



**Inês Magalhães  
Teixeira Cardoso**

**Implementação de uma Linha Modelo e *Value Stream Mapping* na Ria Blades**



**Inês Magalhães  
Teixeira Cardoso**

**Implementação de uma Linha Modelo e *Value Stream Mapping* na Ria Blades**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes, Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha família.

## **o júri**

presidente

**Prof. Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira**

Professor Associado com Agregação do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor Pedro Sanches Amorim**

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

**Prof. Doutor Rui Jorge Ferreira Soares Borges Lopes**

Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

Agradeço à Ria Blades pela oportunidade de realizar um estágio curricular que colaborou para o meu crescimento, quer profissional como pessoal.

Ao meu orientador da Ria Blades, Paulo Rocha, pela transmissão de conhecimentos importantes para o meu futuro e incentivo para sempre fazer o meu melhor.

A todos os meus colegas de estágio que me ajudaram e apoiaram durante este período.

Ao meu orientador da Universidade de Aveiro, Professor Doutor Rui Borges pelo apoio, acompanhamento e disponibilidade demonstrada durante a realização deste projeto.

A todos os meus amigos que estiveram lá sempre que precisei e fizeram parte deste percurso académico.

A toda a minha família, em especial aos meus pais que sempre me apoiaram incondicionalmente.

**palavras-chave**

Mapeamento da cadeia de valor, Linha modelo, Lean, Tempo de Ciclo

**resumo**

O presente projeto foi desenvolvido na Ria Blades e teve como objetivo principal a diminuição do tempo de ciclo da produção de pás eólicas do projeto de 68,5 metros para 24 horas. Para tal, foram utilizadas duas metodologias *Lean* em simultâneo, o *Value Stream Mapping* e a Linha Modelo. Desta forma, com o fim de mapear o fluxo de valor atual foram estudadas as várias etapas e operações que constituem o processo produtivo. De seguida, o mapa atual resultante deste estudo e os tempos de ciclo da produção foram analisados. Posteriormente, foi implementada a metodologia linha modelo, onde foram criados vários planos de ações e realizadas melhorias. Estas abrangem o desenvolvimento de *standards*, *layouts* e organização e identificação de materiais com a utilização de outras metodologias *Lean* como 5S e gestão visual. Por fim, foi desenvolvido o mapa do estado futuro do processo e o progresso obtido foi analisado. Concluindo, o objetivo deste projeto foi atingido e o tempo de ciclo foi reduzido de 32 para 24 horas.

**keywords**

Value stream mapping, Model line, Lean, Cycle Time

**abstract**

This project was developed at Ria Blades and the main objective was the reduction of the production cycle time hours of the 68.5 meters wind blade to 24. For this, two Lean methodologies were used simultaneously, Value Stream Mapping and Model Line. Thus, in order to map the current state, the various stages and operations that compose the production process were studied. Then, the current VSM resulting of this study and the production cycle times were analyzed. Subsequently, the model line methodology was implemented, where several action plans were created, and improvements made. These involved the development of standards, layouts and the organization and identification of materials using other Lean tools as 5S and visual management. Finally, the map of the future state of the process was developed and the progress obtained was analyzed. In conclusion, the goal of this project was reached and the cycle time was reduced from 32 to 24 hours.





# Índice

1. Introdução .....	1
1.1. Motivação e Contextualização do trabalho .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Metodologia .....	2
1.4. Estrutura do documento .....	3
2. Enquadramento teórico .....	5
2.1. <i>Toyota Production System</i> .....	5
2.2. <i>Lean Thinking</i> .....	6
2.2.1. Princípios <i>Lean</i> .....	6
2.2.2. Desperdícios .....	8
2.2.3. Ferramentas <i>Lean</i> .....	9
2.2.4. <i>Layout</i> .....	19
3. Caso de Estudo .....	23
3.1. Apresentação da Empresa .....	23
3.1.1. Senvion .....	23
3.1.2. Ria Blades .....	24
3.1.3. O produto .....	25
3.2. VSM atual .....	31
3.2.1. Cálculo do <i>Takt Time</i> .....	31
3.2.2. Cálculo do Tempo de Ciclo .....	32
3.2.3. Elaboração do VSM atual .....	35
3.3. Linha Modelo .....	37
3.3.1. Estratégia Adotada .....	37
3.3.2. Resultados Obtidos .....	39
3.3.3. Melhorias Realizadas .....	41
3.4. VSM Futuro .....	52
3.4.1. Cálculo do <i>Takt Time</i> .....	52
3.4.2. Cálculo do Tempo de Ciclo .....	53
3.4.3. Elaboração do VSM Futuro .....	54
4. Conclusão .....	57
4.1. Considerações Finais e Limitações .....	57

4.2. Trabalho Futuro.....	58
Referências.....	59
Anexos.....	62
Anexo A – Exemplo de plano de ações.....	63
Anexo B – Exemplo de <i>layout</i> .....	64
Anexo C – <i>Standard</i> de <i>zonings</i> .....	65
Anexo D – <i>Standard</i> identificação de carros de fibra .....	66
Anexo E – <i>Standard</i> cristos e bidões .....	67
Anexo F – <i>Standard</i> cristos e bidões (continuação) .....	68
Anexo G – Documento de trabalhos para serralharia .....	69

## Índice Figuras

<b>Figura 1:</b> <i>Toyota Production System (TPS)</i> .....	5
<b>Figura 2:</b> Ciclo PDCA.....	10
<b>Figura 3:</b> 4 etapas de construção do VSM.....	14
<b>Figura 4:</b> Simbologia utilizada no VSM (Adaptado Rohac & Januska, 2015) .....	15
<b>Figura 5:</b> Exemplo do mapa de fluxo de valor atual (Rohac & Januska, 2015).....	16
<b>Figura 6:</b> Exemplo do mapa de fluxo de valor futuro (Rohac & Januska, 2015).....	17
<b>Figura 7:</b> Exemplo de um restaurante com os 4 tipos de <i>layout</i> (Slack et al., 2018).....	19
<b>Figura 8:</b> Organograma da organização Ria Blades .....	24
<b>Figura 9:</b> Ria Blades.....	25
<b>Figura 10:</b> Turbina eólica (Adaptado Jiang, Hu, Dong, Gao, & Ren, 2017) .....	25
<b>Figura 11:</b> Pá eólica RE68.5 .....	26
<b>Figura 12:</b> Componentes da produção de uma pá eólica - a) <i>main shell</i> ; b) <i>tegs</i> ; c) <i>webs</i> ; d) <i>root joints</i> ; e) <i>girders</i> .....	27
<b>Figura 13:</b> Fluxograma sintetizado do processo de produção de uma pá eólica .....	27
<b>Figura 14:</b> Representação de componentes de uma pá eólica .....	28
<b>Figura 15:</b> Desmoldagem da pá .....	29
<b>Figura 16:</b> <i>Layout</i> da fábrica – moldes codificados por cores .....	30
<b>Figura 17:</b> Gráfico de tempo de ciclo <i>Main Shell SS</i> (atual) .....	33
<b>Figura 18:</b> VSM atual do processo de produção de uma pá eólica RE68.5 .....	36
<b>Figura 19:</b> Desorganização da área (MS RE68.5) – <b>a)</b> visão geral da área; <b>b)</b> carro de <i>layup</i> no turno de colagem; <b>c)</b> tubos de fibras em contentores amarelos; <b>d)</b> paletes de transporte de <i>root joints</i> no corredor de segurança .....	41
<b>Figura 20:</b> Exemplo de <i>layout</i> aplicado no molde .....	43
<b>Figura 21:</b> Exemplo de <i>zonings</i> de resíduos .....	44
<b>Figura 22:</b> Exemplo de <i>zonings</i> de equipamentos estacionários .....	44
<b>Figura 23:</b> Exemplo de <i>zonings</i> logísticos.....	44
<b>Figura 24:</b> Identificação de carros de abastecimento (RE68.5).....	45
<b>Figura 25:</b> Identificação de ferramentas (Gabaritos RE68.5) .....	46
<b>Figura 26:</b> Identificação de armários de ferramentas/EPIs.....	46
<b>Figura 27:</b> Identificação de suportes de fitas .....	47
<b>Figura 28:</b> Identificação e organização de barrotes.....	47
<b>Figura 29:</b> <i>Standard</i> raquetes de sinalização (localização assinalada por pontos vermelhos).....	48

<b>Figura 30:</b> Cristo em formato "V" – <b>a)</b> cristo implementado; <b>b)</b> ensaio .....	50
<b>Figura 31:</b> Gráfico de tempo de ciclo <i>Main Shell SS</i> (futuro) .....	53
<b>Figura 32:</b> VSM Futuro .....	56

## Índice Tabelas

<b>Tabela 1:</b> <i>Takt Time</i> (VSM atual) .....	32
<b>Tabela 2:</b> Tempo de Ciclo (VSM atual) .....	34
<b>Tabela 3:</b> Tempos de corte de peça e transporte logístico .....	34
<b>Tabela 4:</b> Resultados da Linha Modelo .....	40
<b>Tabela 5:</b> Estimativa de redução de mangueiras de infusão.....	51
<b>Tabela 6:</b> <i>Takt Time</i> (VSM futuro).....	52
<b>Tabela 7:</b> Tempo de Ciclo (VSM futuro) .....	54
<b>Tabela 8:</b> Melhorias VSM atual - VSM futuro.....	55

## Lista de Acrónimos

BOM – *Bill of Materials*

COT – *Changeover Time*

CT – *Cycle Time*

EPI – Equipamento de Proteção Individual

GAT – Grupo Autónomo de Trabalho

GWEC - *Global Wind Energy Council*

JIT – *Just in Time*

LT – *Lead Time*

MS – *Main Shell*

NVA – *Non-Value Added*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

PS – Pressure Side Shell

SAP - *Systems, Applications and Products*

SS – Suction Side Shell

TPS – *Toyota Production System*

TT – *Takt Time*

VA – *Value Added*

VSM - *Value Stream Map*

WIP – *Work in Process*

WT – Work Time

# 1. Introdução

Neste capítulo está presente a motivação e contextualização deste projeto de dissertação desenvolvido na organização Ria Blades S.A., como também os objetivos pretendidos e a metodologia utilizada para os alcançar.

## 1.1. Motivação e Contextualização do trabalho

Atualmente, o mercado no qual as organizações estão inseridas está cada vez mais competitivo, tendo em conta que o cliente valoriza produtos de qualidade, com baixos prazos de entrega e a um preço competitivo. Com isto, é fundamental que as organizações sejam flexíveis, isto é, que estejam preparadas para flutuações e variações inesperadas na procura.

Sendo assim, uma das maneiras mais comuns de ganhar vantagem competitiva comparativamente a outras empresas é a implementação de metodologias *Lean*, uma filosofia desenvolvida no Japão, que visa identificar e eliminar desperdícios de processos de produção, isto é, atividades que não acrescentam valor para o cliente. Desta forma, é possível ter uma produção mais rápida e eficiente, reduzir recursos e acrescentar valor para o cliente. Esta filosofia *Lean* engloba várias ferramentas que podem ser utilizadas, como o *Value Stream Mapping*, *5S*, *Standard Work* e *Gestão Visual*.

O setor de produção de turbinas eólicas e de todos os seus componentes, entre eles, as pás, é relativamente recente comparativamente a outras indústrias, como por exemplo, a automóvel. Desta forma, os processos de produção destes produtos ainda requerem muito trabalho manual, já que, estão menos explorados e padronizados, devido ao elevado custo da sua automatização. Contudo, é já a segunda energia renovável mais utilizada no mundo, com uma capacidade acumulada de 539 GW em 2017 (GWEC, 2018).

A produção de uma pá eólica é muito complexa e a probabilidade da ocorrência de defeitos é muito elevada, já que, o processo é pouco automatizado. Durante esta produção o processo mais desafiante é a moldagem da pá. Por conseguinte, este processo será analisado durante este projeto, com o objetivo de diminuir desperdícios e reduzir tempos de produção.

A Ria Blades S.A., a organização na qual este projeto foi desenvolvido, tem como objetivo principal ser competitiva no mercado, flexível, ter produtos de qualidade e oferecer diversidade a preços competitivos. Para tal, investe na melhoria contínua e na implementação de várias

metodologias *Lean*. O projeto desenvolvido vai a este encontro, já que tem por base a diminuição de desperdícios e tempo de produção com a utilização de várias metodologias *Lean*.

Sendo assim, a realização deste projeto tem como tema proposto a diminuição de tempos de produção, utilizando as ferramentas *Value Stream Mapping* e Linha Modelo.

## 1.2. Objetivos

O principal objetivo deste projeto é a diminuição do tempo de ciclo do projeto da pá de 68,5 metros na área de Moldes da fábrica Ria Blades, mais especificamente, para um ciclo de 24 horas. Para ser possível alcançar este objetivo é necessária a realização de outros pontos fulcrais para o projeto, tais como:

- Criação de uma linha modelo, tendo como base o projeto de 68,5 metros;
- Criação e implementação de *standards* generalizados a toda a fábrica;
- Implementação de ferramentas de *Lean Thinking*;
- Mapeamento do fluxo de valor (VSM) do projeto de 68,5 metros para auxílio na identificação de oportunidades de melhoria e calculo do progresso obtido;

## 1.3. Metodologia

Sendo assim, para atingir estes objetivos, foi desenvolvida uma estratégia de projeto que engloba duas ferramentas *Lean*, o *Value Stream Mapping* e *Model Line*. Desta forma, numa fase inicial foi feito um acompanhamento e estudo intensivo do processo no chão de fábrica. Simultaneamente, foram estudados os conceitos essenciais para o desenvolvimento do projeto, mais especificamente, a metodologia *Lean* e as suas ferramentas. Consequentemente, o enquadramento teórico foi desenvolvido.

De seguida, o VSM atual foi mapeado com o intuito de compreender o processo, as suas atividades e o seu estado atual. Assim sendo, com um conhecimento mais aprofundado sobre o projeto e a produção de uma pá eólica, foi possível proceder à identificação de algumas oportunidades de melhoria a implementar.

Sendo assim, foi elaborada uma Linha Modelo tendo por base o projeto em questão, com o objetivo de identificar possíveis oportunidades de melhoria. No âmbito desta estratégia foram efetuadas reuniões e auditorias em chão de fábrica com os supervisores e líderes de equipa de todas as áreas fulcrais da fábrica, começando pelo projeto 68. Assim, foram elaborados diversos planos de ações com vista à eliminação de problemas encontrados. Nestes planos destaca-se a



aplicação da ferramenta 5S, gestão visual e o design de *layouts*. Adicionalmente, foram elaborados *standards* a generalizar e implementar em toda a organização.

Posto isto, foi mapeado o VSM futuro com a finalidade de analisar e perceber a eficiência da metodologia aplicada, ou seja, se o objetivo final foi atingido. Por fim, foi redigido o relatório de estágio tendo em conta todos os pontos referidos anteriormente.

#### 1.4. Estrutura do documento

Num modo geral este trabalho é constituído por 4 capítulos e está dividido em duas partes distintas, a teórica e a prática. O primeiro capítulo engloba a introdução ao projeto e contextualiza o problema a solucionar. São também enunciados os objetivos deste projeto e a metodologia utilizada para os atingir. De seguida, é feita uma descrição sucinta da estrutura do documento.

No capítulo 2 é apresentada a componente teórica, onde é feita a descrição das componentes consideradas pertinentes para o projeto em questão, que visam sustentar o caso prático. São abordados os conceitos do *Toyota Production System*, *Lean Thinking* e *Layout* com o objetivo de compreender a importância destas metodologias na indústria e na atualidade. O segmento *Lean Thinking* contém também a descrição de ferramentas *Lean* consideradas fundamentais para este trabalho, sendo estas: *Value Stream Mapping*, *Linha Modelo*, *5S*, *Standard Work*, *Gestão Visual*, *PDCA* e *Gemba Walks*.

O capítulo 3 está dividido em 4 pontos e apresenta o caso prático. Inicialmente é abordada a apresentação da empresa e descrito o processo de produção do produto. De seguida, no ponto 3.2 são explicados os passos realizados para a elaboração do VSM atual. No ponto 3.3 é explicada a abordagem de *Linha Modelo* utilizada, a estratégia adotada na sua implementação, os resultados obtidos e, por fim, são detalhadas as melhorias que foram implementadas no processo. Na secção 3.4 é mapeado o VSM futuro e é feita uma análise ao progresso obtido.

Por fim, no capítulo 4 é feita uma conclusão final sobre a significância das ações implementadas e dos benefícios que estas trouxeram para a organização. São também mencionadas algumas limitações encontradas e, por fim, são apresentadas possíveis propostas para trabalhos futuros.



