de termoformação, o tempo de ciclo típico observado foi de 60-65 minutos.

Como já referido, foi identificado o *muda* de espera de pessoas pelo tempo de processamento da máquina (aquecimento e arrefecimento da chapa). Desta forma, foi dividido as tarefas do homem com as tarefas da máquina, de forma a haver paralelização da ação dos colaboradores com o tempo de processamento da máquina. Consequentemente, da paralelização do processo da máquina com as tarefas dos colaboradores foi eliminado seis minutos de espera na tarefa 2 e seis minutos na tarefa 4. Estes doze minutos são agora utilizados para realizar outras tarefas da operação de termoformação.

Para além disso, foram identificadas as tarefas que não necessitam da ação dos dois colaboradores em simultâneo, de forma a paralelizar estes momentos. As tarefas identificadas como possíveis de paralelizar foram as tarefas 1, 2, 3, 4, 5, 11, 13, 16 e 17. Foram também identificadas melhorias que permitem paralelizar algumas tarefas. As melhorias identificadas foram:

- Suporte para a concha para realizar controlo de qualidade;
- Carrinho de transporte da chapa de acrílico;
- Nova mesa de corte que facilite o processo de corte da chapa.

Até ao término da dissertação apenas as duas primeiras melhorias identificadas foram implementadas. Com estas duas melhorias foi possível paralelizar as tarefas 7, 9 e 12. A implementação da nova mesa de corte da forma como foi projetada, permitia paralelizar e simplificar a tarefa 10 e encurtar a tarefa 11 em cerca de 4 minutos. As imagens das alterações implementadas podem ser visualizadas na Figura 38 e Figura 39 do Anexo B.

De seguida, foram criadas duas normas de trabalho, que asseguram que a melhor sequência de trabalho é respeitada e que os dois colaboradores do posto de termoformação executam as tarefas que são possíveis de forma paralela, se entrecruzam nas tarefas que necessitam dos dois

operadores em simultâneo e existe separação homem-máquina. Os dois colaboradores foram formados segundo esta norma de trabalho. As normas de trabalho dos dois colaboradores da termoformação podem ser visualizados no Anexo B.

Após implementação da norma de trabalho e da instrução de trabalho que será abordada no próximo subcapítulo, o tempo de ciclo no posto de termoformação foi reduzido de 60 a 65 minutos para 35 a 40 minutos. A variabilidade deve-se à descoordenação que ocorre entre os dois colaboradores provocada pela dificuldade de manuseamento da máquina de corte da chapa. Com a implementação da melhoria projetada para a máquina de corte da chapa, é expectável um tempo de ciclo de 30 minutos e sem variabilidade.

4.4 Instruções de Trabalho e Fluxo de Informação

Como já foi supracitado, devido à complexidade técnica de algumas operações e devido à elevada customização dos produtos da empresa, a inexistência de instruções de trabalho provoca dúvidas, piora a produtividade e aumenta as spas que vão para sucata. Após observação no *Gemba*, foi identificado que muito do tempo perdido pelos operadores era por dúvidas nos procedimentos. Estas dúvidas ou eram causadas pelo desconhecimento da forma de trabalho, ou então pelo desconhecimento da customização que a referência em produção deveria ter. Como foi referido no capítulo 3, a customização de produtos é elevada e o fluxo de informação, nos casos em que o cliente pretende alterações ao modelo *standard*, é feito por escrito ou até, por vezes, verbalmente. Este método utilizado revelou-se falível 80% das vezes. Ou por não chegar a haver sequer a comunicação das alterações pretendidas pelo cliente (levando a retrabalho e produtos não conformes) ou então pela falta de normas visuais que facilitem o trabalho do operador.

Desta forma, foram desenvolvidas instruções de trabalho que clarificam todas as especificações do cliente e facilitam visualmente os procedimentos de trabalho.

4.4.1 Termoformação

Devido à exigência técnica do processo de termoformação e do processo de troca de molde, o número de unidades com necessidade de retrabalho era de cerca de 15% e o número de peças defeituosas era de 5%. Assim, foram criadas instruções de trabalho que especificam visualmente todos os requisitos e procedimentos de cada molde e de cada spa a ser produzida. A Figura 40 do Anexo C é um exemplo de uma instrução de trabalho deste posto.

Com a instrução de trabalho, o número de peças com retrabalho diminuiu para cerca de 5% e o número de peças defeituosas reduziu para valores residuais. Para além disso, em conjunto com a normalização do trabalho, a instrução de trabalho permitiu o aumento da produtividade na estação da termoformação.

4.4.2 Fibragem

O posto de fibragem era, na situação inicial, o posto que mais problemas de qualidade causava. Cerca de 5% dos produtos continham defeitos e conseqüentemente iam para sucata. Os defeitos eram provocados pela insuficiência de fibra na concha, não conferindo a resistência necessária à mesma. Dada a dificuldade de identificar a olho a quantidade de fibra necessária na concha, o problema só era identificado no posto da furação, quando o acrílico estalava por falta de rigidez.

Desta forma, foi criado um ponto de inspeção neste posto. A inspeção consistia na pesagem da concha, sendo que através de uma gama de pesos normalizados o operador verificava se a quantidade de fibra na spa era suficiente ou não. O *standard* pode ser visualizado no Anexo C, na Figura 41.

A implementação desta melhoria possibilita identificar, cedo no processo, todas as spas com falta de fibra, permitindo solucionar rapidamente o problema antes que a concha avance para o posto de furação e ocorram defeitos impossíveis de resolver. Desta forma reduziu-se os 5% de sucata que o posto de fibragem provocava.

4.4.3 Corte e Furação

A instrução de trabalho na estação do corte e furação, demonstra de forma visual o posicionamento dos furos no produto e que brocas cranianas devem ser utilizadas. Para além disso, cada instrução de trabalho permitiu criar fluxo de informação entre o departamento comercial e a produção, sendo que, agora cada customização do cliente é registada como uma nova referência e criada uma instrução de trabalho para cada referência. Cada instrução de trabalho acompanha a concha desde o posto de termoformação até ao momento em que a banheira spa é embalada de forma a que, visualmente, qualquer colaborador possa fazer inspeção de qualidade do produto. O standard pode ser visualizado no Anexo C, na Figura 42 e Figura 40.

A instrução de trabalho eliminou por completo as dúvidas dos operadores nos produtos que não são *standard* e consequentemente eliminou o *muda* de espera e movimento de pessoas.

4.5 Bordo de linha - Corte e Furação

Um dos problemas identificados no capítulo 3 no setor do fabrico foi o *muda* de movimentos das pessoas. A estação mais crítica na situação inicial era o Corte e Furação.

O operador quando se movimenta, para transportar materiais ou recolher as ferramentas que necessita não está a acrescentar valor ao produto, pelo que é considerado um desperdício. Assim pretende-se eliminar ao máximo qualquer deslocação que o operador tenha que fazer e aumentar assim o tempo disponível para realmente acrescentar valor para o cliente. Um bordo de linha bem definido e eficiente permite reduzir ao máximo as deslocações necessárias e facilita o acesso às ferramentas. De forma a conhecer os movimentos realizados pelo operador, realizou-se o estudo do método de trabalho dos colaboradores. Para tal, desenvolveu-se o *Spaghetti Diagram* (Figura 32) do operador do posto de furação durante o tempo de ciclo de uma banheira spa.