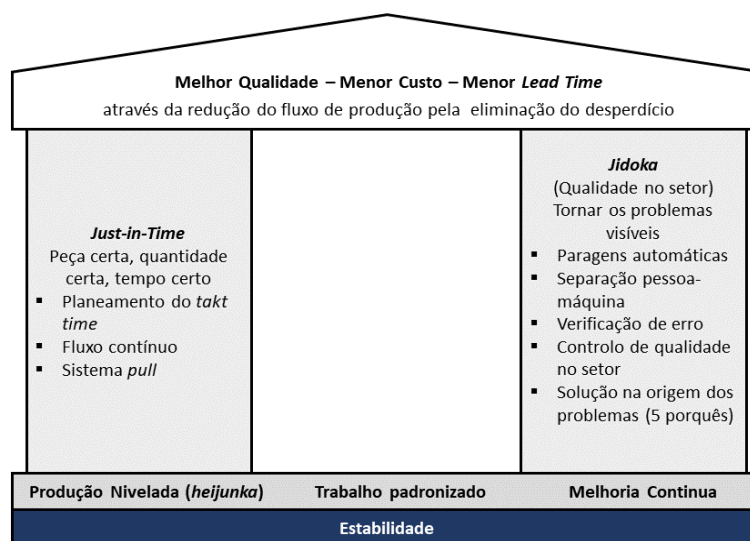
## 2. Enquadramento teórico

Neste capítulo é feita uma abordagem aos conceitos teóricos relevantes para o projeto, começando pelo *Toyota Production System* e a sua origem. De seguida, é descrita a filosofia base deste trabalho, *Lean Thinking* e o seu objetivo principal, a eliminação de desperdícios. Posteriormente, estes desperdícios são identificados e explicados, assim como, os cinco princípios do *Lean* que devem ser considerados para atingir o fim pretendido.

De seguida, são referidas ferramentas desta filosofia que auxiliam no propósito da melhoria contínua de processos. Por fim, é descrita a definição de *layout*, os tipos de *layouts* existentes e as metodologias utilizadas para a sua elaboração.

### 2.1. Toyota Production System

A partir do século 20 a metodologia predominantemente implementada nas organizações era a produção em massa desenvolvida por Henry Ford, que se baseia na produção de grandes quantidades de produtos numa linha de montagem contínua onde se usa maioritariamente máquinas. Após a Segunda Guerra Mundial, onde o Japão saiu derrotado, houve necessidade da criação de uma filosofia que tivesse por base a redução de recursos necessários e o aumento da eficiência de processos (Womack, Jones, & Ross, 1990). Assim, nasceu o conceito do *Toyota Production System* (TPS), baseado na metodologia de Ford e desenvolvido por Sakichi Toyoda, fundador da empresa Toyota, Kiichiro Toyoda, filho do fundador, e Taiichi Ohno, engenheiro da empresa. A **Figura 1** representa o TPS e descreve os conceitos que o compõem, os objetivos e ferramentas associadas ao sistema.



**Figura 1:** *Toyota Production System* (TPS)

Os dois pilares deste sistema são o conceito *Jidoka*, criado em 1902 pelo fundador e o *Just-in-Time* (JIT), concebido por Kiichiro em 1937. Este último conceito (JIT), visa produzir as unidades necessárias, nas quantidades certas e no tempo devido (Monden, 2012). Já o termo *Jidoka* significa automação com um toque humano, onde é possível parar uma linha de produção no caso de alguma situação irregular diminuindo, assim, defeitos, produção em excesso e aumentando a qualidade obtida (Ohno, 1988). Assim, este sistema visa a qualidade do produto, o baixo custo e a diminuição do *lead time*. Posto isto, a base desta metodologia é estabilidade, nivelamento de produção, trabalho padronizado e a melhoria contínua (Art of Lean, 2000).

## 2.2. *Lean Thinking*

Segundo Hines, Found, Griffiths e Harrison (2011) é através de três pontos fundamentais que é possível atingir o sucesso organizacional, sendo estes: Qualidade, Custo e Entrega. Para tal, é necessário seguir metodologias como *Lean Thinking* para alcançar este propósito. *Lean Thinking* tem como definição: “maneira de fazer mais com menos-menos esforço humano, equipamento, tempo e espaço” (Womack & Jones, 2003). Este conceito é um aperfeiçoamento da metodologia tradicionalmente utilizada, *Toyota Production System*, e tem como foco principal eliminar desperdícios encontrados no fluxo de valor da empresa.

Com isto, sabendo que a estratégia é focada em acrescentar valor para o cliente, o objetivo é entregar um produto de qualidade de forma eficiente e económica. Este conceito tem por base a perfeição, isto é, a melhoria contínua e a evolução constante, e apresenta resultados como a melhoria da qualidade do produto, a redução de custos, *stock*, desperdícios e tempos de ciclo (Krafcik, 1988; Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar, 2003; Sayer & Williams, 2007).

### 2.2.1. Princípios *Lean*

Segundo Womack e Jones (2003), a metodologia *Lean Thinking* vem solucionar e eliminar desperdícios que ocorrem em processos, isto é, atividades que não acrescentam valor. Desta forma, é possível especificar valor e, assim, sequenciar estas atividades da forma mais eficiente e com o fluxo adequado. Com isto, para atingir estes objetivos e implementar esta filosofia de forma eficaz é necessário ter em conta 5 princípios, sendo estes:

- **Valor** – Identificar e especificar corretamente o valor é o passo inicial a realizar para a implementação *Lean*. Assim, é necessário ter em conta o que consumidor pretende do

produto e satisfazer as suas necessidades a um preço competitivo e com qualidade. Esta definição deve considerar e analisar a voz do cliente, tendo em mente um produto em específico, com as devidas características e a um preço definido.

- **Cadeia de Valor** – A cadeia de valor, isto é, “*Value Stream*” é o conjunto de ações necessárias para a produção de um produto, desde o pedido feito pelo cliente até à sua entrega. Esta perspetiva consegue expor grandes quantidades de desperdício e tem em mente a otimização de todo o processo em geral, não apenas processos individuais (Rother & Shook, 1999). Desta forma, engloba o processo de criação e *design* do produto, o seu pedido, a produção e entrega da matéria-prima pelos fornecedores, o processo de fabrico e por fim a entrega ao cliente. Toda a informação adquirida com esta análise é geralmente mapeada num VSM, uma ferramenta visual que tem como objetivo auxiliar na compreensão da cadeia de valor.
- **Fluxo** – Após a especificação de valor, o mapeamento e análise da cadeia de valor e, assim, a eliminação de desperdícios, é necessário encontrar o fluxo ideal para as atividades que acrescem valor. Com isto, em 1913, Henry Ford percebeu o potencial que o fluxo detém num processo e implementou o fluxo contínuo na produção em massa, desde a matéria-prima até ao produto final. Posteriormente, Taiichi Ohno conseguiu implementar esta técnica em processos de produção de baixo volume, ao ter os processos todos seguidos e ao manter o produto em constante movimento e sem interrupções na linha (Liker, 2003).
- **Pull** – O sistema Pull baseia-se na procura, isto é, apenas se inicia o processo de produção após o pedido do cliente final. Com isto, os principais benefícios desta filosofia são a diminuição do trabalho em processo (WIP), a redução de *stock*, a eliminação de eventuais desperdícios e, conseqüentemente, a redução de custos (Khojasteh, 2016).
- **Perfeição** – Ao implementar estes quatro princípios de forma eficaz é possível reduzir desperdícios, custos e tempos de produção de forma contínua. Conseqüentemente, deste processo evolutivo resulta um produto aproximado ao que o cliente realmente quer, no momento certo e a um preço competitivo.

### 2.2.2. Desperdícios

Segundo Jeffrey Liker (2003), “A maioria dos processos são 90% de desperdícios e 10% de atividades de valor acrescentado”. Assim sendo, existem 3 tipos de atividades: as que realmente acrescentam valor para o cliente, as que não acrescentam valor, todavia, têm de ser realizadas e, por fim, as que não acrescentam valor e devem ser eliminadas o mais rápido possível (Womack & Jones, 2003). Posto isto, é necessário identificar estes desperdícios para, posteriormente, ser possível eliminá-los. Assim, existem sete tipos de situações, identificadas por Ohno, que causam desperdícios, tais como:

- **Produção Excessiva** – Maior produção do que necessário, tendo em conta a procura e as necessidades dos clientes. Este gera inventário em demasia e, conseqüentemente, custos de transporte, matéria-prima e mão-de-obra. Este é considerado o principal defeito, já que, origina vários dos outros defeitos, como o excesso de inventário.
- **Esperas** – Momentos em que os trabalhadores ou máquinas ficam à espera de qualquer coisa, como, por exemplo, da próxima etapa de produção, alguma ferramenta ou carência de matéria-prima.
- **Transportes** – Movimentos de matéria-prima, produtos em vias de fabrico, materiais e produtos acabados entre processos e do inventário.
- **Excesso de processamento** – Todos os passos do processo que são desnecessários, isto é, que não criam valor para o cliente. Surge quando ocorre um mau planeamento das máquinas a utilizar, são usadas técnicas incorretas e quando se realizam operações não solicitadas pelo consumidor, trazendo assim, custos adicionais e dispensáveis ao produto.
- **Stock** – O excesso de material não utilizado de imediato, isto é, matéria-prima, produto em vias de produção e acabado gera, normalmente, custos adicionais com o espaço ocupado, transporte, armazenamento, risco de materiais danificados e o aumento do *lead time*. Adicionalmente, pode também esconder problemas maiores na organização, como o mau planeamento de produção, entregas demoradas por parte dos fornecedores e defeitos.

- **Movimentações** – Todas as movimentações que o operador tem de fazer que podem ser evitadas, como a procura de ferramentas e deslocação entre máquinas, por consequência, do mau posicionamento e *layout* do local de trabalho.
- **Defeitos** – Todos os produtos que necessitam de retrabalho ou são sucitados devido a algum erro, humano ou técnico, no momento de produção. Todos os custos associados não acrescem qualquer valor ao produto e devem ser evitados com o trabalho padronizado.

Adicionalmente, tendo em conta a evolução natural de conceitos, Ohno identificou o oitavo desperdício, a não utilização da criatividade dos trabalhadores. Este pode causar a perda de oportunidades de melhoria, tempo e ideias que poderiam possivelmente ajudar a organização (Liker & Meier, 2006).

### 2.2.3. Ferramentas *Lean*

Nesta secção é feita a descrição das várias ferramentas *Lean* consideradas relevantes para o caso prático e a obtenção do objetivo final. Desta forma, inicialmente é referida uma das metodologias mais significativas neste projeto, a linha modelo. De seguida, são explicadas as ferramentas PDCA, 5S, gestão visual, trabalho padronizado e *gemba walks*. Por fim, tendo em consideração que o *Value Stream Mapping* é uma ferramenta fundamental no projeto, este conceito é definido e os passos para a sua implementação são definidos.

#### 2.2.3.1. Linha Modelo - *Model Line*

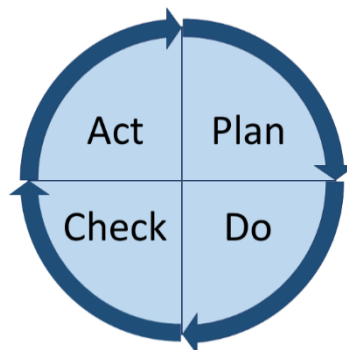
O conceito de Linha Modelo é bastante simples, é a criação de uma área exemplo onde foram primeiramente implementadas outras ferramentas *Lean* com sucesso e todo o processo foi melhorado, ao ponto de ser possível todos os que o observam verem o seu sucesso e eficácia. Sendo assim, esta é a primeira área que passa por várias etapas de melhoria e é o modelo para toda a organização, desde os resultados obtidos até ao desenvolvimento dos trabalhadores (Koenigsaecker, 2013). Desta forma, é possível alcançar a diminuição de trabalho em vias de fabrico, com a implementação de trabalho padronizado e gestão visual (Hamel, 2010). O propósito desta técnica não é apenas demonstrar o poder da metodologia *Lean* e resolver um problema em específico, mas sim uma ferramenta de diagnóstico de problemas no processo e na organização (Womack, 2018).

No livro *The Toyota Way* esta metodologia é recomendada e utilizada como referência e exemplo tangível para toda a fábrica na implementação de melhorias na cadeia de valor (Liker & Meier, 2006). No geral, a sua execução envolve a implementação de algumas das ferramentas descritas neste capítulo, como *Toyota Production System*, *JIT*, *jidoka*, trabalho padronizado e metodologia 5S. Assim, para este projeto ser um sucesso, deve ser seguido e apoiado pela direção, fornecendo todas as ferramentas necessárias para a sua realização (Liker, 2003).

### 2.2.3.2. Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), conhecido também como Ciclo de Shewart ou Ciclo de Deming, é uma ferramenta muito utilizada na melhoria contínua de processos, já que permite reconhecer e planejar uma ação de melhoria, implementá-la, analisar a sua eficácia e, por fim, intervir em possíveis lacunas encontradas. Este conceito foi desenvolvido por Shewart em 1939, mas foi W. Edwards Deming, nos anos 50, que o popularizou e promoveu a sua utilização (Johnson, 2002).

Com isto, este ciclo envolve quatro etapas importantes e interligadas entre si, como se pode observar na **Figura 2**, planejar, executar, verificar e atuar (Imai, 2012; Sobek & Smalley, 2008):



**Figura 2:** Ciclo PDCA

- **Plan (Planear)** – nesta fase os problemas encontrados são analisados com o propósito de encontrar soluções e, assim, estabelecer um plano de ações específico para atingir o objetivo final;
- **Do (Executar)** – este passo é essencial, já que, envolve a implementação do plano elaborado no passo anterior;
- **Check (Verificar)** – avaliar os resultados obtidos e analisar se o objetivo inicial foi alcançado. Deste modo, é possível identificar possíveis falhas no plano e reconhecer as suas causas;



- **Act (Atuar)** – caso tenham sido encontrados problemas no ponto anterior são realizadas ações corretivas para os solucionar. Posto isto, se os resultados forem positivos o processo é padronizado e partilhado pela organização para que o problema original não volte a ocorrer.

Com isto, as organizações não devem permanecer satisfeitas com o estado atual da empresa, para tal, têm de implementar este ciclo de forma constante para garantir a melhoria contínua.

### 2.2.3.3. Metodologia 5S

Atualmente, a utilização da ferramenta 5S é muito habitual em organizações e segundo Hiroyuki Hirano (2009) a sua implementação traz vários benefícios. Assim, é possível eliminar desperdícios, melhorar a segurança, desenvolver a manutenção dos equipamentos, diminuir defeitos e, conseqüentemente, aumentar a qualidade. Adicionalmente, influencia a diversidade do produto, a entrega ao cliente, melhora a satisfação do consumidor e, por fim, auxilia no crescimento da empresa. Deste modo, 5S engloba 5 filosofias que visam desenvolver e assegurar a organização do local de trabalho (Willis, 2016). Estas serão explicadas e descritas de seguida, tendo em conta, Hirano (1995, 2009):

- **Seiri (Utilização)** – Distinção e remoção do que não é necessário para o processo, onde apenas se mantém o que é essencial no local de trabalho. A acumulação de material prescindível para a operação causa desperdícios desnecessários, tais como: excesso de inventário, necessidade de mais área de trabalho, problemas de qualidade e dificuldades na definição de *layouts*.
- **Seiton (Organização)** – Tendo em conta a seleção feita anteriormente, é necessário realizar a organização e devida identificação do material necessário. Adicionalmente, o local dos materiais também deve ser estudado, tendo em conta, o nível da sua utilização.
- **Seiso (Limpeza)** – O local de trabalho tem de permanecer sempre limpo, reduzindo o risco de possíveis acidentes. Cada trabalhador é responsável pela limpeza da sua área de trabalho durante e no final do turno.
- **Seiketsu (Padronização)** – Monitorização e controle dos 3 S's referidos anteriormente, com a elaboração de *standards* de trabalho e definição dos responsáveis por cada tarefa.

- **Shitsuke (Disciplina)** – É visto como o ponto mais importante, já que, consiste em manter e tornar um hábito a execução dos outros 4 S's. Adicionalmente, devem ser referidas as vantagens e a importância desta ferramenta a todos os trabalhadores da empresa.

#### 2.2.3.4. Gestão Visual

A gestão visual ou controlo visual é definida como um método de identificação e clarificação do estado regular ou anormal do processo produtivo, com isto, todos os defeitos são reconhecidos e fáceis de visualizar. Este conceito não é utilizado apenas em máquinas, mas sim na organização de ferramentas, inventário e no sistema de trabalho padronizado (Ohno, 1988).

Numa organização o tipo de operações mentais necessárias, como a comunicação e a tomada de decisões são vistas como desperdícios. Sabendo que o objetivo do *Lean* é a redução de desperdícios e a criação de valor, a partir do controlo visual é possível atingir estes objetivos (Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2009).

Assim, uma das funções da gestão visual é a transparência, isto é, ter todo o fluxo de operações, desde o início ao fim, visível e totalmente compreensível para todos os trabalhadores (Koskela, 1992). Desta forma, existem formas de chegar a este fim, como a implementação da metodologia 5S (ver ponto 2.2.3.3), onde o espaço organizado revela facilmente erros no local de trabalho, indicadores de estado, que revelam informações sobre o estado atual da produção e de possíveis ocorrências, a utilização de documentos de *standard work* atualizados e, por fim, a exibição de relatórios sobre o estado financeiro dos custos do processo (Parry & Turner, 2006).

#### 2.2.3.5. Gemba Walks

*Gemba* é uma palavra Japonesa que significa “sítio real”, isto é, o sítio onde estão são realizadas as atividades que acrescem valor ao cliente. Sabendo que o objetivo dos gestores, supervisores e engenheiros de uma empresa é apoiar a produção e resolver problemas que ocorrem, é evidentemente necessário que estes mantenham contacto com a *gemba* (Imai, 2012).

Segundo Womack (2011) é necessário analisar cada passo de um processo e do fluxo da cadeia de valor pela perspetiva do cliente. Com isto, o objetivo de caminhar pela *gemba* é acrescentar valor para o cliente e, simultaneamente, reduzir os desperdícios derivados da produção.

Concluindo, Mann (2015) afirma que este conceito é simples e apenas abrange três passos fundamentais, sendo estes: ir ao local, observar o processo e falar com as pessoas.

### 2.2.3.6. *Standard Work* – Trabalho Padronizado

Segundo Mark R. Hamel (2010) uma empresa que não cumpre o *standard work* definido, não será considerada uma empresa *Lean*. Este conceito de trabalho padronizado define a melhor maneira que existe no momento presente de realizar um processo, isto é, com menor desperdício. Esta ferramenta contribui para a redução de erros humanos, já que, afeta a sua causa raiz. O documento é utilizado na formação dos operadores, na melhoria do processo e na auditoria realizada pelos supervisores ao trabalho realizado (Liker, 2003; Misiurek, 2016). Esta ferramenta é abrangente a várias áreas e reduz variações e custos, melhora a qualidade, a segurança e a entrega do produto, e possibilita oportunidades de melhoria (Hamel, 2010; Martin, Bell, & Martin, 2017).

Com isto, segundo Martin e Bell (2011) existem quatro pré-requisitos para a sua implementação:

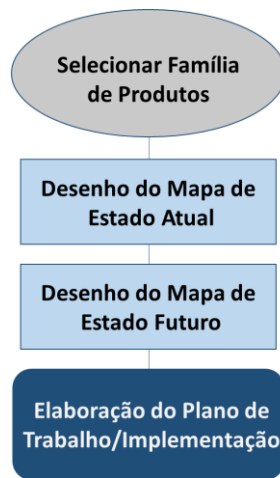
- O operador tem de ser capaz de executar o trabalho de forma segura, no tempo pretendido e com a qualidade esperada.
- O trabalho deve ser repetitivo, isto é, deve ser feito da mesma maneira sempre que é realizado.
- As ferramentas, equipamentos e espaço de trabalho devem estar em condições ideais para não ocorrerem variações de tempo de ciclo e paragens na produção.
- Os materiais e outros componentes utilizados têm de estar em bom estado para que a qualidade seja garantida e não existam defeitos.

### 2.2.3.7. *Value Stream Mapping* – VSM

Segundo Rother e Shook (1999), no livro *Learning to See*, “Sempre que existe um produto para um cliente, existe um fluxo de valor”. Assim, a partir desta definição desenvolveram o *Value Stream Mapping*, uma ferramenta Lean que se baseia no mapeamento de todas as atividades necessárias para a produção e entrega do produto final, isto é, o fluxo de produção, matéria e informação, realizado desde a matéria-prima entregue pelos fornecedores até à entrega efetuada pelos distribuidores. Com isto, a partir do uso de vários símbolos e tempos é possível obter uma “fotografia” do estado do processo, melhorando a sua perceção e compreensão.

Desta forma, com a análise deste fluxo é possível alcançar o objetivo principal desta ferramenta, a eliminação de desperdícios, a diminuição de atividades que não acrescentam valor ao cliente e identificação de possíveis oportunidades de melhoria (Jones & Womack, 2003; Oliveira,

Sá, & Fernandes, 2017). Assim sendo, para implementar esta metodologia corretamente é necessário seguir 4 etapas, representadas e descritas de seguida (**Figura 3**):



**Figura 3:** 4 etapas de construção do VSM

### 1ªPasso - Selecionar a Família de Produtos a analisar

Para iniciar a implementação desta ferramenta *Lean* é necessário escolher uma família de produtos, que têm em comum processos e equipamentos semelhantes, ou apenas um produto em específico. Após a seleção, é necessário eleger o responsável pelo mapeamento tendo em conta as suas competências e conhecimento geral do processo.

### 2ªPasso - Desenho do Mapa de Estado Atual

De seguida, é necessário prosseguir ao mapeamento do estado atual do processo. Para tal, é feita uma recolha da informação no decorrer do estudo em campo de todas as atividades inseridas na cadeia de valor, começando pelo final, a entrega ao cliente, e acabando nos fornecedores. Com isto, deve ser elaborado primeiro um esboço a papel e caneta de toda a informação obtida, utilizando os respetivos símbolos e ícones para representar os respetivos fluxos de materiais e informação.

Tendo em conta o processo em análise, é fundamental recolher, durante o seu estudo, um conjunto de dados importantes para o seu mapeamento, tais como (Rother & Shook, 1999):

- *Cycle Time* (CT) – tempo de produção de uma peça ou produto;
- *Takt Time* (TT) – tempo disponível para produção tendo em conta a procura;

- *Lead Time* (LT) – tempo que demora um produto a percorrer toda a cadeia de valor, desde que o cliente faz o pedido até à sua entrega;
- *Changeover Time* (COT) – tempo de mudança de produção de diferentes produtos;
- Número de pessoas – necessárias para o processo de produção;
- *Work Time* (WT) – tempo de trabalho disponível;
- *Work in Process* (WIP) – Trabalho em processo;

Na elaboração deste mapa é necessária a utilização de uma simbologia específica com o intuito de definir o fluxo de material e informação do fluxo de valor. Para tal, esta encontra-se detalhada na **Figura 4**.

Cliente Fornecedor	Departamento	Compra	Armazém	Informação Eletrónica	Comunicação Operacional	Processo	Stock
Fluxo de transporte	Consumo	Informação	Supermer- cado	PUSH	PULL	Tráfico kanban	Consumo kanban
Produção kanban	Expedição	Transporte	Manusea- mento Meca.	Manusea- mento	Transportador	VA linha	Chefe de Turno

**Figura 4:** Simbologia utilizada no VSM (Adaptado Rohac & Januska, 2015)

Desta forma, utilizando os símbolos indicados e tendo os dados obtidos com o estudo intensivo feito em chão de fábrica, é possível chegar ao mapa do estado atual do processo, com uma estrutura semelhante ao exemplo seguinte (**Figura 5**).

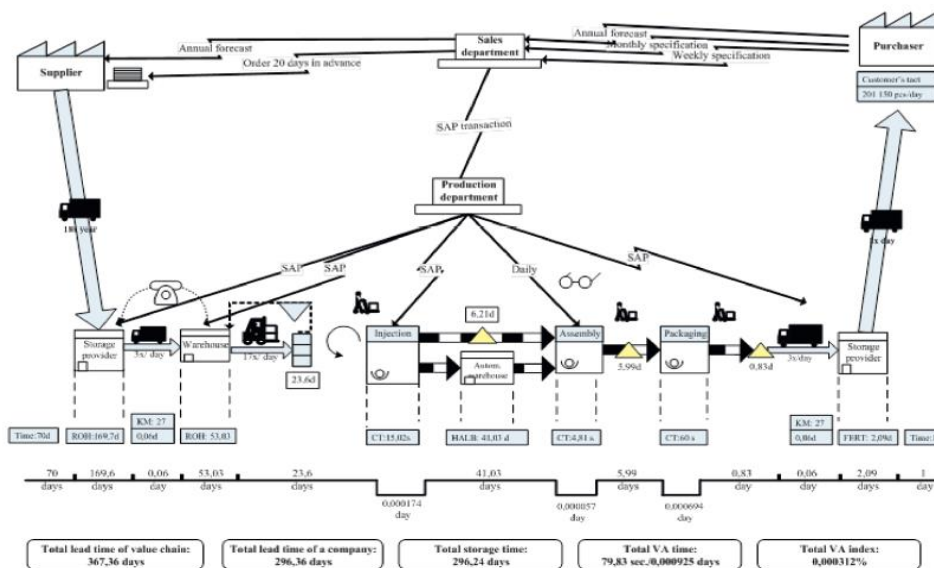


Figura 5: Exemplo do mapa de fluxo de valor atual (Rohac & Januska, 2015)

### 3ª Passo - Desenho do Mapa de Estado Futuro

Após ser obtido o mapa do estado atual do processo é possível estudar as oportunidades de melhoria a implementar para melhorar o fluxo. Com isto, analisando toda a cadeia de valor e, essencialmente, a sua “linha do tempo”, é possível identificar as atividades que não acrescentam valor ao cliente e são, conseqüentemente, desperdício para o processo. Visto que o objetivo fulcral é criar um fluxo ideal, reduzindo o lead time, melhorando a qualidade do produto e, simultaneamente, diminuindo custos, existem diretrizes de acordo com Rother e Shook (1999) que asseguram estes objetivos e auxiliam na execução do mapa de estado futuro apresentado na Figura 6, sendo estes:

- **Produzir para Takt Time (TT)** – Este tempo compreende a procura do cliente, isto é, o ritmo que a produção deve ter para entregar o produto no momento certo ao consumidor. É calculado com a seguinte fórmula:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Disponível}{Procura}$$

- **Utilizar fluxo contínuo quando possível** – Como o nome indica a produção deve ser realizada de forma contínua, isto é, uma peça de cada vez sem qualquer interrupção

entre processos. Esta metodologia elimina desperdícios existentes no processo, como momentos de espera e movimentações desnecessárias;

- **Controlar produção com a utilização de “supermercados” quando necessário** – quando não é possível adaptar a metodologia falada anteriormente, de fluxo contínuo, pode ser necessário utilizar *stocks* intermédios. Isto pode ocorrer, dado que, alguns processos têm tempos de ciclo muito diferentes dos restantes;
- **Apenas um processo de produção** – Um processo de nome *pacemaker* que define o ritmo de todos os outros ao longo do fluxo da produção;
- **Distribuir a produção de diferentes produtos** – Repartir e intercalar a produção de diferentes tipos de produtos em vez de produzir apenas o “Tipo A” primeiro e “Tipo B” de seguida. Esta medida irá aumentar a capacidade de resposta da organização aos pedidos realizados pelos clientes e, adicionalmente, diminuir os níveis de *stock* e prováveis desperdícios.
- **Nivelar os volumes de produção** – Estabelecer um nível constante do fluxo de produção que vai de encontro à procura. Posto isto, o *lead time* diminui, a quantidade de inventário é reduzida e a monitorização do desempenho da produção é simplificada.
- **Produzir “todas as partes, todos os dias”** – Ao diminuir o tamanho de lotes e o tempo de *Changeover* é possível aumentar a capacidade de resposta às flutuações de procura do mercado. Consequentemente, a necessidade de *stock* nos “supermercados” é reduzida.

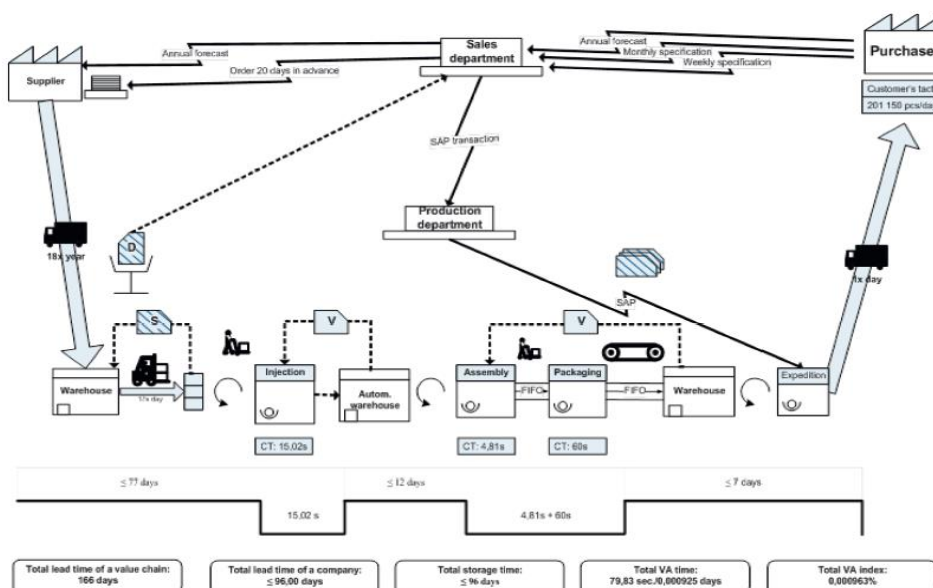


Figura 6: Exemplo do mapa de fluxo de valor futuro (Rohac & Januska, 2015)

## 4ºPasso – Implementação

Após o mapeamento do estado futuro do processo é necessária a implementação e realização das oportunidades de melhoria propostas. Para tal, é necessário seguir uma estratégia de “pequenos passos iniciais”, já que, esta implementação envolve vários departamentos e até diversas empresas.

Concluindo, o estado futuro ideal nunca é obtido, já que, existem sempre desperdícios para eliminar e valor para entregar ao cliente. Sabendo isto, é fundamental continuar a avaliar o processo e o seu fluxo, tentando sempre torná-lo o mais eficiente possível.

### Benefícios da aplicação da ferramenta VSM

Grande variedade de processos produtivos, principalmente industriais, melhoraram os seus fluxos de valor com o sucesso da implementação do VSM, inclusive na produção de automóveis, produtos alimentares, papel, químicos industriais, entre outros (King & King, 2015).

De seguida é apresentado um exemplo da aplicação desta metodologia onde são identificados benefícios, como a diminuição de tempos de produção.

Com o objetivo de diminuir o tempo de ciclo de uma peça plástica para uma empresa da indústria automóvel, Lacerda, Xambre e Alvelos (2016) elaboraram um estudo da implementação do VSM no processo de produção do produto. Assim, foram levantados os dados necessários relacionados com o processo de produção e não de todo o fluxo de valor. Com isto, foi identificado o CT, tempos de operação e tempos das atividades de VA (valor acrescentado) e elaborado o mapa do estado atual.

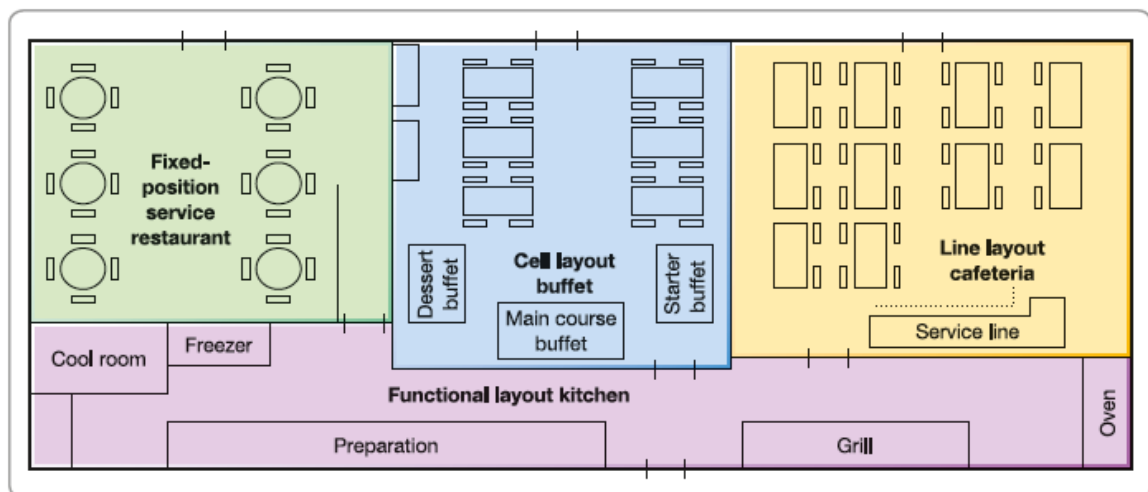
Sendo assim, foram identificados desperdícios e operações não otimizadas, criado um plano de ações, redefinidos *layouts*, implementada a metodologia 5S e utilizadas outras ferramentas *Lean*. Consequentemente, foi reduzido o tempo de ciclo em 62% (370 a 140 segundos), o número de operadores e do *stock* de produto final.



## 2.2.4. Layout

O conceito de *layout* num processo e na indústria é bastante relevante, já que, identifica o posicionamento adequado de materiais, máquinas e outros equipamentos utilizados num processo de produção. Esta disposição vai influenciar diretamente todo o fluxo do processo e, consequentemente, afetar os tempos de ciclo e custos associados. Adicionalmente, ao colocar os recursos necessários no local mais apropriado, isto é, o mais próximo do local onde serão utilizados, é possível reduzir o fluxo de operações. Posto isto, outros benefícios desta definição são a melhoria da segurança, comunicação entre trabalhadores e utilização do espaço.

Desta forma, existem quatro tipos de *layout* representados na **Figura 7**.



**Figura 7:** Exemplo de um restaurante com os 4 tipos de *layout* (Slack et al., 2018)

Estes encontram-se descritos nos pontos seguintes, como também as vantagens e desvantagens da sua utilização (Slack, Brandon-Jones, & Johnston, 2018).

- **Funcional** – Processos de produção ou recursos similares são agrupados de forma a melhorar a sua utilização. Deste modo, um cliente, material ou produto movimenta-se de atividade a atividade tendo em conta o que necessita. Este tipo de *layout* é utilizado prioritariamente em produtos de baixo volume.

As vantagens da utilização deste tipo de *layout* são a grande flexibilidade existente e a facilidade de supervisão. Por outro lado, um grau elevado de complexidade do fluxo de valor pode ser complicado de controlar.