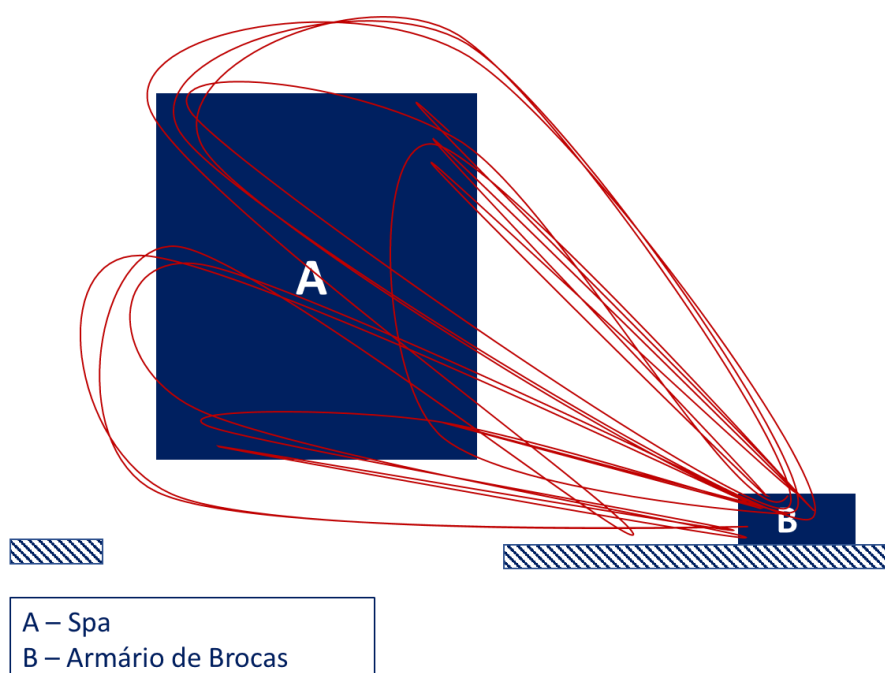


Figura 32 - *Spaghetti Diagram*

Através do diagrama, facilmente se identificou que os movimentos realizados pelos colaboradores eram causados pelo bordo de linha da estação estar mal definido. Todas as ferramentas, brocas cranianas e gabaris necessários para as operações dos três postos de trabalho (Corte e marcação, entreajuda e furação) encontravam-se numa área comum distante da área de trabalho dos 3 postos. Para além disso, dado o elevado número de brocas cranianas (23 diâmetros distintos) e de gabaris utilizados nesta estação, o bordo de linha da situação inicial revelou-se confuso e pouco visual, levando constantemente a perdas de tempo dos operadores à procura das ferramentas certas para a operação.

Para resolver este problema, foi dividido o armário comum aos 3 postos, em 3 bordos de linha distintos (3 gavetas em forma de carrinho), como demonstra a Figura 44 do Anexo D. Cada bordo de linha apenas possui as ferramentas utilizadas no posto a que está atribuído. Assim reduziu-se bastante o número de elementos disponíveis no bordo de linha, reduzindo consequentemente o tempo de processamento do operador à procura de ferramentas. Cada um destes carrinhos de ferramentas foi colocado no limiar da área de ação dos operadores, evitando que os colaboradores se tenham que deslocar para recolher ferramentas. Para além disso, foi utilizado um código de cores e símbolos para identificar as 23 brocas distintas de forma a facilitar o reconhecimento visual das brocas. O Anexo D exemplifica o bordo de linha descrito.

A definição do bordo de linha permitiu reduzir consideravelmente o *muda* de movimentos dos operadores. Foi observado uma redução de cerca de 5 a 10 minutos por produto produzido no tempo despendido em movimentos do operador.

4.6 Logística Interna

Como foi anteriormente referido, na situação inicial, a logística interna era realizada pelos operadores afetos aos postos da linha das spas. As tarefas da logística interna compreendem o abastecimento de matéria prima e consumíveis dos postos de trabalho, a movimentação de conchas ao longo da linha, a destruição da sucata provocada pelos defeitos e a limpeza do espaço de trabalho. De forma a reduzir as deslocações dos operadores afetos às diversas operações da fábrica, foram destacados dois colaboradores responsáveis pela logística interna, um operador para o setor do fabrico e outro para o setor da montagem. Estes operadores são responsáveis por movimentar todo o WIP e fazer a gestão das áreas de *buffer* FIFO. Para além disso, são também responsáveis por repor todos os consumíveis utilizados nos diversos postos da fábrica. O operador do setor do fabrico é também responsável pelas tarefas externas do processo de troca de molde supracitado no subcapítulo 4.2.

Com esta implementação, verificou-se que o *muda* de movimento dos colaboradores reduziu drasticamente, proporcionando estabilidade base para que todas as outras melhorias implementadas originassem os resultados esperados. Foi também visível o aumento da organização do espaço e a diminuição do WIP, sendo que estes colaboradores foram importantes no controlo do *buffer* em cada setor.

4.7 Resultados Globais

Devido ao curto espaço de tempo entre o término das soluções descritas e a entrega do projeto de tese, os resultados observados de *output* não atingem os objetivos propostos para este projeto. Apenas ao longo do mês de Maio foram concluídas a maioria das implementações, pelo que os resultados recolhidos são, ainda, de um período de adaptação e análise de eventuais problemas causados pelas mudanças realizadas. Para além disso, foi notório o aumento de ruturas de matéria prima e de avarias de equipamentos no processo, áreas fora do âmbito do projeto estabelecido entre o Kaizen Institute e a Portcrl. Estes fatores influenciaram negativamente os indicadores do projeto. A empresa não se preparou devidamente para o aumento de consumos gerado pelo aumento de *output* das linhas de produção. No entanto, ambos os setores

apresentaram melhorias muito favoráveis nos níveis de *output*. O *Lead Time* dos dois setores foi reduzido consideravelmente, tendo já sido alcançados os objetivos propostos. Foi visível um nível de sincronização das linhas de produção superior ao início do projeto. Tal deve-se ao nivelamento dos tempos de ciclo, redução do *muda* e entropia do processo. Os resultados dos indicadores podem ser visualizados no Anexo E.

Como é demonstrado no Anexo E, foram alcançadas melhorias de 40% do *output* do setor do Fabrico e de 85% no setor da Montagem, em comparação com a *baseline* do projeto.

4.7.1 Resultados do Setor do Fabrico

Neste setor foram alcançados tempos de ciclo favoráveis ao alcance dos objetivos de *output*. No entanto, pelos fatores já referidos e ainda devido ao elevado absentismo deste setor (25% de absentismo por semana), a consistência dos resultados não foi satisfatória. Fruto do balanceamento de linha e das ferramentas aplicadas com o foco em eliminar os *muda*, as melhorias nos tempos de ciclo obtidas, quando nenhum outro fator prejudicou o ritmo de produção, foram os representados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados obtidos nas estações do setor do Fabrico

	Antes	Depois
Tempo de <i>setup</i>	245 min	85 min
Termoformação	[60;65] min	[35;40] min
Fibragem	[75;100] min	[50;70] min
Corte e Furação	[90;150] min	[75;90] min

Considerando os tempos de ciclo apresentados, a redução de 65% no tempo de *setup* permite a redução do lote mínimo de produção de 8 unidades para 2 unidades. A redução do *Changeover Time* foi um fator muito importante na redução do WIP e consequentemente do *Lead Time* para 4 a 5 dias. É esperado que, sem fatores externos que afetem a produtividade, o setor do fabrico tenha um tempo de ciclo, da linha de spas, de aproximadamente 82 minutos. Assim é esperado um *output* em spas equivalente de 27 a 31 unidades na linha de spas e um incremento de 5 a 6 unidades de spas na linha das *Swimmers*. Note-se que, o colaborador designado para a produção de *Swimmers* tem cerca de 2 dias inteiros para a produção de banheiras spa na linha das *Swimmers*. Desta forma foi alcançada uma melhoria de 40% do *output* e 70% do *Lead Time*.

4.7.2 Resultados do Setor da Montagem

Os resultados obtidos, unicamente através das ações de balanceamento da linha foram reveladores da eficácia do fluxo unitário. Os resultados do tempo de ciclo de cada estação podem ser consultados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados obtidos nas estações do setor da Montagem

	Antes	Depois
Canal do ar	[60;90] min	70 min
Canal da água	[90;120] min	68 min
Testes	[45;180] min	65 min
Painéis	[45;180] min	[60;65] min
Embalagem	[40;50] min	[40;50] min

Os valores representam a média dos valores observados, sendo que os resultados após a implementação das melhorias apresentaram variabilidade residual.