- **Celular** – Baseia-se na alocação de máquinas com processos semelhantes numa célula. Este *layout* é usado com o intuito de contestar a complexidade do fluxo de valor mencionada no ponto anterior.

Assim é possível alcançar uma taxa de transferência elevada e motivar os trabalhadores. Em contrapartida, a reestruturação de um *layout* existente pode ser dispendiosa e a utilização dos equipamentos pode diminuir.
- **Linear** – Utilizado quando a produção é feita em massa, o fluxo é contínuo e os processos são repetitivos. Assim, os processos são sequenciados numa linha de produção onde normalmente apenas se produz um tipo de produto de cada vez.

Desta forma, os custos produtivos são reduzidos e é possível adquirir a diferenciação do produto final mais facilmente. No entanto, o trabalho é muito repetitivo, o que pode tornar-se um entrave para os colaboradores, e existe baixa flexibilidade.
- **Fixo** – Neste *layout* o produto tem grandes dimensões e não pode ser movido facilmente. Com isto, todas as ferramentas, equipamentos e recursos necessários são movimentados quando necessário (Brandon-Jones, 2014).

Existem várias vantagens na utilização deste tipo de *layout*, como a flexibilidade existente, a falta de movimentação do produto e, por fim, ao contrário do *layout* mencionado anteriormente, existe uma grande variedade nas funções e operações realizadas pelos trabalhadores. Todavia, os custos de produção são muito altos, existem muitas movimentações de equipamentos e pessoas e, por conseguinte, o fluxo é complexo.

#### 2.2.4.1. Metodologias de *Design de Layouts*

Após a escolha do tipo de *layout* a implementar, tendo em consideração as definições mencionadas no ponto anterior, é necessário passar ao passo seguinte, desenhar e delinear o *layout*. Desta forma, existem metodologias para elaborar este *design* que serão descritas nos pontos seguintes (Slack et al., 2018).

- **Funcional** – Antes da elaboração do desenho do *layout*, é necessário recolher informações importantes, tais como, a área alocada a cada centro de trabalho, o fluxo realizado pelos colaboradores e possíveis necessidades específicas da localização de algum material ou

molde. Assim, o objetivo desta metodologia é a minimização de custos com os fluxos realizados, isto é, diminuição da distância efetuados.

- **Celular** – Na elaboração deste tipo de *layout* é necessário escolher que recursos devem ser alocados a que célula e qual a natureza de cada área. Sendo assim, uma das melhores metodologias utilizadas que considerada tanto as necessidades dos produtos, como o agrupamento de processos é a análise do fluxo de produção. Desta forma, é possível atribuir máquinas a células específicas e otimizar o processo.
- **Linear** – Neste tipo de *layout* os recursos são localizados em forma de sequência tendo em conta o produto ou tipo de produto. Para tal, anteriormente é necessária a definição de alguns pontos, tais como, qual o tempo de ciclo estabelecido, número de etapas no processo produtivo e, por fim, como estas devem ser sequenciadas.
- **Fixo** – No *layout* fixo o produto não é movido, no entanto os recursos, máquinas ou pessoas movem ao seu redor. Assim sendo, raramente são utilizadas metodologias ou técnicas específicas para a elaboração deste *layout*. Desta forma, por vezes é feita uma análise de localização de recursos com o objetivo final de minimizar custos produtivos com a simplificação do fluxo de valor.



### 3. Caso de Estudo

Tendo em conta a relevância e introdução do novo projeto de 68, foi identificada a necessidade da diminuição do tempo de ciclo do processo produtivo inicial, isto é, a sua moldagem. Assim, o objetivo final deste projeto é alcançar um tempo de ciclo de 24 horas, mais concretamente, realizar todo o processo em 3 turnos sucessivos de produção. Para tal, neste capítulo estão presentes todos os passos seguidos para atingir este objetivo.

Inicialmente é feita a apresentação da empresa Senvion e da organização onde é elaborado o projeto de estágio, Ria Blades. De seguida, é descrito o produto, o seu processo de produção e quais os componentes que este contém. No ponto 3.2 é mapeado o VSM atual e, para tal, são calculados o *takt time* e o tempo de ciclo.

Posteriormente, no capítulo 3.3 é explicada a abordagem linha modelo e a estratégia adotada para a sua implementação. São também apresentados os resultados obtidos e descritas as melhorias implementadas durante este projeto.

Posto isto, o mapa do estado futuro é elaborado e os dados obtidos são analisados e comparados aos adquiridos anteriormente.

#### 3.1. Apresentação da Empresa

##### 3.1.1. Senvion

A REpower foi fundada na Alemanha em 2001 depois da fusão de várias empresas, é uma das maiores produtoras de turbinas eólicas (aplicação na terra e no mar) do mundo e é pioneira em energia eólica. Esta foi renomeada em janeiro de 2014 para Senvion: S significa “Sustentabilidade” dos produtos, EN “energia”, VI para “visão” e ON para “ligado”. A sua sede está localizada em Hamburg na Alemanha e emprega cerca de 4000 pessoas. Esta organização tem mais de 7900 turbinas instaladas em todo o mundo com capacidade de 18,047,344 KW em 2018. Estas estão localizadas em todos os continentes exceto o Africano e os principais mercados de vendas desta organização incluem a Alemanha, França e Reino Unido. Tendo em conta que a estratégia da empresa é a expansão internacional, esta entrou em vários novos mercados com projetos na Noruega, Japão, China e Chile. Posto isto, em 2017 o volume de vendas da empresa foi de 1,889.9 milhões de euros.

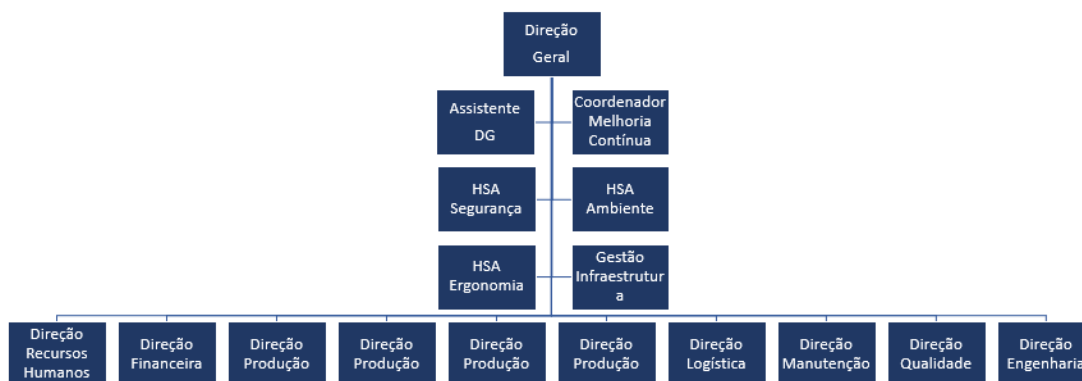
Esta tecnologia é delineada na Alemanha e Índia, mas a sua fabricação e produção é realizada em Bremerhaven (Alemanha), Vagos e Oliveira de Frades (Portugal), Żory-Warszowice (Polónia) e

Baramati (India). Sendo que, a produção de pás eólicas é realizada na empresa Ria Blades com localização em Vagos, Portugal.

### 3.1.2. Ria Blades

Foi em 2007 com o concurso de gestão de parques eólicos ao consórcio Ventinveste que a empresa Ria Blades, S.A. nasceu. Dois anos depois iniciou a sua atividade e, posteriormente, em maio de 2009 foi dado início à construção das instalações e, também, à formação prática. A primeira pá eólica foi produzida nas instalações em maio de 2010, sendo o projeto de 45.2 metros.

Atualmente, a Ria Blades tem cerca de 1100 trabalhadores, divididos por 3 turnos, sendo assim, a maior fábrica da Senvion no mundo. Tendo em conta a quantidade de trabalhadores, de seguida está presente o organograma da empresa (**Figura 8**).



**Figura 8:** Organograma da organização Ria Blades

O projeto descrito neste relatório foi realizado no Departamento de Melhoria Contínua com a devida orientação do coordenador do departamento, que se encontra no segundo nível de hierarquia do organograma.

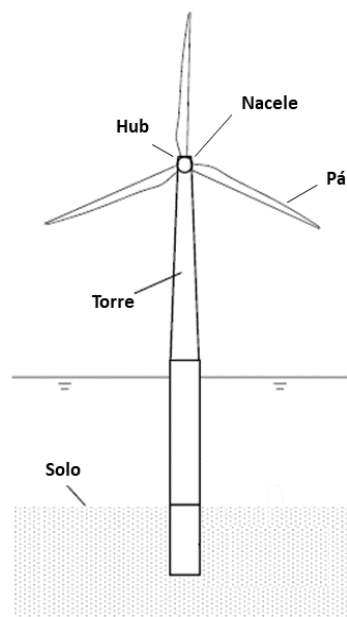
Depois de um investimento de 16 milhões de euros na expansão da área fabril, a empresa ocupa agora 83.000 m<sup>2</sup> e produz 6 modelos com diversas dimensões: 45.2, 55.8, 59.8, 63.7, 68.5 e 74.4 metros. Com o objetivo de diminuir a sua pegada ecológica e ser sustentável a Ria Blades (**Figura 9**) instalou a maior turbina eólica do país na sua fábrica, onde a energia produzida será utilizada para autoconsumo, tornando-se assim, a única empresa do país a utilizar esta tecnologia para consumo próprio.



**Figura 9:** Ria Blades

### 3.1.3. O produto

A turbina eólica utiliza o poder do vento para gerar energia elétrica, isto é, utiliza energia cinética e transforma-a em mecânica, que é depois convertida em eletricidade através do gerador. Os componentes destas máquinas são: a torre, que suporta os outros elementos; a *nacele*, que protege o gerador e todos os mecanismos conectados a este; o gerador, que converte a energia mecânica em elétrica; a *hub*, que converte a energia cinética em mecânica e as pás, que captam a energia do vento (Ragheb, 2014) (**Figura 10**).



**Figura 10:** Turbina eólica (Adaptado Jiang, Hu, Dong, Gao, & Ren, 2017)

É simples de perceber que as pás são um dos elementos mais importantes de uma turbina, com isto, o objetivo da sua produção é que sejam aerodinâmicas, que estejam preparadas para temperaturas bastante variáveis, flexíveis para não quebrarem com a pressão do vento, o mais leve possível e, por fim, que tenham um tempo de vida útil elevado, já que é um grande investimento.

O processo produtivo de pás eólicas está pouco automatizado e é executado predominantemente à base de trabalho manual, já que, este tipo de produção é relativamente recente e possíveis investimentos são muito dispendiosos.

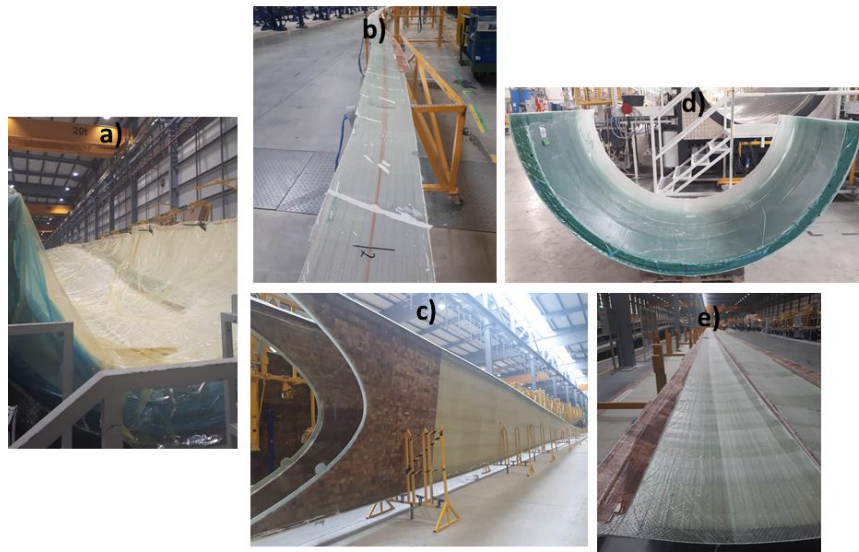
Uma pá eólica como exemplificada na **Figura 11** é constituída por vários elementos, por duas *main shells* (MS), que dão a forma à pá, e um conjunto de pré-fabricados (*pré-fabs*), isto é, peças produzidas previamente que vão ser inseridos nas *main shells* com o objetivo de aumentar a resistência e flexibilidade do produto final. Sendo estes, duas *girders*, duas *tegs*, duas *webs* e duas *root joints*.



**Figura 11:** Pá eólica RE68.5

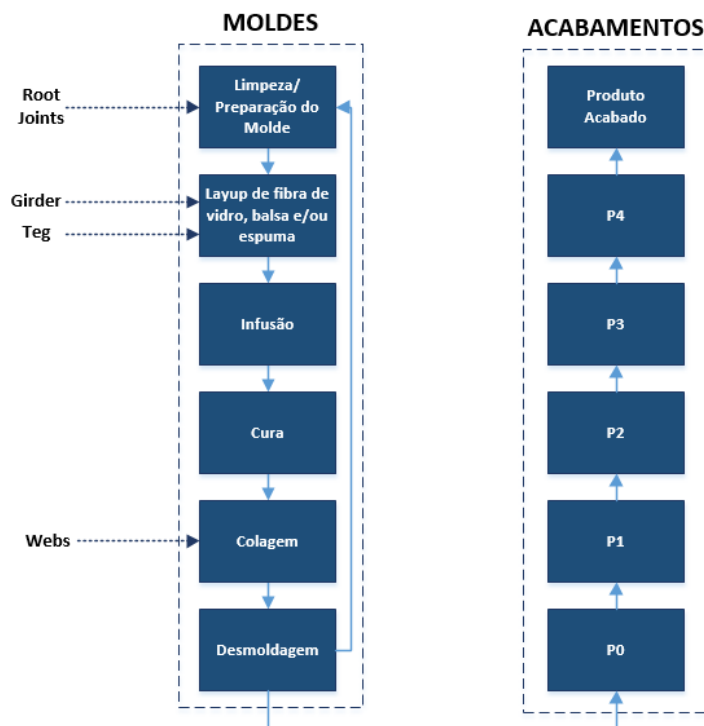
Todos os elementos referenciados anteriormente encontram-se presentes na **Figura 12**.





**Figura 12:** Componentes da produção de uma pá eólica - a) *main shell*; b) *tees*; c) *webs*; d) *root joints*; e) *girders*

Visto que este processo é extenso e complexo, foi elaborado um fluxograma com o objetivo de melhorar a sua compreensão geral e perceber em que momento da produção são inseridos os diversos componentes referidos anteriormente. Assim, todo o processo produtivo encontra-se representado na **Figura 13** e o processo de moldagem de uma pá eólica encontra-se descrito nos passos enunciados de seguida.



**Figura 13:** Fluxograma sintetizado do processo de produção de uma pá eólica

- **Passo 1:** É feita a limpeza dos dois moldes das *main shell* de restos de resina, fibras, *tacky tape* e outros resíduos utilizados na produção. De seguida, é aplicado um produto com o objetivo de proteger a superfície da peça, o *gelcoat*. Posteriormente, são colocadas as duas *root joints* na base da main shell PS (*pressure side shell*) e da SS (*suction side shell*);
- **Passo 2:** Compreende a fase de *layup*, que engloba a sobreposição de várias camadas de fibra de vidro, balsa e espuma. Neste passo são colocados dois *pré-fabs*, a *girder* e a *teg*, em ambos os moldes, para aumentar a resistência da peça. Posteriormente, são colocados outros materiais, como sacos de vácuo, que auxiliam no passo seguinte;
- **Passo 3:** Neste passo é feito um teste, onde é necessário atingir valores ideais de vácuo e é feita a infusão da peça, isto é, a introdução de uma resina *epóxi* misturada com um endurecedor;
- **Passo 4:** Cura dos moldes a 85 graus para catalisar a resina e fortalecer a pá.
- **Passo 5:** Colagem das duas constituintes da pá e de dois *pré-fabs*, as *webs*. Este processo está caracterizado na **Figura 14** para melhor compreensão;



**Figura 14:** Representação de componentes de uma pá eólica

- **Passo 6:** Depois da cura da pá a 55 graus é feita a desmoldagem, como pode ser observado na **Figura 15** e a peça é movimentada para os acabamentos.



**Figura 15:** Desmoldagem da pá

A produção dos *pré-fabs* é muito similar à explicada anteriormente, engloba os primeiros 4 passos e a desmoldagem da peça. Posteriormente, estas são movidas para *stock* para serem mais tarde integradas na peça principal. Todos os passos referidos anteriormente são realizados no edifício dos moldes e de seguida é feita a movimentação para o armazém dos acabamentos. Já a produção das *root joints* é feita num edifício em separado, como se pode ver no *layout* da fábrica (**Figura 16**).

De seguida, no edifício dos acabamentos existem 5 posições colocadas em linha, a Posição 0, P1, P2, P3 e P4. Nestas é feito o desbaste de cola, a ligação entre SS e PS é fortalecida com massas, a RCO, uma “tampa”, é anexada na base da pá, a pá é pintada, calibrada, pesada e, por fim, movida para *stock* de produto acabado.

# Layout Atual

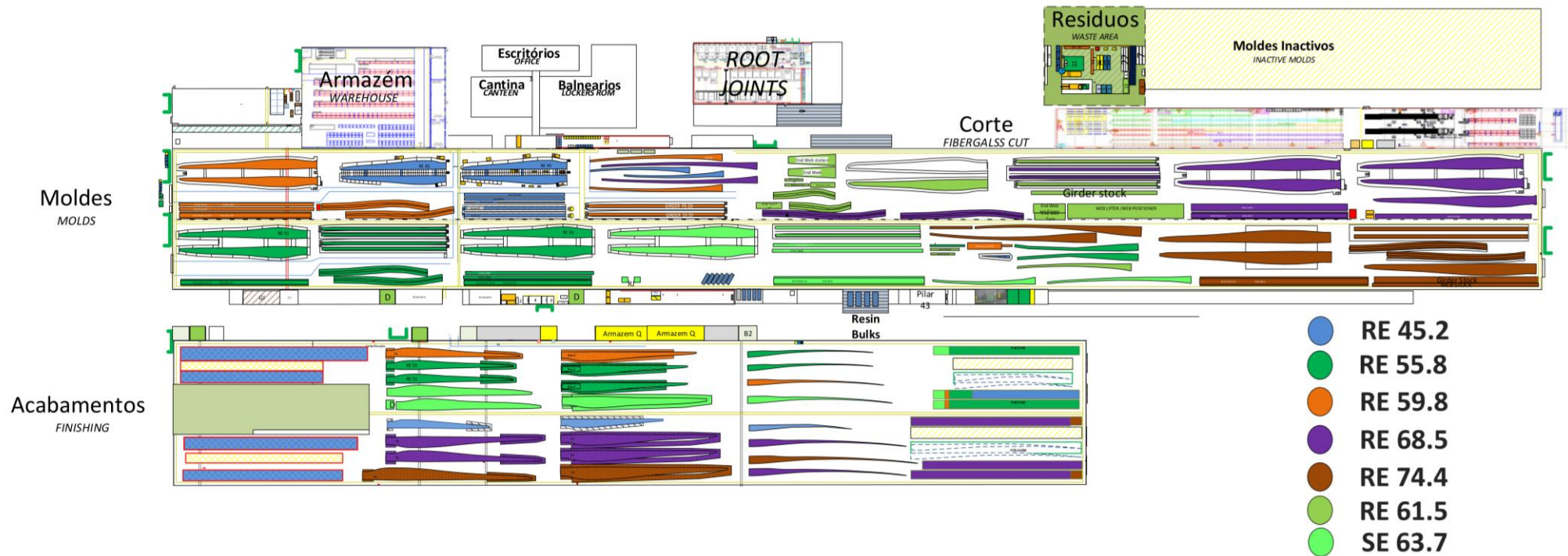


Figura 16: Layout da fábrica – moldes codificados por cores

## 3.2. VSM atual

Inicialmente, para obter os dados necessários e tempos para a realização deste mapa foi feito um acompanhamento do processo em chão de fábrica. Como referido anteriormente este projeto compreende em particular a fabricação do produto no edifício dos moldes e o objetivo é a diminuição do seu tempo de ciclo. Desta forma, para a realização do VSM foi estudada a sequência de atividades mais crítica do processo de produção, ou seja, desde o corte da fibra de vidro até à desmoldagem da pá na secção dos moldes. Assim, incluindo também as várias componentes que são inseridas no produto final e fabricadas de forma similar.

Posto isto, foi utilizado o *software* Microsoft Visio no desenho do fluxo de valor e foram usados símbolos na representação de *stocks* intermédios, atividades do processo e dos mecanismos utilizados nas movimentações de peças.

### 3.2.1. Cálculo do *Takt Time*

O passo inicial para a elaboração do VSM foi o cálculo do *takt time*, isto é, o ritmo de produção necessário tendo em conta as necessidades do cliente. A fórmula utilizada para o seu cálculo está apresentada de seguida:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Disponível}{Procura}$$

O tempo disponível para a produção é o tempo em que os colaboradores estão a trabalhar e a executar a sua função. Assim, é fundamental ter em conta os três turnos existentes, a quantidade de dias e horas de trabalho, como também o tempo definido para pausas. Sendo que o produto final é vendido em sets de três pás a procura abrange a quantidade de sets produzidos no mês estudado. Posto isto, foi elaborada uma fórmula específica ao caso prático, sendo esta:

$$Takt\ Time = \frac{(N^{\circ}Horas\ Trabalho - Pausas) \times N^{\circ}Dias\ Trabalho}{N^{\circ}Sets \times 3\ Pás}$$

No que toca ao número de horas de trabalho os três turnos têm tempos de pausa e horários diferentes, sendo estes: 06h00 às 14h30, 14h10 às 22h40 e 22h20 às 06h20. Considerando agora a procura, foram obtidos dados do mês de outubro de 2018, onde foram fabricados 4 sets, ou seja, 12 pás em 22 dias de trabalho. De seguida, na **Tabela 1** podem ser visualizados os dados referidos anteriormente para o cálculo final do *takt time* de todos os componentes e áreas. Desta forma, pode verificar-se que este tempo varia entre as 27,8 horas e as 41,2 horas, tendo em a área em questão e se o turno da noite opera nesta. Assim, podemos concluir pelos dados obtidos que num intervalo de 41,2 em 41,2 horas uma pá eólica tem de ser desmoldada no molde SS para satisfazer as necessidades dos clientes.

**Tabela 1:** *Takt Time* (VSM atual)

	Turno 1(h)	Pausa T1(h)	Turno 2(h)	Pausa T2(h)	Turno 3(h)	Pausa T3(h)	Nº dias trabalho do mês	Nº Sets	Nº Pás por Set	Takt Time (h)
Corte Fibra Vidro	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	22	4	3	27,8
Corte PrePreg	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	22	4	3	27,8
Web VK	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	22	4	3	41,2
Web HK	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	22	4	3	41,2
Girder SS	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	22	4	3	27,8
Girder PS	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	22	4	3	27,8
Teg SS	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	22	4	3	27,8
Teg PS	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	22	4	3	27,8
Root Joints LU	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	22	4	3	41,2
RJ Forno PS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	22	4	3	41,2
RJ Forno SS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	22	4	3	41,2
RJ Corte PS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	22	4	3	41,2
RJ Corte SS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	22	4	3	41,2
Molde SS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	22	4	3	41,2
Molde PS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	22	4	3	41,2

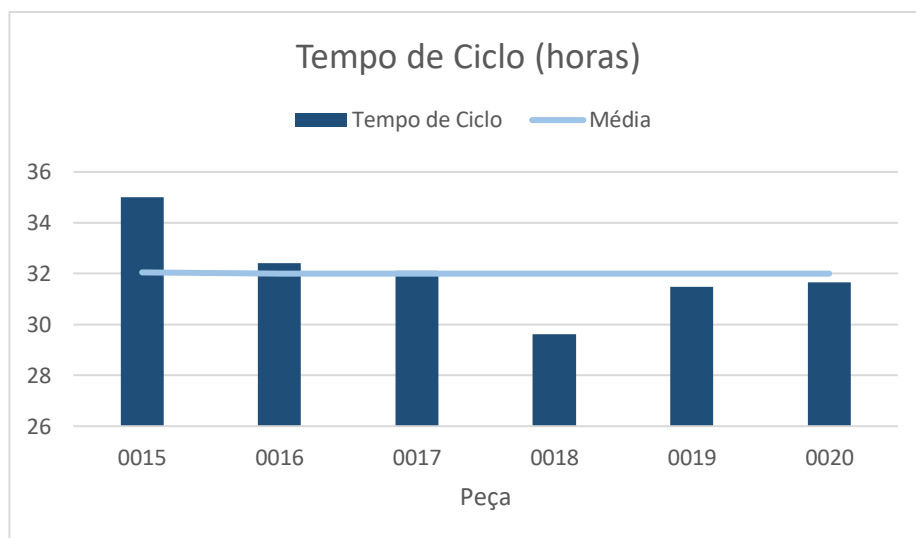
### 3.2.2. Cálculo do Tempo de Ciclo

Sabendo agora o ritmo de produção a ser seguido para satisfazer o cliente é necessário perceber se o tempo real, isto é, o desempenho realizado, foi suficiente para alcançar a procura pretendida. Portanto, o passo seguinte a realizar foi a obtenção dos tempos de ciclo de todas as atividades consideradas e analisadas neste VSM. Estes foram obtidos por diversos métodos e fontes diferentes, já que foram considerados dados registados pela engenharia e pela própria produção.

Todos o processo é seguido pela engenharia e os dados são registados pela produção em Quadros de Seguimento, nos quais os operadores anotam os tempos reais de cada operação realizada ao longo do seu turno. Adicionalmente, neste quadro encontram-se também apresentados os tempos objetivo, sendo estes vistos como uma diretriz para os trabalhadores.

Estes são atualizados pela engenharia periodicamente tendo em consideração a evolução e progresso existente.

Além disso, foram também examinados dados utilizados no cálculo do custo do produto final, isto é, horas homem. Estes dados compreendem a data de início e fim de operações do processo e são registados pelos operadores num sistema informático conectado ao software de gestão SAP. Com isto, foi obtida uma amostra de tempos de ciclo do molde SS de 6 pás do mês de outubro apresentadas na **Figura 17**.



**Figura 17:** Gráfico de tempo de ciclo *Main Shell SS* (atual)

Desta forma, foi possível verificar que os valores destas amostras variam entre as 29,6 e as 35 horas e o tempo médio é de 32 horas. De seguida, já que a amplitude dos dados é considerável foi calculado o desvio padrão, sendo este de 1,74 horas. Após alguma análise foi possível averiguar que este valor foi influenciado pela falta de consistência e conformidade do processo produtivo durante o mês de outubro. A redução do tempo de ciclo é o objetivo fulcral, mas, por outro lado, é essencial diminuir também este valor do desvio padrão, tornando o processo mais estável.

De seguida, foi feita uma análise crítica aos restantes dados e informações recolhidas durante o processo de recolha. Posto isto, foram selecionadas as mais relevantes para a obtenção dos tempos apresentados na **Tabela 2**.



**Tabela 2:** Tempo de Ciclo (VSM atual)

	Tempo Ciclo (h)
Corte Fibra Vidro	22
Corte PrePreg	8
Web VK	14,2
Web HK	14,2
Girder SS	14,1
Girder PS	14,1
Teg SS	13,7
Teg PS	13,7
Root Joints LU	8
RJ Forno PS	13
RJ Forno SS	13
RJ Corte PS	0,75
RJ Corte SS	0,75
Molde SS	32,0
Molde PS	19,3

Ao estudar os resultados obtidos é possível concluir que o processo mais longo é o do Molde SS, já que envolve a moldagem da pá e todos os passos explicados no ponto 3.1.3 (limpeza, *layup*, infusão, cura, colagem e desmoldagem). Identificam-se também a produção das *root joints*, onde o *layup*, cura e corte somam aproximadamente 22 horas e o corte de fibra de vidro de duração de 22 horas.

Posteriormente, foram também analisados os tempos logísticos, mais concretamente, transporte de peças para *stock* intermédio, e de corte de *pré-fabs* (**Tabela 3**).

**Tabela 3:** Tempos de corte de peça e transporte logístico

	Corte peça	Transporte Logístico
Web VK	30 min	60 min
Web HK	30 min	60 min
Girder SS	90 min	45 min
Girder PS	90 min	45 min
Teg SS	90 min	35 min
Teg PS	90 min	35 min
RJ Corte PS		10 min
RJ Corte SS		10 min



### 3.2.3. Elaboração do VSM atual

Após a aquisição de todos os dados necessários para a construção deste mapa, isto é, a sequência de atividades, o ritmo de produção adequado e os tempos de ciclo reais, foi possível proceder para o seu desenho.

Assim, este processo começa pelo corte da matéria-prima utilizada na fabricação dos *pré-fabs* e do produto final, a fibra de vidro. Este corte está dependente do plano de produção semanal e gera material para 5 pás, sendo este depois retido em *stock* por volta de 60 horas. De seguida, é feita a preparação dos carros de fibra que vão ser posteriormente transportados pela logística para os moldes indicados. Simultaneamente, é feito o corte do material utilizado na fabricação das *root joints*, uma fibra impregnada previamente com resina.

O próximo passo é então a fabricação de todos os componentes que são inseridos no produto final. Todos estas peças são cortadas e transportadas para um inventário intermédio até serem colocadas na pá com o auxílio de pontes rolantes suspensas. Por fim, é feita a moldagem da pá, sendo este o passo mais crítico e prolongado do processo como visto anteriormente. A **Figura 18** representa o VSM atual da pá RE68,5.

Com a análise deste mapa verifica-se que o lead time da sequência de atividades é de 357,8 horas, sendo que os processos de maior duração são o corte de fibra, a fabricação das *root joints* e da *main shell* SS. O processo mais longo destes referidos é a produção da *main shell* com 32 horas, sendo que o objetivo principal é diminuir este tempo. Para tal, foi implementada a linha modelo que será descrita e explicada de seguida.

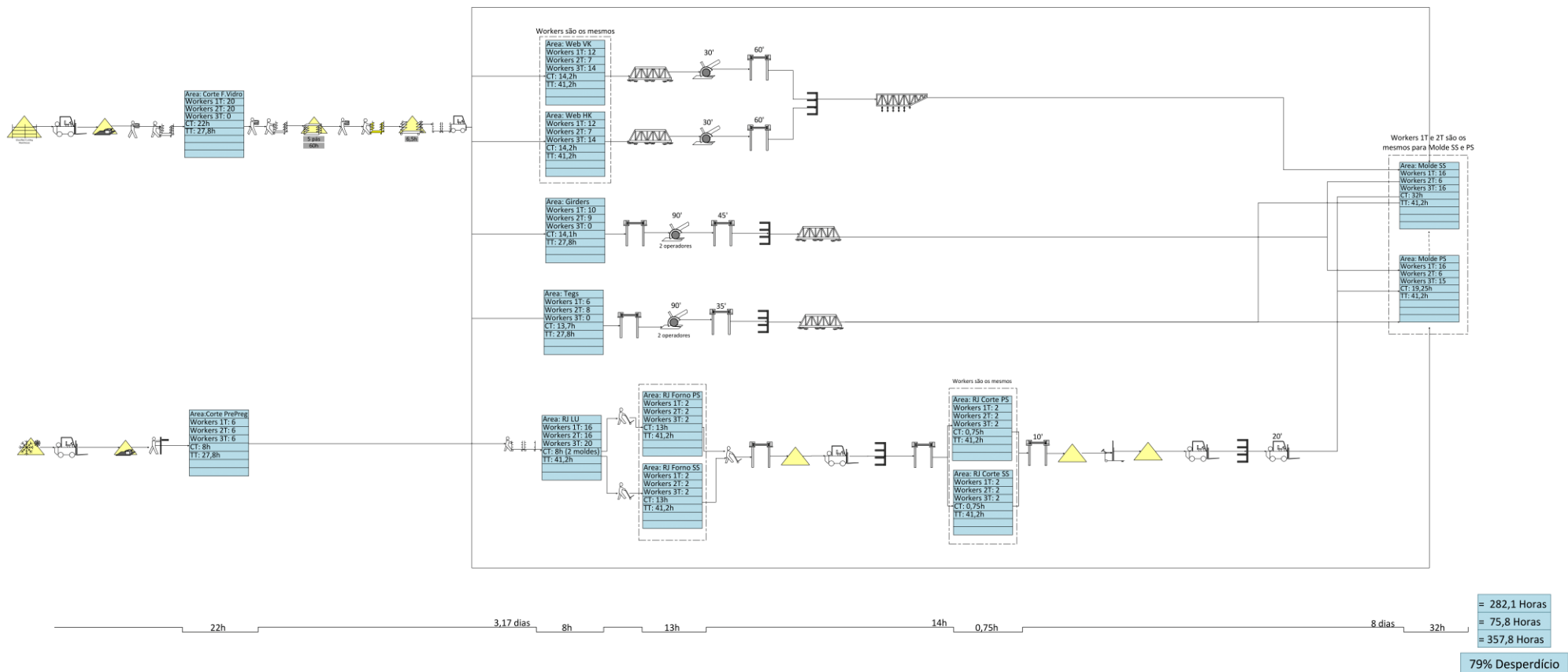


Figura 18: VSM atual do processo de produção de uma pá eólica RE68.5

### 3.3. Linha Modelo

Passando agora à segunda parte deste projeto foi elaborada uma abordagem linha modelo tendo por base o projeto RE68.5. Esta implementação tem como objetivo diminuir o tempo de ciclo produtivo. Por outro lado, serve como exemplo e incentivadora na implementação de ações de melhoria nos restantes projetos e áreas da fábrica. Posto isto, é possível compreender que esta ferramenta auxilia na identificação de problemas no processo e eventuais possibilidades de melhoria.

Com isto, de seguida, encontra-se enunciada a estratégia adotada para atingir os tópicos referidos anteriormente. Posto isto, os resultados obtidos são analisados e as melhorias implementadas com maior relevância são descritas.