Note-se que, o tempo de ciclo das estações com postos em paralelo é o tempo de ciclo dos postos a dividir por dois.

O balanceamento da linha reduziu o tempo de ciclo de cada estação e reduziu a variabilidade nestes tempos, devido ao efeito dos postos *Mura*. É então expectável que o setor tenha o tempo de ciclo da estação *bottleneck*, a estação do canal do ar (70 minutos). Tal permite um *output* semanal de cerca de 32 banheiras spa, permitindo assim, um *output* semanal em spas equivalente entre 32 e 35. Note-se que o posto dos Kits permite absorver a quantidade de trabalho adicional de referências mais exigentes. O nivelamento do tempo de ciclo e a redução da variabilidade dos tempos, aumentou a eficiência da linha e reduziu o WIP. Desta forma alcançou-se um aumento de 92% do *output* e a redução do *Lead Time* em 60%.

5 Conclusões e Sugestões Futuras

Os resultados obtidos, ainda que não tenham alcançado os objetivos propostos, revelaram a eficácia e robustez do fluxo unitário na produção discreta. A produção *Pull* só é suportada através de um *Lead Time* pequeno e constante. Como foi demonstrado neste projeto, o fluxo unitário permite alcançar ótimos resultados neste sentido. Não obstante, as ferramentas *Lean* aplicadas, com foco na eliminação de *muda* mostraram a eficácia da filosofia Kaizen no aumento de produtividade.

Neste capítulo será ainda exposto uma sugestão de implementação de soluções futuras, com o objetivo de resolver alguns dos problemas que serão mencionados.

5.1.1 Conclusões

O balanceamento do tempo de ciclo das diversas estações da linha de produção, permitiu, conforme descrito, capacitar a linha de ritmo de trabalho constante e uniforme. O equilíbrio da carga de trabalho pelos diferentes postos aliviou *bottlenecks* e reduziu os momentos de espera e descoordenação nos postos com menores tempos de ciclo. Assim, aumentou-se a produtividade e reduziu-se a acumulação de WIP na linha. Os postos *Mura* permitem absorver a variabilidade característica das linhas de produção deste projeto.

O desenho de linha do setor do Fabrico e Montagem foi importante no sentido de paralelizar operações, garantir a sequência do WIP e evitar contra fluxos nas linhas. Para além disso, no setor do Fabrico, o desenho de uma linha de *Swimmers* paralela à linha de banheiras spa, permitiu separar do fluxo de produção desta referência, que possui tempo de ciclo muito superior e tem necessidades de infraestruturas diferentes.

A produção em lote verificada na estação de termoformação era uma das principais causas de interrupção de fluxo unitário e do aumento de WIP. A implementação do SMED permitiu eliminar a necessidade de produção em lote. A separação de tarefas internas e externas revelou a má gestão do processo de troca de molde na máquina. Sequencialmente, as melhorias técnicas na máquina permitiram facilitar e diminuir o tempo das tarefas internas. A considerável redução do tempo de troca de molde permitiu efetuar trocas de moldes de forma mais frequente, sem que estes momentos de inatividade de produção comprometessem a linha a jusante. Consequentemente, reduziu o lote mínimo que permite não restringir a produção dos postos seguintes de 8 unidades para 2 unidades.

Não obstante, a análise dos processos e do método de trabalho segundo a filosofia Kaizen permitiu identificar de forma sistemática os *Muda* na organização. Assim foi possível aplicar ferramentas de TFM de forma eficaz, eliminando progressivamente os desperdícios.

As ferramentas implementadas como o bordo de linha, normalização e instruções de trabalho permitiram aumentar a produtividade nos postos de trabalho, através da eliminação de desperdício no método de trabalho. Assim foi criada a base necessária para as melhorias de balanceamento e desenho de linha, e o SMED se traduzissem num aumento de *output*.

Porém, a proximidade da conclusão da implementação da maioria das soluções apresentadas com a data de entrega da dissertação, não permitiu atingir os resultados propostos de *output*, apesar da evolução favorável do indicador. Tipicamente, nos períodos subsequentes a alterações com muito impacto nos processos produtivos de organizações, é comum haver um período de adaptação dos colaboradores, responsáveis de aprovisionamento e manutenção. O término da tese culminou com este período de adaptação, pelo que, é esperado uma melhoria do indicador de *output* no futuro.

5.1.2 Sugestões Futuras

Embora o projeto se tenha focado unicamente na criação de fluxo de produção, as perspectivas de trabalho futuro que se seguem, sugerem melhorias com base em ferramentas *Lean*, de criação de fluxo na logística interna.

Como foi já referido, o mercado onde a empresa está inserida tem como característica a elevada sazonalidade. As oscilações na procura provocam a necessidade de redução da capacidade produtiva (mão-de-obra) nos períodos de baixa procura e provoca o estrangulamento nas épocas de elevada procura.

Para além disso, a produção tende, frequentemente, a agrupar as encomendas de 2 meses em carteira, de forma a produzir em lotes. Este método de sequenciação da produção (produção de elevadas quantidades de poucas gamas) gera grandes alterações nas necessidades de matéria-prima, levando à constante rutura de materiais. Tal deve-se ao efeito de *Forrester*. As oscilações provocadas pela produção, geram perturbações na cadeia de valores, levando à rutura do fluxo. Por último, a produção em lote aumenta os intervalos de tempo entre a produção de referências distintas. Este fator provoca a inflexibilidade da empresa em se ajustar à procura rapidamente e em satisfazer encomendas de forma expedita.

Como forma de resolver este problema, que afetou negativamente os indicadores do projeto, é sugerido um método de nivelamento da produção.

Foi observado que, embora a elevada diferenciação e customização de produtos, algumas referências são encomendadas com elevada frequência e em quantidades superiores. Através de uma análise ABC, foi possível confirmar esta tendência. Dentro das 41 gamas de banheiras spa produzidas pela empresa, 6 referências são consideradas referências A. Ou seja, referências de elevada procura com elevada frequência.

Desta forma, durante os períodos de baixa procura a empresa deveria produzir em dois regimes: MTS (*Make to Stock*) e MTO (*Make to Order*). Nas referências de procura previsível, é acumulado stock de cerca de 70% da procura do ano anterior. Nos picos de procura elevada, é consumido este stock. O tamanho do stock que é constituído pode variar dependendo do esforço financeiro que a empresa está disponível a concretizar e do espaço livre para armazenamento.

Nas épocas de procura elevada, de forma a gerir o stock em fluxo, é utilizado o sistema *Kanban*. Quando são atingidos os valores mínimos de produção, é emitida uma ordem de fabrico para o início da linha de produção. A produção de MTS durante o período de baixa procura permite nivelar a produção ao longo dos ciclos da sazonalidade, neste caso semestralmente.

A Figura 33 exemplifica o efeito que a produção para stock de algumas referências permite ter na gestão da sazonalidade.

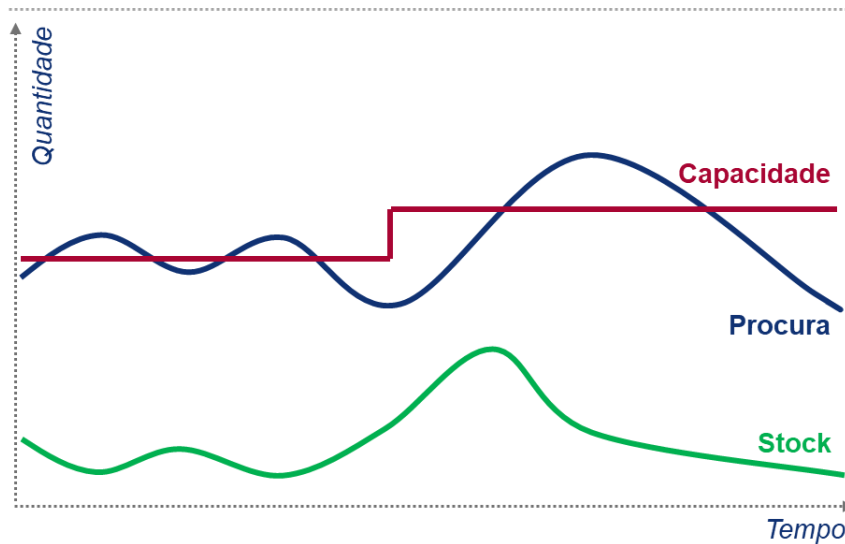


Figura 33 - Gestão da Sazonalidade in Coimbra (2013)

Não obstante, o nivelamento da produção das referências A, através da produção de lotes pequenos de cada uma das referências numa base semanal, permite suavizar o impacto na cadeia de valores. A redução do ciclo produtivo e do tamanho de lote, possibilita amenizar as oscilações no abastecimento de componentes dos fornecedores, evitando assim a probabilidade da rutura de matérias primas. Assim, os curtos ciclos de produção permitem reduzir o intervalo de tempo entre a produção das referências, reduzindo, conseqüentemente, o *Lead Time* de entrega aos clientes. Para além disso, a produção de variadas gamas de forma distribuída no espaço temporal, permite o bom funcionamento dos postos *Mura* criados no balanceamento e desenho de linha. Por exemplo, a produção consecutiva de gamas com pouca variabilidade faz com que os postos *Mura* fiquem sem tarefas. O caso inverso também se coloca, a produção em lote de uma gama com elevada variabilidade irá provocar a rutura destes postos por excesso de trabalho.

A sugestão desta solução tem em vista o equilíbrio da capacidade produtiva da logística interna da empresa.

Referências

- Bicheno, J., & Holweg, M. (2000). *The lean toolbox* (Vol. 4). Buckingham: PICSIE books.
- Coimbra, E. A. (2013). *Kaizen in logistics and supply chains*. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Cusumano, M. A. (1985). *The Japanese automobile industry: Technology and management at Nissan and Toyota*.
- Drucker, P. F. (1946). *Concept of the Organization*. New York: John Day Co.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of operations management*, 25(2), 420-437.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A commonsense approach to a continuous improvement strategy*. McGraw Hill Professional.
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *MIT Sloan Management Review*, 30(1), 41.
- David Meier, L. (2005). *The Toyota way fieldbook*. Tata McGraw-Hill Education.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press.
- Shingō, Shigeo (1985). *A Revolution in Manufacturing : The Smed System*. Stamford, Conn.: Productivity Press.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press.
- Sugimori, Y., K. Kusunoki, F. Cho, and S. Uchikawa. "Toyota Production System and Kanban System Materialization of Just-in-Time and Respect-for-Human System." *International Journal of Production Research* 15, no. 6 (1977/01/01 1977): 553-64.
- Terzian, P. (1985). *OPEC*. London: Zed Books; Totowa, NJ, USA: Distributor, Biblio Distribution Center.
- Townsend, B. (2017). *The basics of line balancing and JIT kitting*. Productivity Press.
- Toyota Production System, *Company Vision & Philosophy*. Acedido a 08/06/2019, em: <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>
- Web-Japan, *Ministry of Foreign Affairs, Japan* [on-line]. Acedido a 05/06/2019, em: https://web-japan.org/factsheet/en/pdf/e04_economy.pdf
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148-1148.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *Machine that changed the world*. Simon and Schuster.