#### 3.3.1. Estratégia Adotada

Na implementação de qualquer ferramenta é necessário primeiro definir o plano mais apropriado a adotar, com o intuito de obter o melhor resultado possível. Com isto, de início foi planeada a ordem de áreas a analisar, onde se optou por uma abordagem sequencial de toda a área do armazém, começando evidentemente pelo projeto de 68,5 metros. Tendo em conta o projeto referido, inicialmente foi feito um acompanhamento ao processo no chão de fábrica durante duas semanas. Consequentemente, com esta observação e comunicação regular com os colaboradores sobre as dificuldades que deparam regularmente foi possível diagnosticar alguns problemas no processo.

Assim, com um conhecimento mais aprofundado sobre ações a implementar procedeu-se à metodologia apresentada de seguida. Ao contrário do projeto 68 todos os outros projetos e áreas seguiram apenas os passos seguintes e não passaram por um processo de diagnóstico tão aprofundado.

##### 1. Informar colaboradores e definir datas de reuniões

Inicialmente deu-se conhecimento da elaboração desta abordagem aos diretores e supervisores das áreas estudadas neste projeto, onde foi explicado de forma geral o pretendido com esta implementação e no que se baseia.

De seguida foram marcadas reuniões de 2 horas na área a ser examinada com os colaboradores apropriados, isto é, supervisor e líder da área em questão. Adicionalmente,

foram também convidados outros trabalhadores indispensáveis no processo de produção, isto é, o diretor de área e o supervisor da logística, infraestruturas, engenharia e manutenção.

## 2. Reuniões

Passando agora para um dos pontos mais importantes desta estratégia foram efetuadas todas as reuniões num período de três meses. Deste modo, foi feita uma dinâmica de grupo onde todos os participantes percorreram o molde em questão e indicaram problemas e possíveis melhorias a considerar. Simultaneamente foram retiradas fotos da situação atual, ou seja, do “antes”, e apontadas as ações pertinentes a implementar.

## 3. Elaboração de plano de ações

Após a recolha de todas as oportunidades de melhoria a implementar, esta informação foi resumida num ficheiro Excel. Todas as ações foram numeradas, descritas de forma esclarecedora e estipuladas a um responsável para as realizar. Com isto, foram também interligadas fotos com o plano de ações para melhor compreensão. De seguida, todos estes documentos foram enviados por *email* para os participantes referenciados no ponto 1.

## 4. Execução

O próximo passo desta metodologia envolve a realização das ações identificadas e detalhadas no plano. Este ponto foi executado pelos supervisores, líderes e operadores de produção, como também pela equipa de manutenção, melhoria continua, infraestruturas e engenharia, dependendo da especificidade da ação.

## 5. Atualização

Posteriormente, à medida que as ações são realizadas é feita uma atualização do plano de ações com fotos do estado atual, isto é, do “depois”. Adicionalmente, são também detalhadas informações no documento sobre a data de realização, responsável pela ação e o nível de eficiência percentual obtido, como se pode observar no **Anexo A**.

## 6. Verificação

Após a execução e atualização do plano de ações foi necessário averiguar a concretização e resolução dos problemas identificados. Para tal, foram realizadas curtas

reuniões com o supervisor da área com o intuito de fechar o plano de ações, ou caso seja encontrada alguma lacuna, intervir.

### 3.3.2. Resultados Obtidos

Com a implementação da metodologia detalhada no ponto anterior foram obtidos os dados apresentados na **Tabela 4** e na totalidade foram realizadas 17 reuniões e abertos 24 planos de ações no decorrer de três meses. Sendo assim, na totalidade foram identificadas 484 ações de melhoria, uma média de 20 por plano.

Posto isto, toda esta informação foi analisada e estudada com o objetivo de compreender o tipo de ações identificadas. Com isto, foram examinadas duas categorias predominantes de ações, melhoria continua e problemas de manutenção e infraestruturas. Todas as ações que não estejam enquadradas nestes dois tipos estão agrupadas no grupo “outros”.

A **Tabela 4** está organizada e associada pelos vários tipos de moldes existentes para a produção do produto final, isto é, as *main shells*, *girders*, *tegs*, *webs*, componentes complementares e, por fim, zona de acabamentos. Todos estes componentes estão depois divididos em áreas, isto é, todos os projetos produzidos durante a elaboração desta metodologia foram analisados.

Neste estudo foi possível concluir que as ações são maioritariamente da categoria de melhoria continua, com 77%. Estas envolvem sobretudo a definição de *layouts*, gestão visual, trabalho padronizado e, principalmente, a ferramenta 5S's. Além disso, 14% das ações são do tipo manutenção/infraestruturas, ou seja, problemas mecânicos encontrados nos moldes, em máquinas e no edifício em si. Tendo como exemplo, a eliminação de fugas no molde, a substituição ou manutenção de equipamentos em mau estado e a reparação de valas técnicas, sendo que estas podem provocar problemas de segurança. Por fim, uma pequena percentagem de 9% compreende outras ações que não se enquadram numa categoria específica. Este grupo envolve ações relacionadas com problemas técnicos de engenharia e de processo produtivo.

Sendo assim, no ponto seguinte serão apresentados e explicados alguns exemplos relevantes da implementação destas oportunidades de melhoria.

**Tabela 4:** Resultados da Linha Modelo

	ÁREA	TIPO DE AÇÃO			
		MELHORIA CONTINUA	MANUTENÇÃO/ INFRAESTRUTURA	OUTROS	
MAIN SHELL	MS RE68.5	26	3	2	
	MS1 RE45	18	9	0	
	MS3 RE45	6	2	0	
	MS1 RE59	19	5	2	
	MS2 RE55	23	5	2	
	MS4 RE55	21	3	3	
	MS1 RE74	23	3	4	
GIRDERS	GIRDERS RE45	8	4	0	
	GIRDERS RE55	13	3	4	
	GIRDERS RE59	11	9	1	
	GIRDERS RE68.5	10	1	4	
	GIRDERS/TEGS RE74	10	3	0	
TEGS	TEGS RE68.5	17	3	1	
	TEGS RE55	9	0	1	
WEBS	WEBS 63/74	18	0	3	
	WEBS 45/59/68	16	0	4	
COMPLEMENTARES	CORTE FIBRAS	25	0	1	
	ROOT JOINTS	25	2	2	
ACABAMENTOS	PO	17	4	3	
	P1	22	3	4	
	P2	11	2	0	
	P3	9	0	0	
	P4	7	2	2	
	REPARAÇÕES	10	0	1	
	<b>TOTAL</b>	374	66	44	<b>TOTAL AÇÕES</b> 484
		<b>77%</b>	<b>14%</b>	<b>9%</b>	

### 3.3.3. Melhorias Realizadas

Após a execução dos últimos três passos da estratégia adotada, isto é, a implementação das ações, a atualização dos planos de ações e verificação da sua eficiência no chão de fábrica, foi analisado o progresso obtido. Sendo assim, foi possível verificar que 70% destas melhorias foram implementadas com sucesso. De seguida serão enunciadas e explicadas algumas das melhorias realizadas de maior impacto no processo. Sendo que o grupo de ações com vista à melhoria contínua foi o que deteve maior relevância no processo, todas as melhorias detalhadas nos pontos seguintes pertencem nomeadamente a esta categoria. Assim, considerando que o conceito desta linha modelo é padronizar todos os processos envolvidos na produção de uma pá eólica em todos os moldes existentes, as ações apresentadas de seguida foram ou vão ser futuramente generalizadas a todos os projetos e componentes da organização.

#### 3.3.3.1. *Standard Layout*

Durante a análise realizada à área foram encontrados problemas recorrentes de falta de organização e limpeza em todos os moldes principais (*main shells*) como se pode verificar na **Figura 19**.



**Figura 19:** Desorganização da área (MS RE68.5) – **a)** visão geral da área; **b)** carro de *layup* no turno de colagem; **c)** tubos de fibras em contentores amarelos; **d)** paletes de transporte de *root joints* no corredor de segurança

Esta foi documentada durante as semanas iniciais de análise do projeto de 68,5 metros e pode visualizar-se a desorganização da área de produção no processo de colagem.

Nesta, encontram-se carros de apoio utilizados no turno anterior, na operação de *layup*, que ainda não foram arrumados pela logística, tubos de fibra de vidro em contentores amarelos e não nos carros definidos para a sua colocação e, por fim, paletes utilizadas na movimentação das *root joints*, isto é, dois turnos antes, colocadas no corredor de segurança. Esta falta de organização prejudica o processo e cria desperdícios, sendo assim, essencial intervir e encontrar uma solução eficaz.

Sendo assim, foi desenvolvido um *layout* para cada molde principal de todos os projetos, onde o objetivo é colmatar o problema de organização identificado anteriormente. Neste *layout* é possível visualizar onde devem estar localizados os carros, contentores, bidões e outros materiais utilizados, nos diferentes processos de produção em que o molde está, isto é: Preparação do Molde e *Layup*, Infusão, Ripagem, Colagem, Cura ou Desmoldagem.

Tendo em conta que o produto pesa toneladas, é de grande dimensão e não pode ser movimentado facilmente, foi realizado um *layout* fixo (ponto 2.2.4), onde todas as ferramentas e materiais necessários para a produção são deslocados para o molde. Resumidamente o produto não é movido durante o processo de produção, mas todos os equipamentos são deslocados tendo em conta a atividade a decorrer e as suas necessidades.

Após o acompanhamento do processo foram elaborados documentos de *layout* como se pode verificar no exemplo apresentado no **Anexo B**. Estes foram realizados com o auxílio do *software* Microsoft Visio, onde todos os componentes são simbolizados de forma diferente. Esta simbologia teve em conta o *zoning* de cada equipamento, isto é, a categorização desenvolvida no ponto 3.3.3.2.

Para a realização destes documentos foram identificados os locais mais apropriados para todos os materiais necessários na operação em questão, ou seja, o mais próximo possível da área de aplicação. Por exemplo, sabendo que as *root joints* são necessárias no momento da desmoldagem, é evidente que estas devem ser colocadas durante este processo e nos locais onde vão ser implementadas, isto é, na base do molde. Por outro lado, no caso da infusão são necessários carros de transporte de resina, estes devem ser colocados no local mais próximo de introdução de canais de infusão no molde e devem ter em conta outros fatores como a distância aos bidões utilizados neste processo. Todos estes fatores foram contabilizados e analisados com o auxílio dos líderes de equipa da área, sendo estes os colaboradores com mais conhecimento sobre o assunto.



Após esta análise o *layout* foi elaborado, impresso e colocado no molde como se pode ver na **Figura 20**.



**Figura 20:** Exemplo de *layout* aplicado no molde

Com esta medida os colaboradores têm conhecimento de como deve permanecer o *layout* da área durante o seu turno e tipo de processo que estão a realizar. Desta forma, foi possível verificar uma melhoria significativa na organização de equipamentos e geral limpeza da área.

### 3.3.3.2. *Standard zonings*

Após a definição do *layout* da área é necessário transpor a localização definida no papel para o chão de fábrica. Assim, a utilização de *zonings* é um método de identificar equipamentos muito simples, onde é pintada no chão de fábrica a localização de todos ou maior parte dos materiais utilizados na produção. Com a utilização deste método de identificação é possível simplificar e facilitar a organização dos equipamentos na área.

Sendo assim, com o objetivo de padronizar a sua implementação, foram criados *standards* de *zonings* do armazém dos moldes e dos acabamentos, tendo em conta o tamanho e formato do equipamento, a sua cor e o seu nome. Como se pode verificar no **Anexo C** foram inicialmente definidas as medidas a utilizar e, de seguida, foram enunciadas algumas regras a seguir durante a sua realização.

De seguida, foram especificadas as cores, sendo que os *zonings* verdes são utilizados nos contentores de resíduos: papel, plástico, sobras de fibra de vidro e químicos, como a resina e a cola (**Figura 21**).



Figura 21: Exemplo de *zonings* de resíduos

Adicionalmente, são pintados de branco os *zonings* de equipamentos estacionários, como os carros de tubos, bidões de infusão e bombas de vácuo (Figura 22). Por fim, todos os *zonings* dos materiais que são abastecidos pela logística são amarelos, como os carros de fibra e os carros de apoio (Figura 23).

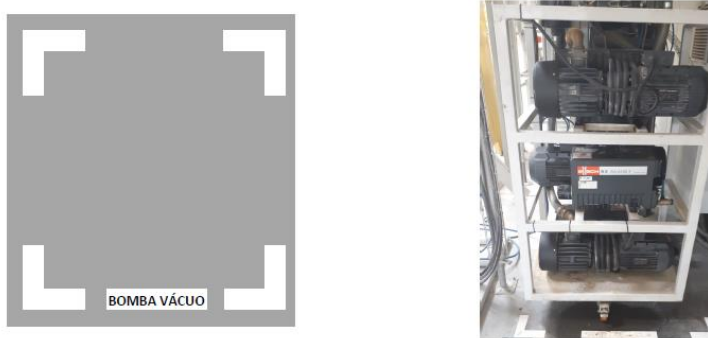


Figura 22: Exemplo de *zonings* de equipamentos estacionários



Figura 23: Exemplo de *zonings* logísticos

### 3.3.3.3. *Standard* identificações

Durante a elaboração desta metodologia linha modelo foram realizados vários *standards* de identificação e organização de equipamentos que serão enunciados e explicados de seguida. A realização destes *standards* teve em conta duas ferramentas *Lean* mencionadas no ponto 2.2.3, a metodologia 5S e a gestão visual, que visam limpar, organizar, identificar e padronizar o espaço de trabalho.

#### 1. Identificações carros de abastecimento

Durante as reuniões realizadas na linha modelo, foram identificadas dificuldades no abastecimento logístico dos carros de fibra e balsa/espuma presentes nos moldes de *main shell*. Após alguma análise foi possível perceber a causa raiz deste problema, isto é, a identificação não perceptível do equipamento. No abastecimento logístico os trabalhadores utilizam “Petit Trains”, ou seja, veículos de transporte de materiais de abastecimento e a sua visão é comprometida. Desta forma foi estudado o melhor local para a localização da identificação para solucionar este problema.

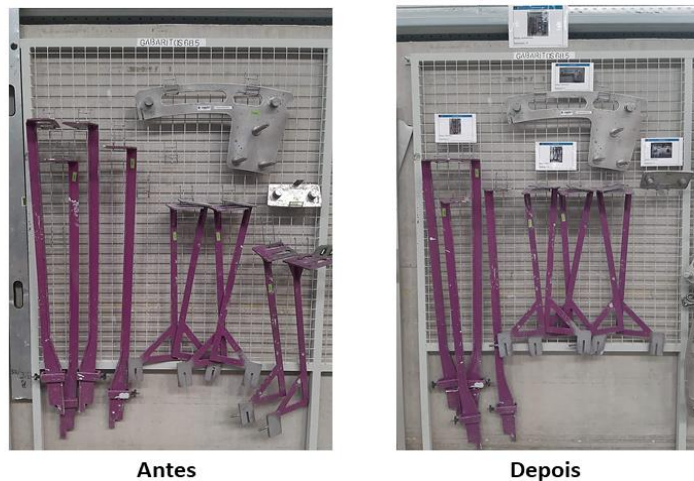
Depois de um estudo com trabalhadores da logística foi concluído que o melhor local da identificação seria no canto inferior esquerdo e as identificações devem ser de tamanho A4 e não A5 para melhor visualização. Adicionalmente, foi definido um código de cores para melhor diferenciação, onde os carros de fibra são identificados a amarela e os de balsa/espuma a verde (Figura 24). Para a implementação destas identificações os supervisores têm de preencher o documento apresentado no **Anexo D**. Neste documento encontra-se um “X” na informação a completar, sendo esta: qual o projeto, o número do carro, a cota z e a posição em que este se encontra no molde. Com este *standard* foi possível padronizar as identificações em todos os moldes e eliminar desperdícios nos transportes logísticos, solucionando assim o problema inicial.



Figura 24: Identificação de carros de abastecimento (RE68.5)

## 2. Identificações gabaritos

De seguida foram também elaboradas identificações para ferramentas, os gabaritos, que têm como função controlar as dimensões de alguns componentes da pá em fase de acabamentos. Assim, foi feita uma identificação em A4 para toda a área, onde foi identificado o projeto em questão e, por fim, foram realizados documentos em A5 com a foto da ferramenta e o respetivo nome (**Figura 25**). Desta forma, qualquer colaborador consegue identificar e localizar o material, quer seja dessa área ou não.



**Figura 25:** Identificação de ferramentas (Gabaritos RE68.5)

## 3. Identificações armários de ferramentas e EPIs

Adicionalmente, foram também identificados todos os carros de ferramentas e EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) presentes em toda a fábrica, quer nos moldes como nos acabamentos (**Figura 26**). Nesta encontra-se denominada a área, turno e responsável, isto é, o líder de equipa. Esta medida é relevante já que concede maior responsabilidade aos colaboradores no que toca à organização e limpeza dos carros.



**Figura 26:** Identificação de armários de ferramentas/EPIs

#### 4. Identificações suportes de fitas

Na produção do produto final e de todos os componentes são necessárias fitas, mais especificamente, *gitter tape*, *tacky tape* e fita de papel. Para tal, existem suportes de fitas em múltiplos locais ao longo do molde, com o objetivo de diminuir a distância percorrida pelos trabalhadores e otimizar o processo. Tendo em conta que estes materiais são utilizados com muita frequência foi implementado um código de cores considerando a coloração das próprias fitas.

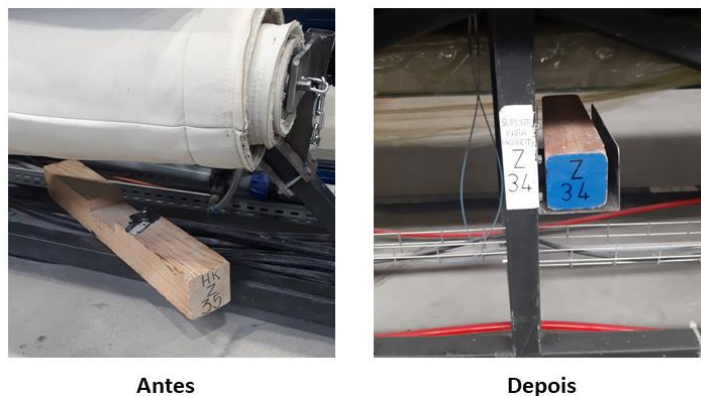
Assim, para melhor visualização a *gitter tape* deve ser colocada no suporte branco, a *tacky tape* no preto e, por fim, a fita de papel no amarelo. Adicionalmente, foram definidos suportes *standard* como se pode ver na **Figura 27** para auxiliar na colocação e remoção dos materiais. Estes suportes estão identificados com o nome e foto do respetivo suporte com a fita que deve ser lá colocada.



**Figura 27:** Identificação de suportes de fitas

#### 5. Identificações e organização de barrotes

Na produção das webs, componentes do produto final, é necessária a utilização de barrotes na desmoldagem da peça. Estes estavam colocados em vários locais na base do molde sem qualquer tipo de organização. Assim, para melhorar o processo de desmoldagem e eliminar desperdícios que ocorrem com a falta de organização de equipamentos foram criados suportes ao longo do molde como se pode ver na **Figura 28**.



**Figura 28:** Identificação e organização de barrotes



Estes foram então colocados em cotas específicas e identificados, tanto no suporte como na ferramenta em si. Por fim, a superfície dos barrotos foi pintada de acordo com a cor do projeto para não ocorrerem quaisquer equívocos. Esta medida melhorou e facilitou o processo de desmoldagem, já que, diminuiu a movimentação realizada pelo colaborador e reduziu o tempo desta atividade, visto que este já não tem de procurar pela ferramenta.

## 6. *Standard* raquetes de sinalização

Durante a abertura e fecho de molde de *main shells* é necessária a paragem de circulação na área para questões de segurança, já que se trata de um produto de grandes dimensões. Para tal, são utilizadas raquetes de sinalização com a finalidade de alertar os colaboradores. Estas encontravam-se arrumadas nos armários de ferramentas das equipas e eram habitualmente perdidas. Desta forma, foram implementados suportes nos locais onde são utilizadas, isto é, nas quatro extremidades do molde, reduzindo assim as deslocações desnecessárias dos trabalhadores (**Figura 29**).



**Figura 29:** *Standard* raquetes de sinalização (localização assinalada por pontos vermelhos)

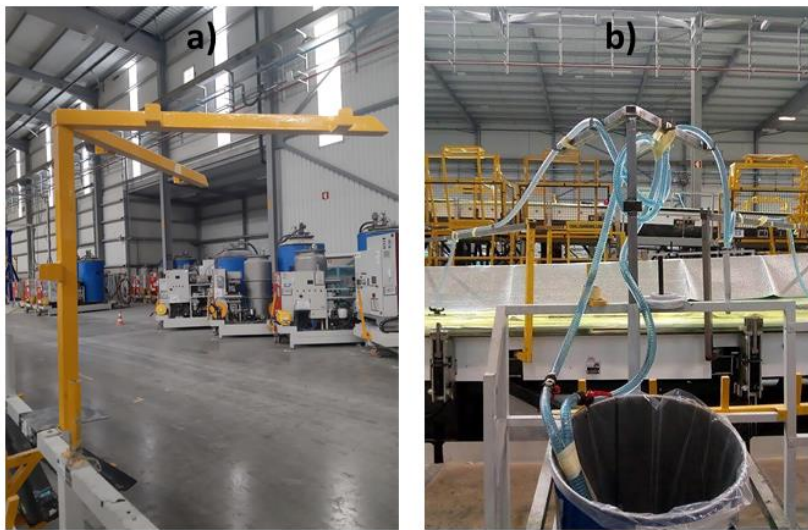
#### 3.3.3.4. *Standard* de Cristos e Bidões

O processo de infusão é um dos mais críticos na produção destes produtos, já que, a probabilidade de ocorrência de defeitos é muito elevada. Nesta operação são utilizados suportes para as mangueiras de infusão, materiais fundamentais neste processo, denominados cristos. Estes foram produzidos sem qualquer tipo de norma, logo os tamanhos e formatos diferem entre projeto e molde. Assim, a padronização e criação de *standards* de cristos foi considerada uma oportunidade de melhoria fundamental.

Deste modo, com esta padronização é possível diminuir a dimensão da mangueira utilizada por pá, reduzir a altura dos cristos em consideração ao molde e, conseqüentemente, restringir custos associados. Para tal foram analisados inicialmente todos os cristos utilizados na fábrica e foram criados *standards* de medidas a implementar, estando estas apresentadas no **Anexo E** e **Anexo F**.

Inicialmente, tal como se pode visualizar no **Anexo E**, como regra base todos os cristos devem ser aplicados nos moldes e ter de altura (a partir do molde) de 45 centímetros, medida mínima definida como mais eficiente com a análise realizada. Por outro lado, caso não seja possível a aplicação no molde, o cristo deve ser inserido no passadiço e ter de medida 1,90 metros para permitir a passagem dos colaboradores. Por fim, no que toca aos componentes *webs*, *girders* e *tegs*, sempre que for possível tecnicamente, a opção mais viável é a implementação da medida padrão de 45 centímetros e a colocação do bidão de resina no passadiço para a redução de mangueira utilizada. Esta última opção não foi implementada nos moldes de *main shells* já que o risco é demasiado elevado caso ocorra alguma complicação.

De seguida, como se pode observar no **Anexo F** foi implementado um *standard* de cristos tendo em conta a quantidade de entradas de resina existentes por bidão. Caso exista apenas uma entrada de infusão no molde o cristo deve ser de formato padrão “L” e é colocado na cota exata de inserção. Por outro lado, quando existem duas entradas de resina próximas o bidão é colocado no centro destas e é instalado um cristo em formato “V” como se pode ver na **Figura 30**. Desta forma, é possível diminuir a distância realizada pelas mangueiras já que percorrem uma linha reta na diagonal, sendo este, o percurso menos longo.



**Figura 30:** Cristo em formato "V" – a) cristo implementado; b) ensaio

Tendo em conta esta informação foram analisados todos os cristos utilizados no projeto 68 e foi realizada uma estimativa de redução de mangueira, considerando a padronização de cristos implementada. Sendo assim, estes foram inicialmente aplicados apenas nos pré-fabricados, já que, a ocorrência de algum defeito nas *main shells* é crítica, devido ao custo elevado do produto.

Desta forma, foram obtidos os resultados expostos na **Tabela 5**, onde é possível analisar e confrontar a quantidade de mangueira utilizada atualmente e a estimativa de redução. Assim, com a produção dos componentes para uma pá, ou seja, duas *girders*, duas *webs* e duas *tegs*, são necessários 55,4 metros de mangueira segundo a BOM (*Bill of Materials*). Com a implementação desta medida é possível diminuir 9,1 metros, ou seja, 16% da quantidade de mangueira utilizada e, conseqüentemente, reduzir também os custos associados. Adicionalmente, é possível também diminuir o desperdício de resina que permanece na mangueira após a realização da infusão.

Como referido anteriormente esta medida foi inicialmente elaborada no projeto 68, mas está e continuará a ser implementada nos restantes projetos e moldes. Concluindo, com a introdução desta medida foi possível atingir os objetivos do *Lean*, a eliminação de desperdícios e redução de recursos.



**Tabela 5:** Estimativa de redução de mangueiras de infusão

Produto (Kit Mangueira Infusão)	Mangueira utilizada (m)	Estimativa redução(m)	
<b>Girder SS 68.5</b>	10,5	0,11	
<b>Girder PS 68.5</b>	13	0,99	
<b>Web HK 68.5</b>	7,4	1	
<b>Web VK 68.6</b>	7,4	1	
<b>Teg SS 68.5</b>	8,4	3	
<b>Teg PS 68.6</b>	8,7	3	
<b>Total</b>	<b>55,4</b>	<b>9,1</b>	<b>16%</b>

### 3.3.3.5. Automatização de documento de trabalhos para serralharia

Todos os suportes e cristos que têm de ser construídos para as melhorias anteriores necessitam de ser requisitados à serralharia. Desta forma, durante a tentativa de implementação destas ações foi identificado que este processo era muito complexo e a aprovação destes requisitos demorava longos períodos de tempo. Neste é necessário preencher um documento em formato físico e entregar ao responsável pela serralharia, um colaborador da melhoria contínua. Assim, tendo em conta que este procedimento é fundamental para a boa funcionalidade da produção e realização de várias ações de melhoria, foi encontrada a necessidade de otimizar este processo.

Com isto, o documento *excel* foi automatizado e o ficheiro final encontra-se apresentado no **Anexo G**. De início, o trabalhador tem de preencher o seu nome e a data de realização. De seguida, tem de escolher de uma lista pendente quem autorizou o pedido, tendo em conta que apenas alguns colaboradores estão autorizados a fazê-lo. Posto isto, é necessário selecionar para que GAT (grupo autónomo de trabalho) é feito o pedido, isto é, área ou projeto definido. Depois, tem de enunciar qual o número SAP do equipamento e, para tal, pode premir a hiperligação (SAP) para obter essa informação. Assim sendo, quando preenche essa célula, o centro de custo e denominação do material são automaticamente preenchidos. Por fim, o documento é enviado para o responsável por *email* para ser aceite ou rejeitado. Sendo assim, com a automatização deste documento o processo de requisições foi melhorado, já que, o seu preenchimento tornou-se mais intuitivo e, conseqüentemente, mais rápido. Por outro lado, a organização de todos os documentos foi simplificada e o trabalho do colaborador responsável por aceitar o pedido foi facilitado.

Após a implementação destas melhorias e tendo em conta a metodologia implementada neste caso de estudo, de seguida foi elaborado o VSM futuro com o objetivo de analisar a progressão obtida com o decorrer da linha modelo.

### 3.4. VSM Futuro

Depois da realização e análise do *Value Stream Map* do estado atual e da identificação e implementação de oportunidades de melhoria na abordagem *Model Line*, foi necessário realizar o passo seguinte, mapear o fluxo da cadeia de valor futuro. Assim, com a execução deste mapa é possível compreender o impacto das medidas adotadas no processo e verificar se o objetivo da diminuição do tempo de ciclo foi atingido. Para tal, foram utilizados dados do mês de abril na elaboração de todos os pontos seguintes.

#### 3.4.1. Cálculo do *Takt Time*

Inicialmente, foi calculado o *takt time*, o primeiro passo na elaboração de um VSM, considerando dados da produção do mês de abril de 2019. Neste foram produzidos 4 sets, isto é, 12 pás durante apenas 15 dias, já que a produção foi interrompida durante uma semana. Tendo em conta as fórmulas do ponto 3.2.1 foi calculado o tempo de *takt time* que se apresenta na **Tabela 6**.

**Tabela 6:** *Takt Time* (VSM futuro)

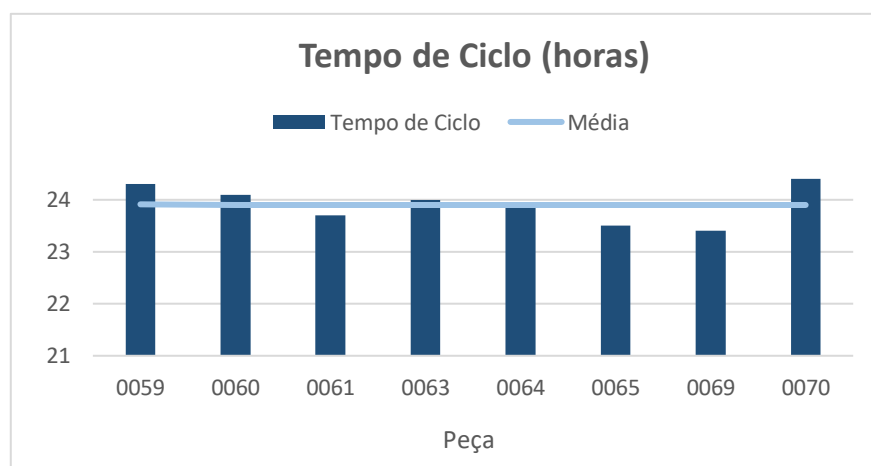
	Turno 1(h)	Pausa T1(h)	Turno 2(h)	Pausa T2(h)	Turno 3(h)	Pausa T3(h)	Nº dias trabalho do mês	Nº Sets	Nº Pás por Set	TAKT TIME(H)
Corte Fibra Vidro	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	15	4	3	19,0
Corte PrePreg	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	15	4	3	19,0
Web VK	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	15	4	3	28,1
Web HK	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	15	4	3	28,1
Girder SS	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	15	4	3	19,0
Girder PS	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	15	4	3	19,0
Teg SS	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	15	4	3	19,0
Teg PS	8,5	0,92	8,5	0,92	0	0	15	4	3	19,0
Root Joints LU	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	15	4	3	28,1
RJ Forno PS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	15	4	3	28,1
RJ Forno SS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	15	4	3	28,1
RJ Corte PS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	15	4	3	28,1
RJ Corte SS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	15	4	3	28,1
Molde SS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	15	4	3	28,1
Molde PS	8,5	0,92	8,5	0,92	8	0,67	15	4	3	28,1

Como se pode ver na tabela o nível de produção aumentou de 3 pás por semana no mês de outubro para 4 no mês de abril, mas o tempo disponível diminuiu já que apenas trabalharam 3 semanas, isto é, passou de 22 para 15 dias. Consequentemente, os valores do *takt time* também desceram, significando assim que o ritmo de produção tem de aumentar para ser possível satisfazer a procura e necessidades dos clientes. Assim, podemos concluir pelos dados obtidos que num intervalo de 28 em 28 horas uma pá eólica tem de ser desmoldada no molde SS para satisfazer as necessidades dos clientes.

Deste modo, para atingir esta procura é necessária a redução do tempo de ciclo, estando este calculado no ponto seguinte.

### 3.4.2. Cálculo do Tempo de Ciclo

Passando então ao ponto seguinte foram determinados os tempos de ciclo, isto é, o desempenho real da produção no mês em questão. Estes foram obtidos por análise dos tempos objetivo definidos pela engenharia e os reais registados pela produção. Tendo em consideração que o objetivo deste caso de estudo é a diminuição do tempo de ciclo da *main shell SS*, ou seja, da pá em si, foram adquiridos e analisados dados de 8 pás do mês de abril que se encontram na **Figura 31**. Desta forma, é possível verificar que os valores destas amostras variam entre as 23,4 e as 24,4 horas e o tempo médio é de 23,9 horas, aproximadamente 24 horas. De seguida, foi calculado o desvio padrão, sendo este de 0,36 horas. Comparativamente ao desvio padrão de 1,74 do VSM atual é possível concluir que existe uma menor dispersão e variabilidade nos dados do tempo de ciclo do mês de abril, já que, o processo de produção se tornou mais estável.



**Figura 31:** Gráfico de tempo de ciclo *Main Shell SS* (futuro)

Após esta análise foram também estudados tempos de ciclo dos outros processos, mais concretamente, da produção dos componentes inseridos na pá. Estes estão apresentados na **Tabela 7**, onde é possível verificar que os tempos de produção dos pré-fabricados permaneceram iguais desde o mês de outubro. Por outro lado, o tempo de processo de corte de fibra de vidro reduziu em 1 hora e a produção do molde PS em 5 horas. Adicionalmente, o processo mais crítico do fluxo de valor, o fabrico do molde SS, foi reduzido para aproximadamente 24 horas.