ANEXO A: Exemplos da Implementação do Desenho de Linha

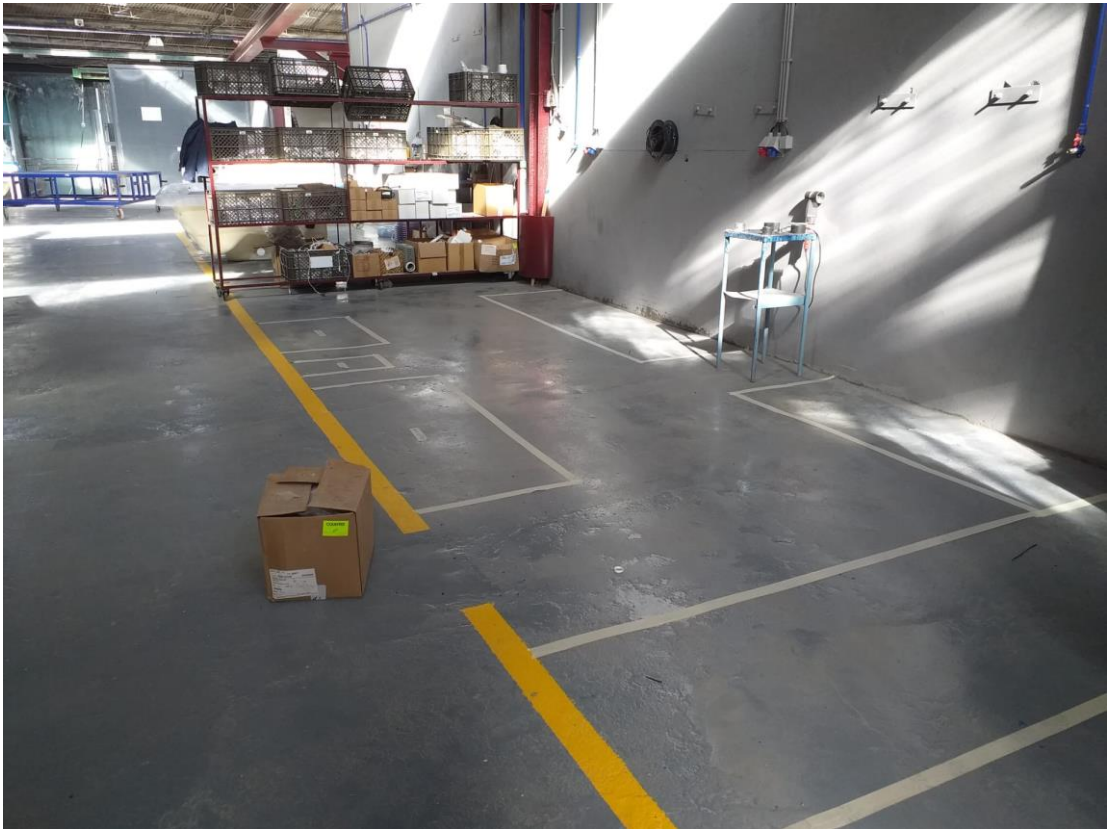


Figura 34 - Desenho do Layout do posto dos Kits



Figura 35 - Fibragem de *Swimmer* na linha das *Swimmers*

ANEXO B: Normalização de Trabalho da Estação da Termoformação

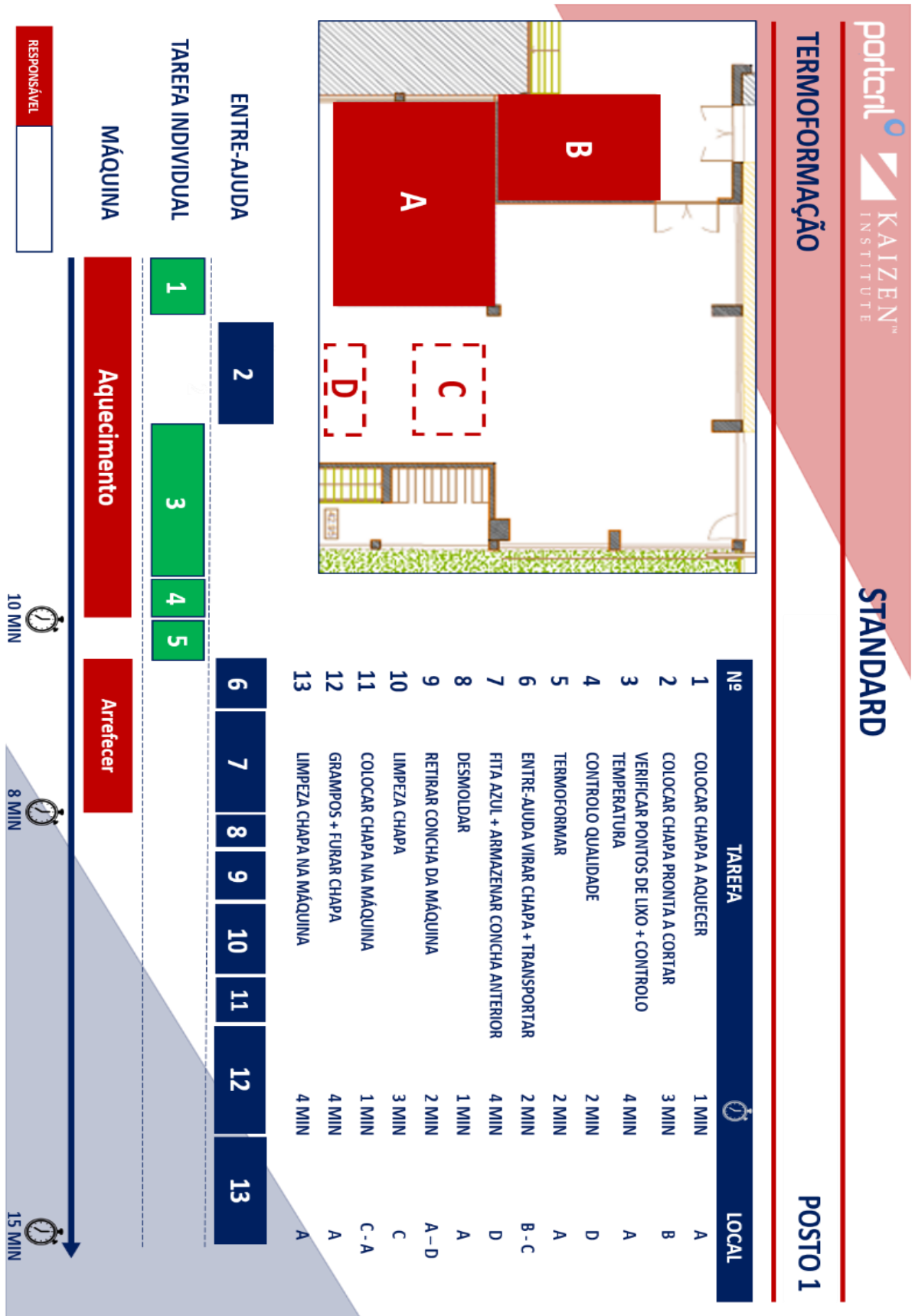
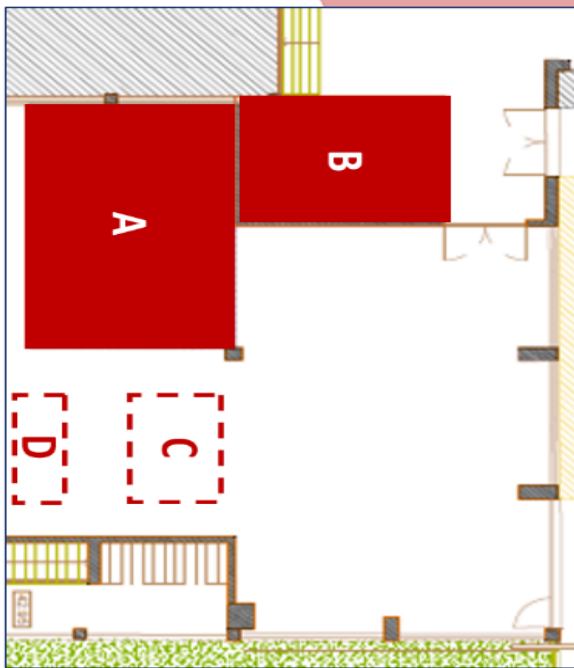


Figura 36 - Norma de trabalho do colaborador do posto 1 da estação de termoformação (A- máquina de termoformação; B- Mesa de corte da chapa; C- Mesa de limpeza da chapa; D – Suporte de controlo de qualidade)

TERMOFORMAÇÃO

POSTO 2



Nº	TAREFA	⌚	LOCAL
1	TRANSPORTE CHAPA	2 MIN	B
2	COLOCAR CHAPA PRONTA A CORTAR	3 MIN	B
3	CORTE DA CHAPA	7 MIN	B
4	LIXAR E LIMPAR CHAPA LADO PELÍCULA	2 MIN	B
5	VIRAR CHAPA + TRANSPORTAR	2 MIN	B-C
6	ARMAZENAR CONCHA ANTERIOR	2 MIN	D
7	DESMOLDAR	1 MIN	A
8	RETRAR CONCHA DA MÁQUINA	2 MIN	A-D
9	LIMPEZA CHAPA	3 MIN	C
10	COLOCAR CHAPA NA MÁQUINA	1 MIN	C-A
11	GRAMPOS + FURAR CHAPA	4 MIN	A
12	LIMPEZA MOLDE	4 MIN	A

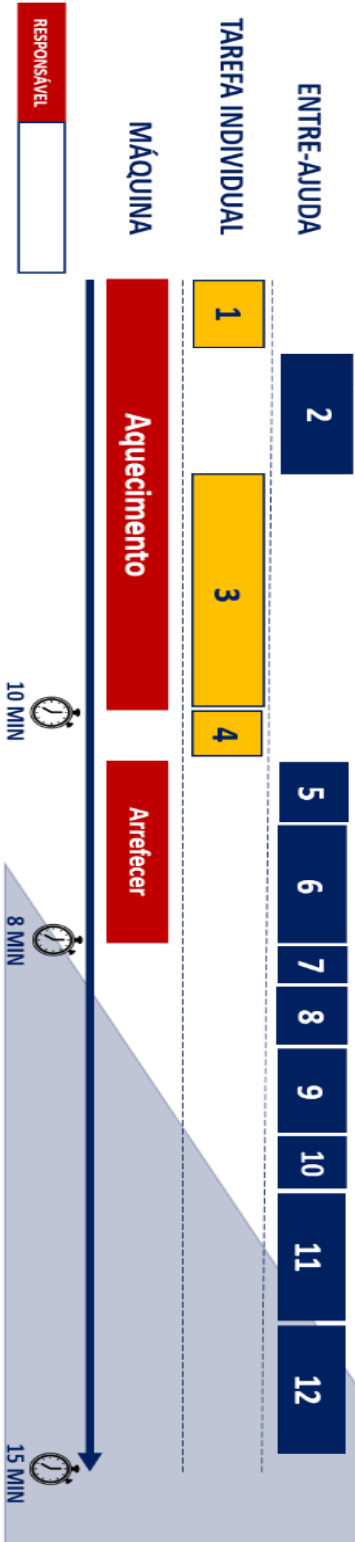


Figura 37 - Norma de trabalho do colaborador do posto 2 da estação de termoformação (A- máquina de termoformação; B- Mesa de corte da chapa; C- Mesa de limpeza da chapa; D – Suporte de controlo de qualidade)



Figura 38 - Suporte para controlo de qualidade



Figura 39 - Carrinho de transporte de chapa de acrílico

ANEXO C: Exemplos de Instruções de Trabalho

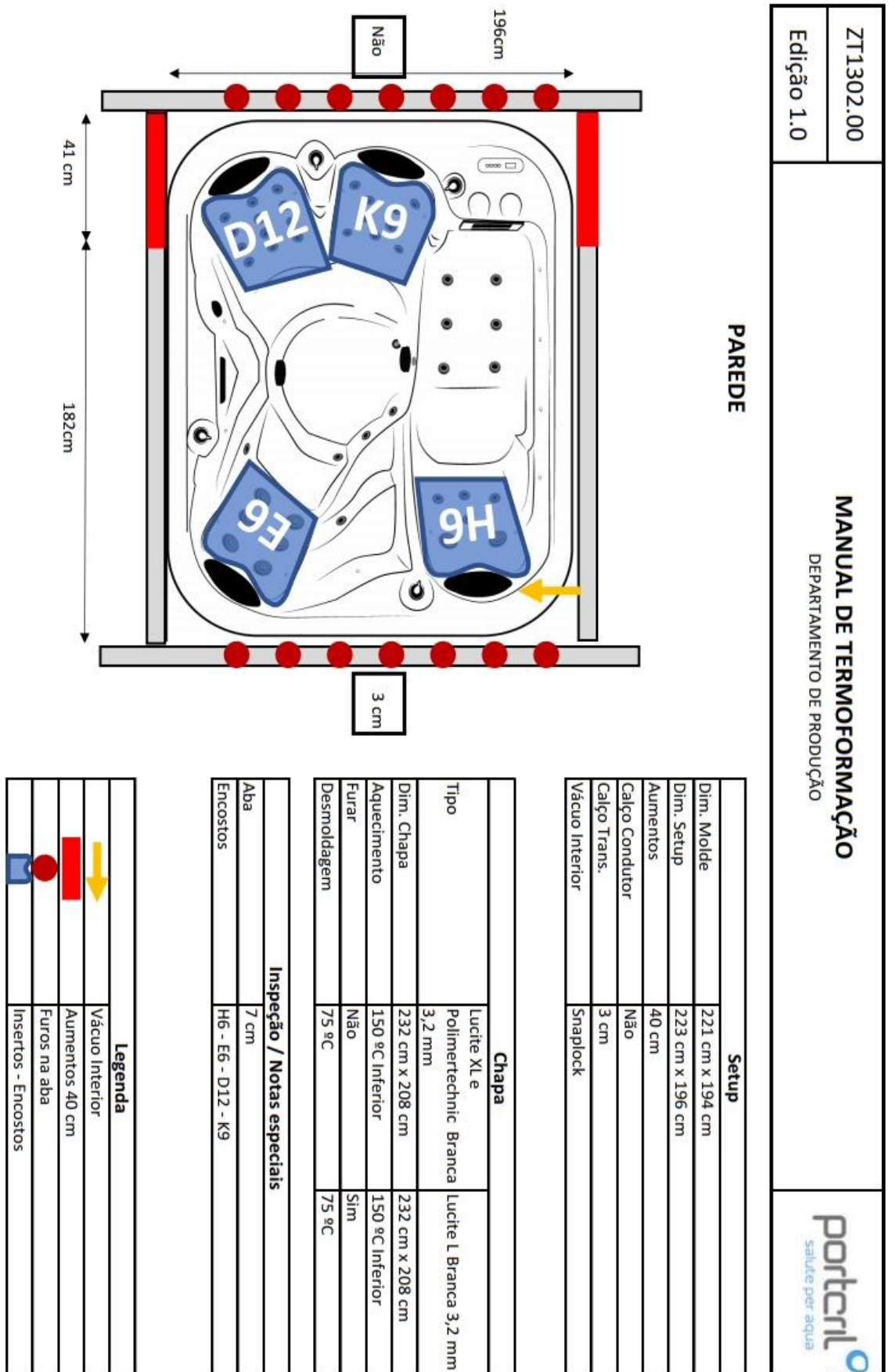


Figura 40 - Exemplo de instrução de trabalho da estação de Termoformação

VALORES MINIMOS PESAGEM

SPA	CÓDIGO	PESO (kg)	SPA	CÓDIGO	PESO (Kg)
AM 2	AM20	258	Lux	LUX0	244
AM 3	AM30	263	Prime 2L	PR2L	247
AM 4	AM40	275	Prime XL	PRXL	294
AM 5	AM50	282	Ria S2	RSM2	
AM 6	AM60	301	Ria M2	RMM2	276
AM O	AM00		Ria R19	RR19	
Club 25	CL25	305	Ria R21	RR21	
Club 28	CL28	327	Ria R23	RR23	
Double 320	DB32	263	Sani 3	SAN3	
Double 520	DB52	289	Sani 4	SAN4	
Double 620	DB62	287	Sani 5	SAN5	
Emotion 3	EM31	259	Zeta 1.1	ZT11	
Emotion 5	EM51	271	Zeta 1.3	ZT13	
Emotion 5.2	EM52	265	Zeta 2.0	ZT20	
Emotion 6	EM61	280	Zeta 2.3	ZT23	
Flutuário	FLTO		Quarz 212	TRE1	
Mondial 1	MON1		Quarz 235	TRE2	
Mondial 2	MON2				
Mondial 3	MON3				
Lounge Concept II	LC20	254			
Lounge Concept III	LC30				
Lounge Concept IV	LC40	243			

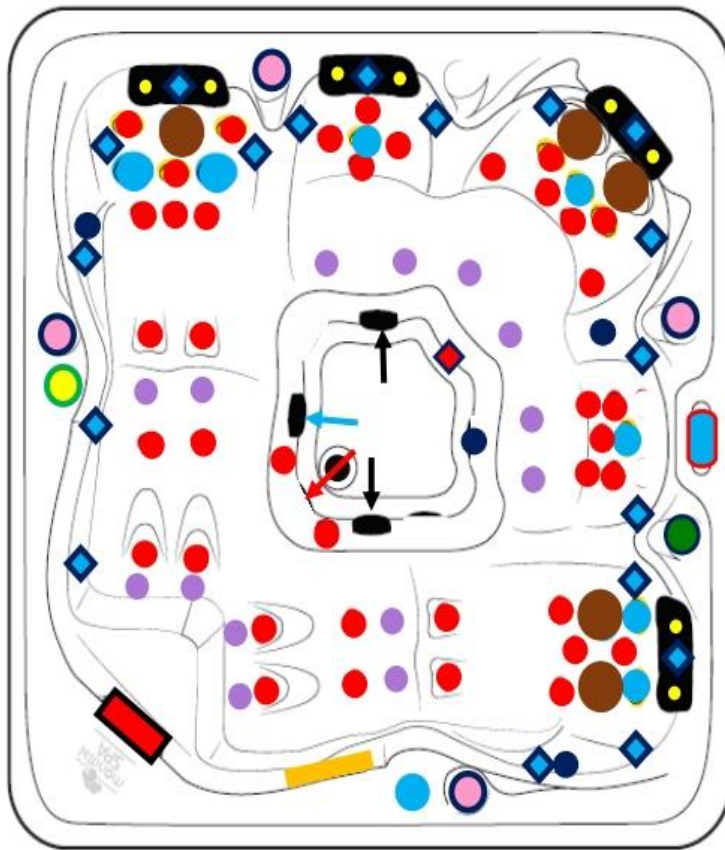
DATA

22/04/2019

RESPONSÁVEL

Figura 41 - Instrução da inspeção da estação de Fibragem

MON303.00	MANUAL DE CORTE DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO	
Edição 1.4		



Nota: Altura dos leds a 15,5cm do topo da aba
 Nota: Cascata e Skimmer ficam à mesma altura superior




















Legenda Furo		Notas	
1x		Ø76	Spa Frog
1x		Ø60	On/Off Cascata c/Leds
4x		Ø51	Venturis c/Leds
1x		Ø44	Aromaterapia
1x			Comando Touch
C			
8x		Ø4	Encostos Double
18x		Ø12	Leds
1x		Ø14	Aromaterapia
14x		Ø19	Jatos de ar
4x		Ø27	Jatos de ozono e Spa Frog
1x		Ø32	Esgoto
39x		Ø40	Jatos pequenos
8x		Ø60	Jatos médios e Suction pequena
1x		Ø94	Foco RGB
5x		Ø98	Jatos grandes
2x		Ø89	Suctions grandes
1x			Skimmer Duplo
1x		Ø32	Cascata 20 cm
2x		Ø14	
F			

Figura 42 - Exemplo de instrução de trabalho da Estação do corte e Furagem

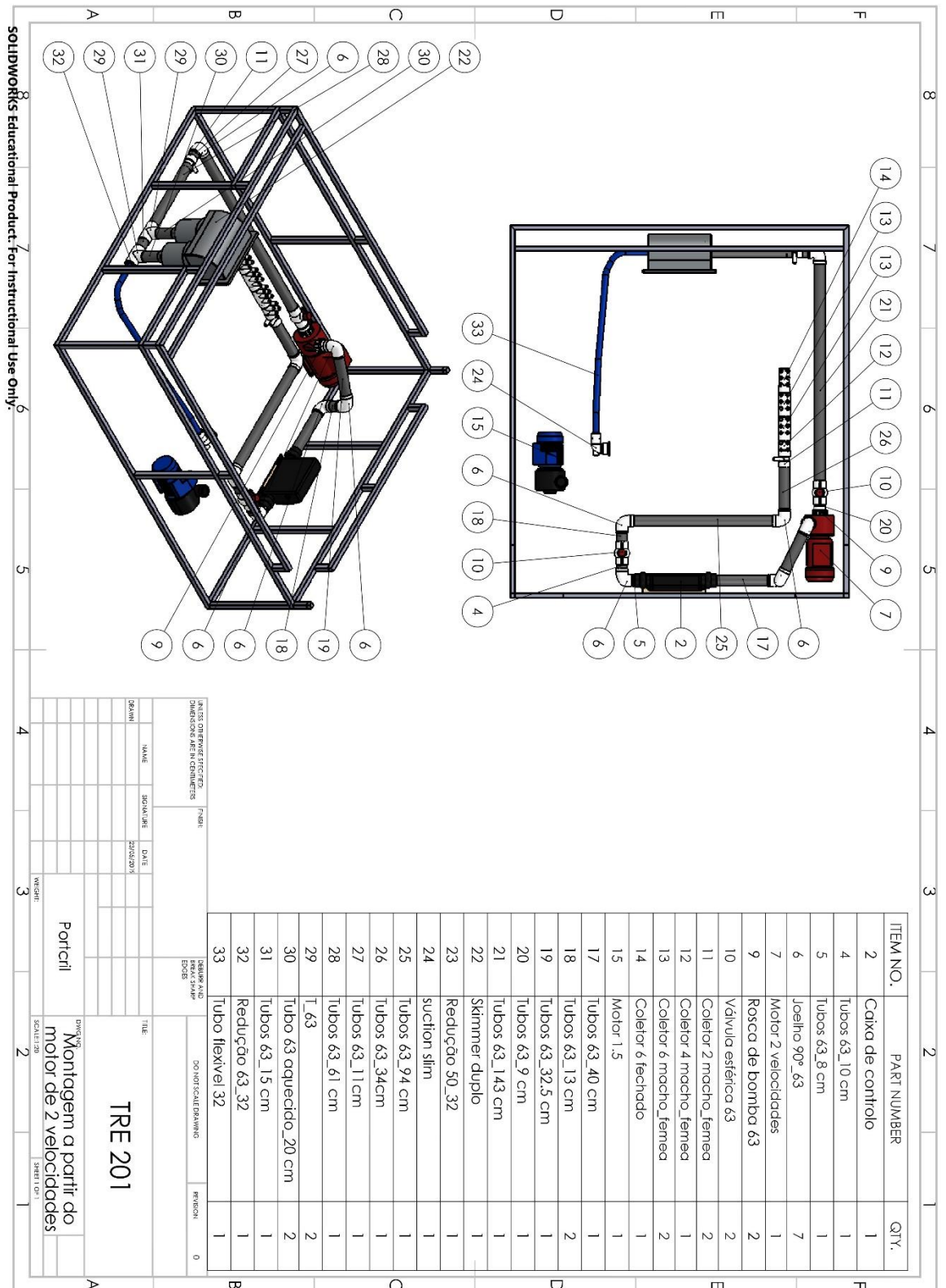


Figura 43 - Exemplo de instrução de pré-montagem do posto dos Kits

ANEXO D: Bordo de Linha da Estação de Corte e Furação



Figura 44 - Carrinho de ferramentas do posto da Furação



Figura 45 - Gestão Visual utilizado nos carrinhos de ferramentas s



Figura 46 - Código de cores e simbologia utilizada

ANEXO E: Resultados Obtidos

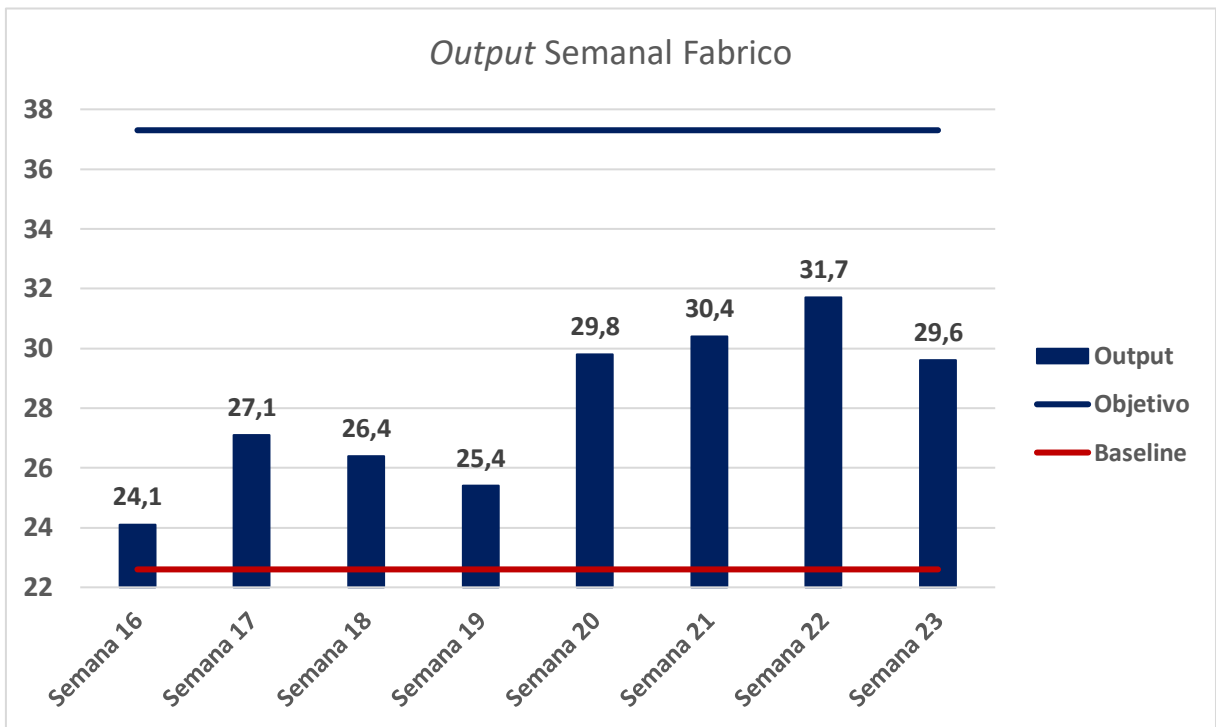


Figura 47 - Resultados do *output* semanal do setor do Fabrico

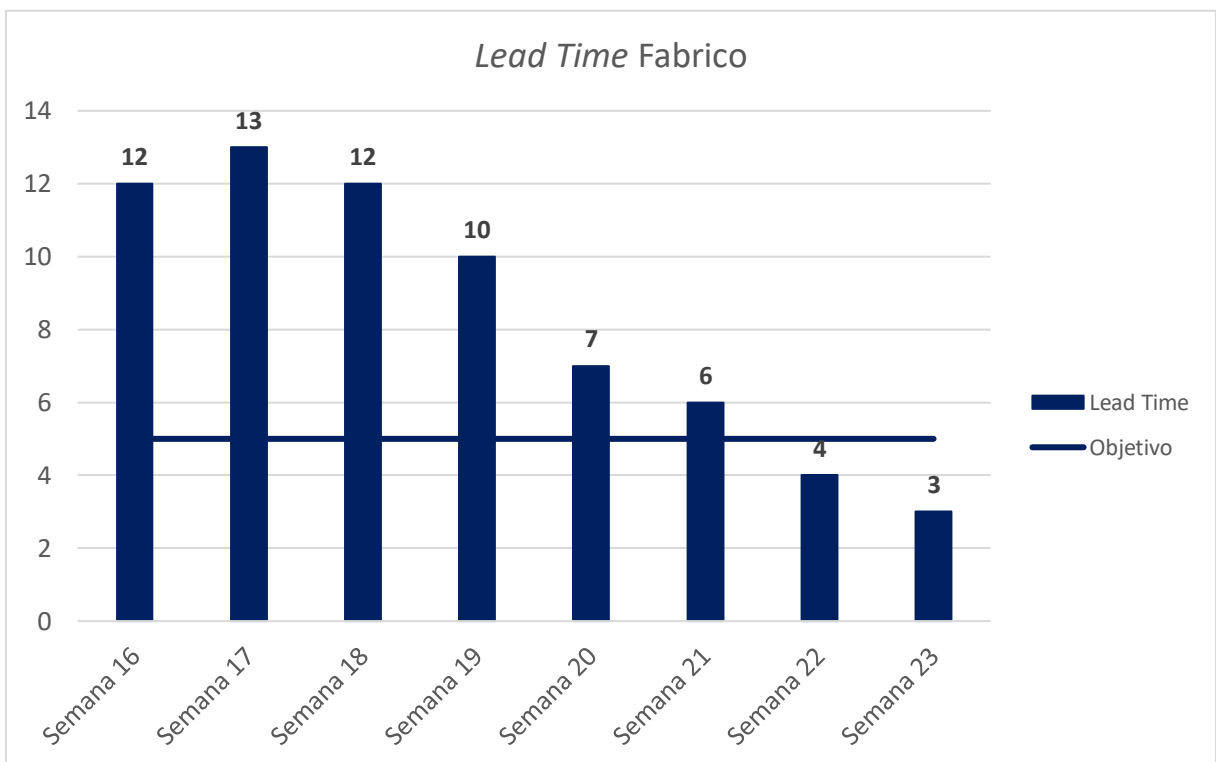


Figura 48 - Lead Time do Setor do Fabrico

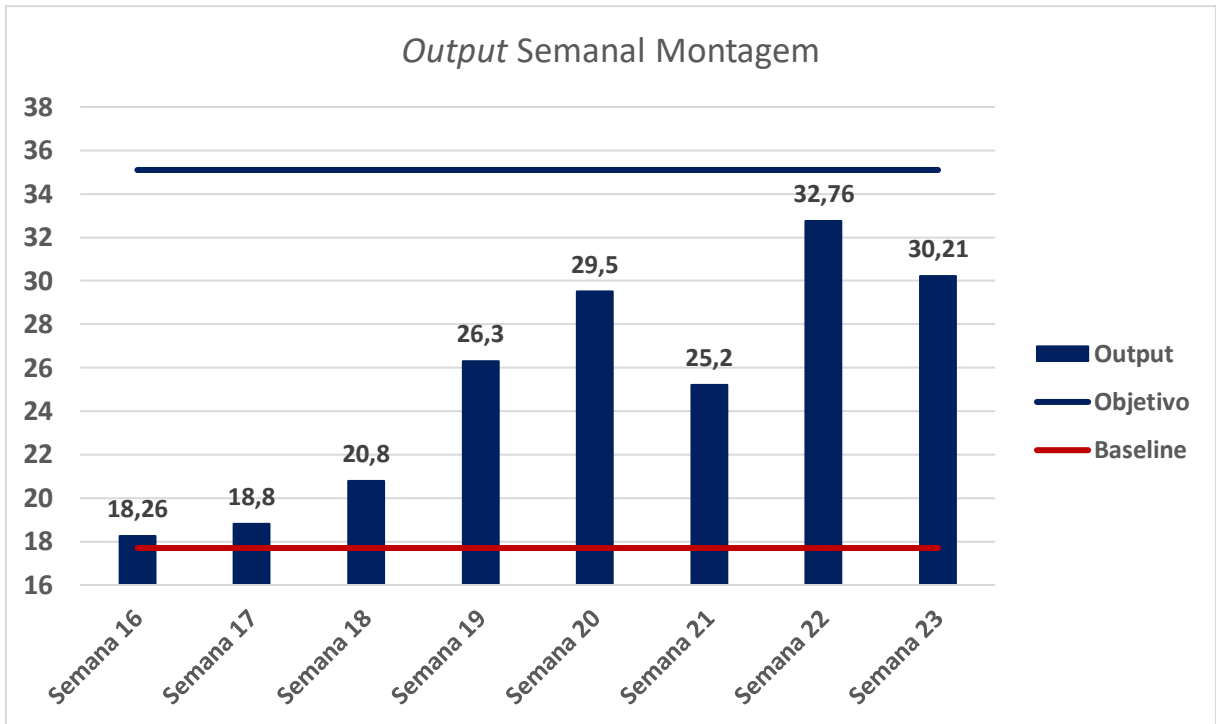


Figura 49 - Output do Setor da Montagem

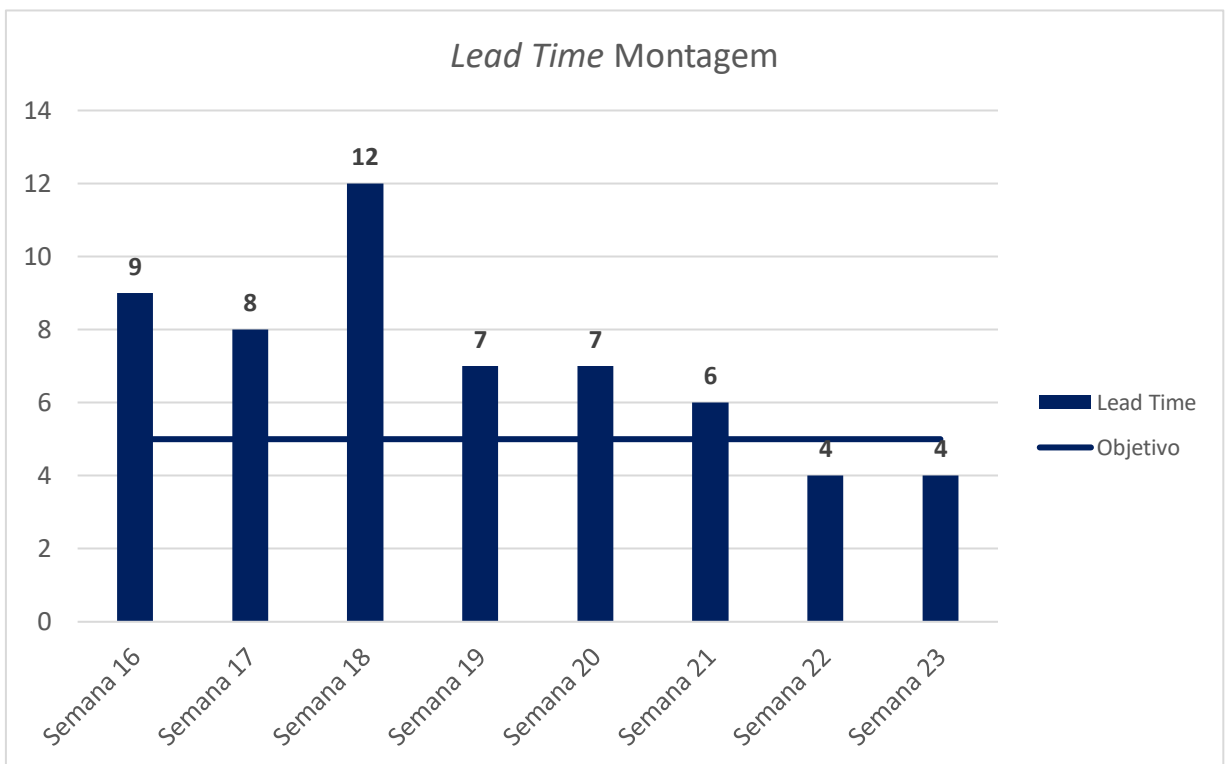


Figura 50 - Lead Time do Setor da Montagem