**Tabela 7:** Tempo de Ciclo (VSM futuro)

	Tempo Ciclo (h)
Corte Fibra Vidro	21
Corte PrePreg	8
Web VK	14,2
Web HK	14,2
Girder SS	14,1
Girder PS	14,1
Teg SS	13,7
Teg PS	13,7
Root Joints LU	8
RJ Forno PS	13
RJ Forno SS	13
RJ Corte PS	0,75
RJ Corte SS	0,75
Molde SS	23,9
Molde PS	15,2

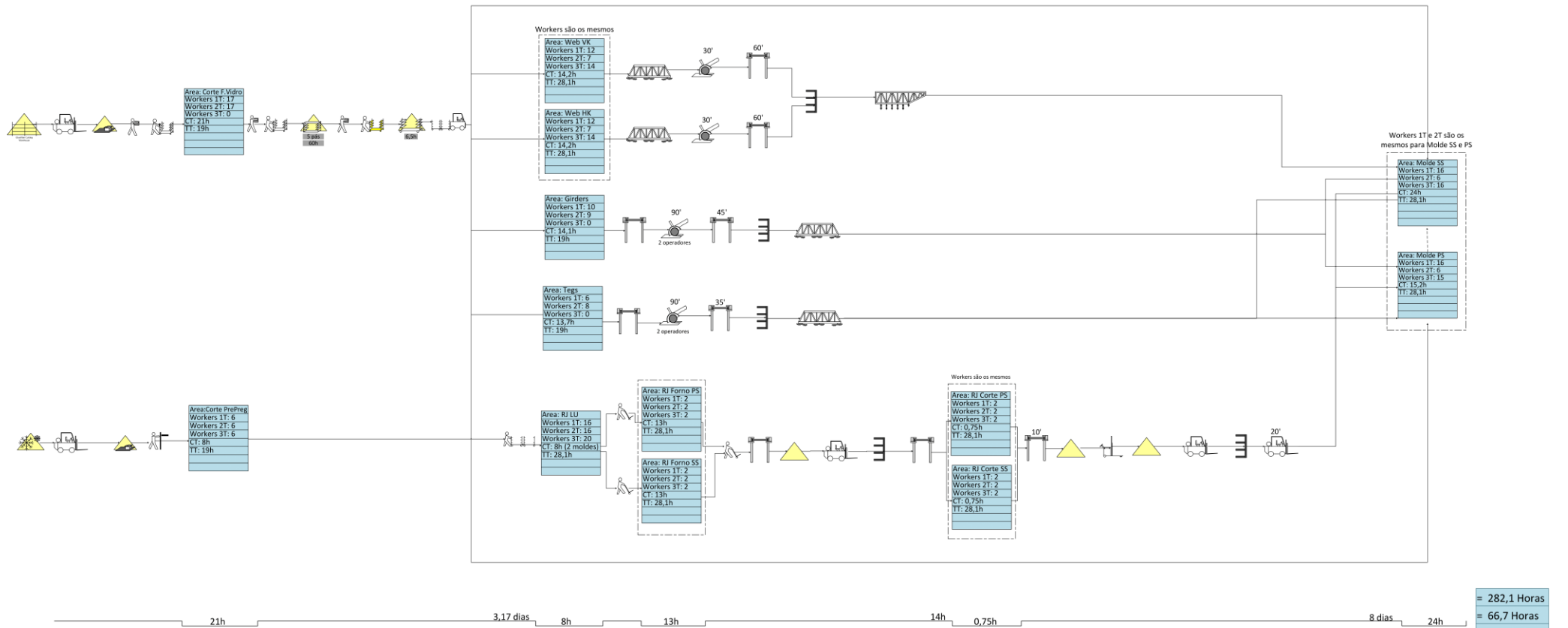
### 3.4.3. Elaboração do VSM Futuro

Assim, com toda a informação enunciada nos pontos anteriores foi elaborada a cadeia do fluxo de valor futuro que se encontra apresentada na **Figura 32**. Tendo em conta que o objetivo deste VSM era a melhor compreensão do extenso processo produtivo, das operações realizadas e a diminuição do tempo de ciclo, não foram efetuadas alterações ao fluxo de atividades e materiais utilizados durante as movimentações. É possível ver na **Tabela 8** a comparação e evolução dos valores iniciais e finais e a percentagem de melhoria, isto é, de redução de tempo.

**Tabela 8:** Melhorias VSM atual - VSM futuro

	VSM atual	VSM futuro	% Melhoria
LEAD TIME (h)	357,83	348,73	3%
TEMPO DE CICLO MS 68.5 (h)	32	<b>24</b>	25%

Com isto, o lead time foi reduzido em aproximadamente 9 horas, o equivalente a 3% do tempo inicial de 357,8 horas. Tendo em consideração o objetivo do caso de estudo, foi também analisada a percentagem de melhoria do tempo de ciclo da *main shell SS*, a atividade mais crítica e relevante na produção do produto final. Assim, os dados revelam uma melhoria considerável de 25% do tempo de ciclo, isto é, uma redução de 32 horas para 24 horas. Considerando os objetivos definidos e descritos no ponto 1.2 é possível concluir que estes foram atingidos, já que o tempo de ciclo de 24 horas foi obtido.



= 282,1 Horas  
 = 66,7 Horas  
 = 348,73 Horas

81% Desperdício

Figura 32: VSM Futuro

## 4. Conclusão

Este último capítulo apresenta a conclusão final deste projeto e contém também as considerações finais e limitações sentidas ao longo da sua realização. Por fim, são também apresentadas algumas propostas de possíveis trabalhos futuros a implementar na organização.

### 4.1. Considerações Finais e Limitações

O mercado está a tornar-se cada vez mais saturado, desta forma, a competitividade entre organizações aumentou bastante ao longo dos anos. Com a finalidade de obter vantagem competitiva, as empresas têm de satisfazer as necessidades dos clientes, isto é, produzir produtos de qualidade, a preços reduzidos e entregues quando o consumidor pretende. Sendo assim, a melhoria contínua e a implementação de metodologias *Lean* visam atingir o objetivo comum de todas as organizações.

O foco principal destas ferramentas é a eliminação de desperdícios, redução de recursos desnecessários e de tempos de produção, isto é, sucintamente, fazer mais com menos. Com esta implementação, as necessidades dos consumidores são correspondidas, visto que, o produto tem maior qualidade e os custos e os tempos de ciclo do processo produtivo são reduzidos. Assim, é expectável que a implementação destas metodologias será benéfica para a obtenção do objetivo fulcral deste projeto, a diminuição do tempo de ciclo da produção de uma pá eólica de 68,5 metros.

Deste modo, foram aplicadas duas ferramentas *Lean* neste caso de estudo, o *Value Stream Mapping* e a Linha Modelo. A utilização e elaboração do VSM facilitou a compreensão do fluxo do processo produtivo, dado que este é muito extenso e complexo. Por outro lado, este auxiliou também no estudo e análise de tempos de ciclo dos diversos processos e na identificação de possíveis fontes de desperdício a eliminar.

Posto isto, foi possível desenvolver melhorias com vista a reduzir estes desperdícios e alcançar o objetivo proposto. Para tal, foi implementada a metodologia linha modelo com o intuito de otimizar o projeto estudado. Com esta ferramenta foi possível identificar várias oportunidades de melhoria no processo e criar planos de ações para posterior aplicação. Desta forma, recorrendo a outras ferramentas foram realizadas algumas melhorias, tais como: a criação de *standards* de *layouts* para obter uma área mais organizada, diminuindo desperdícios associados; a definição de *standards* de *zonings*, para que todos os materiais e máquinas sejam colocadas no local demarcado; a identificação e organização de todas as ferramentas utilizadas na produção; a criação de um

*standard* de medidas e posicionamento de cristos, com o intuito de diminuir custos e recursos e, por fim, a automatização de um documento utilizado regularmente de pedidos realizados à serrallharia. Posteriormente, todas as medidas adotadas durante esta metodologia foram generalizadas e implementadas em todos os projetos da organização.

Após a implementação de todas estas melhorias, o VSM futuro foi elaborado e os dados recolhidos foram analisados e comparados aos obtidos inicialmente. Desta forma, foi possível verificar que o objetivo inicial foi de facto atingido, visto que, o tempo de ciclo foi reduzido em 8 horas, isto é, de 32 horas para 24 horas, uma redução total de 25% do tempo de produção.

Com esta análise não é possível avaliar o impacto real que as medidas implementadas durante a linha modelo tiveram, já que, ocorreu um progresso natural na realização das operações por parte dos colaboradores. Porém, é possível concluir que esta metodologia teve um impacto positivo na organização e influenciou o resultado final.

Mesmo sendo este resultado bastante positivo, ao longo deste projeto foram encontradas algumas limitações, nomeadamente, a dificuldade de recolha de dados fidedignos, uma vez que, os tempos operacionais são muito elevados e existe alguma falta de coerência no registo de dados por parte da produção. Adicionalmente, a resistência à mudança, uma característica habitual do ser humano, foi outra grande restrição encontrada. Todas as medidas realizadas foram encaradas pelos trabalhadores com alguma objeção inicial, porém, com o decorrer do tempo, estes compreenderam os benefícios que estas medidas trouxeram ao processo e, conseqüentemente, ao seu trabalho.

## 4.2. Trabalho Futuro

Após a implementação positiva destas melhorias, é fundamental a continuação do foco na melhoria contínua, dado que, este é um conceito que tem por base a perfeição e a constante evolução. Assim, é sugerida a continuação da padronização do processo, isto é, a generalização das melhorias implementadas durante o projeto a toda a organização e moldes existentes. Deste modo, é também proposta a elaboração regular da estratégia linha modelo, identificando oportunidades de melhoria, ações a implementar e desperdícios a reduzir.

Por outro lado, considerando uma das limitações referidas anteriormente, a dificuldade na recolha de dados concretos, é sugerida a implementação de um sistema de registos mais eficiente, como também a formação e motivação dos colaboradores para realizarem os registos corretamente. Por fim, considerando que este tipo de produção ainda é muito manual, a automação de operações e do processo deveria ser o próximo passo a tomar, visto que, o erro humano é um dos grandes causadores de defeitos no produto.



## Referências

- Art of Lean. (2000). TPS handbooks - Art of lean. Retrieved February 9, 2019, from <http://artoflean.com/index.php/documents/tps-handbooks/>
- Brandon-Jones, A. (2014). Fixed position layout. In *Wiley Encyclopedia of Management*. <https://doi.org/10.1002/9781118785317.weom100228>
- GWEC. (2018). Global wind statistics 2017. Global wind energy council. Retrieved from [http://gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC\\_PRstats2017\\_EN-003\\_FINAL.pdf](http://gwec.net/wp-content/uploads/vip/GWEC_PRstats2017_EN-003_FINAL.pdf)
- Hamel, M. R. (2010). *Kaizen event fieldbook : Foundation, framework, and standard work for effective events*. Society Of Manufacturing Engineers.
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2011). *Staying lean: Thriving, not just surviving*. *Staying Lean*. <https://doi.org/10.1201/b10492>
- Hirano, H. (1995). *5 pillars of the visual workplace : The sourcebook for 5S implementation*.
- Hirano, H. (2009). *JIT implementation manual : The complete guide to just-in-time manufacturing*.
- Imai, M. (2012). *Gemba kaizen : A commonsense approach to a continuous improvement strategy*.
- Jiang, Z., Hu, W., Dong, W., Gao, Z., & Ren, Z. (2017). Structural reliability analysis of wind turbines: A review. *Energies*, 10(12), 2099. <https://doi.org/10.3390/en10122099>
- Johnson, C. (2002). The benefits of PDCA. *Quality Progress*, 35(5), 120. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/6fb24b731a9c0c8bafd90096fd751e76/1?cbl=34671&pq-origsite=gscholar>
- Jones, D., & Womack, J. (2003). *Seing the whole: Mapping the extended value stream*.
- Khojasteh, Y. (2016). Production systems. In *Production Control Systems: A Guide to Enhance Performance of Pull Systems* (pp. 7–24). [https://doi.org/10.1007/978-4-431-55197-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-4-431-55197-3_2)
- King, P. L., & King, J. S. (2015). *Value stream mapping for the process industries: Creating a roadmap for lean transformation*. <https://doi.org/10.1201/b18342>
- Koenigsaecker, G. (2013). *Leading the lean enterprise transformation*. <https://doi.org/10.1360/zd-2013-43-6-1064>
- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. Retrieved from <http://www.leanconstruction.org.uk/media/docs/Koskela-TR72.pdf>
- Kracik, J. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review*, 30(1), 41–


52.

- Lacerda, A. P., Xambre, A. R., & Alvelos, H. M. (2016). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1708–1720.  
<https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055349>
- Liker, J. K. (2003). *The toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer*.
- Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The toyota way fielbook: A practical guide for implementing toyota's 4Ps*. <https://doi.org/10.1036/0071448934>
- Mann, D. (2015). *Creating a lean culture: Tools to sustain lean conversions*.
- Martin, T. D., & Bell, J. T. (2011). *New horizons in standardized work : techniques for manufacturing and business process improvement*.
- Martin, T. D., Bell, J. T., & Martin, S. A. (2017). *The standardized work field guide*.
- Misiurek, B. (2016). *Standardized work with TWI : Eliminating human errors in production and service processes*.
- Monden, Y. (2012). *Toyota production system: An integrated approach to just-in-time*.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Parry, G., & Turner, C. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning & Control*, 17(1), 77–86. <https://doi.org/10.1080/09537280500414991>
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., & Jambekar, A. B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 41(13), 3075–3090.  
<https://doi.org/10.1080/0020754021000049817>
- Ragheb, M. (2014). Components of wind machines.
- Rohac, T., & Januska, M. (2015). Value stream mapping demonstration on real case study. *Procedia Engineering*, 100, 520–529. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2015.01.399>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to see : value stream mapping to create value and eliminate muda*.

- Sayer, N. J., & Williams, B. (2007). *Lean for dummies*.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2018). *Operations management*.
- Sobek, D. K., & Smalley, A. (2008). *Understanding A3 thinking : A critical component of Toyota's PDCA management system*.
- Tezel, B., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/id/eprint/10883/>
- Willis, D. (2016). *Process implementation through 5S : Laying the foundation for lean*.
- Womack, J. (2011). *Gemba walks*.
- Womack, J. P. (2018). Rethinking the model line. Retrieved February 10, 2019, from <https://www.lean.org/LeanPost/Posting.cfm?LeanPostId=878>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean thinking : banish waste and create wealth in your corporation*.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Ross, D. (1990). *The machine that changed the world*.


# Anexos

## Anexo A – Exemplo de plano de ações

		<b>Plano de Ações MS1 RE59.8</b>							<b>Atualização</b> <i>Update</i>	
Nº	Data <i>Date</i>	<b>AÇÕES</b> <i>Actions</i>						Eficácia <i>effectiveness</i>	Resp. <i>Resp.</i>	Data <i>Date</i>
		Nº	Descrição <i>Description</i>	Tipo <i>Type</i>	Resp. <i>Resp.</i>	Prazo <i>Target date</i>	Fecho <i>Implementation date</i>			
1	27-11-2018	1	Standard de pinos (alterar suporte fitas)	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	29-11-2018	100%		
2	27-11-2018	2	Reparar barra	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	29-11-2018	100%		
3	27-11-2018	3	Substituir identificações	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	29-11-2018	100%		
4	27-11-2018	4	Identificar Bomba para substituir bomba de vácuo PS	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	27-11-2018	100%		
5	27-11-2018	5	Definir Layout Zonings	Correção	Melhoria Contínua	Sw 50	13-12-2018	100%		
6	27-11-2018	6	Colocar e identificar raquetes nos 4 pontos Molde	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	29-11-2018	100%		
7	27-11-2018	7	Colocar barra e pintar de amarelo	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	29-11-2018	100%		
8	27-11-2018	8	Identificações com foto de distanciadores	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	30-11-2018	100%		
9	27-11-2018	9	Identificações de esticadores	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	29-11-2018	100%		
10	27-11-2018	10	Identificações cristos	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	27-11-2018	100%		
11	27-11-2018	11	Definir standard de comunicação em molde	Correção	Melhoria Contínua	Sw 48	30-11-2018	100%		
12	27-11-2018	12	Pintar distanciadores	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	29-11-2018	100%		
13	27-11-2018	13	Identificar moldes com necessidade de suporte na lateral de Continuous Mat	Correção	Melhoria Contínua	Sw 48	29-11-2018	100%		
14	27-11-2018	14	Mudar Caixa do Gabary para Tip	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	29-11-2018	100%		
15	27-11-2018	15	Pintar barra em amarelo	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	27-11-2018	100%		
16	27-11-2018	16	Colocar bomba de vácuo sem depósito	Correção	Manutenção	Sw 49	03-12-2018	100%		
17	27-11-2018	17	Distanciadores mais perto possível de zona de aplicação	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	29-11-2018	100%		
18	27-11-2018	18	Retirar ferros	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	28-11-2018	100%		
19	27-11-2018	19	Expolir e pintar esticador	Correção	Supervisor/ Lider GAT	Sw 48	27-11-2018	100%		

Anexo B – Exemplo de *layout*

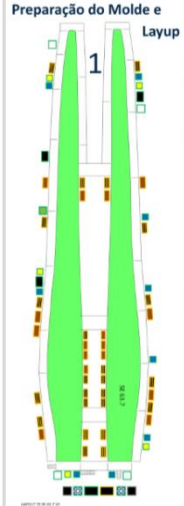
## LAYOUT 5S



**SENVION** BLADES  
We make wind perform.

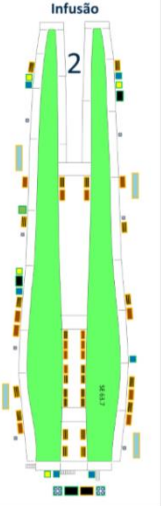
Preparação do Molde e Layup

1



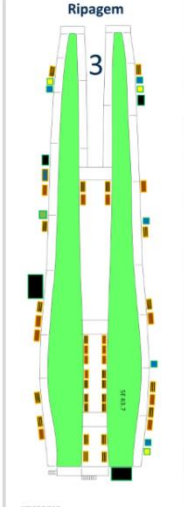
Infusão

2



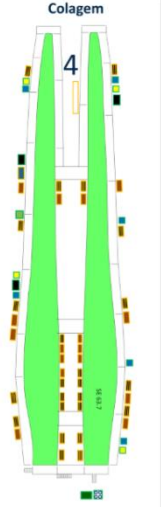
Ripagem

3



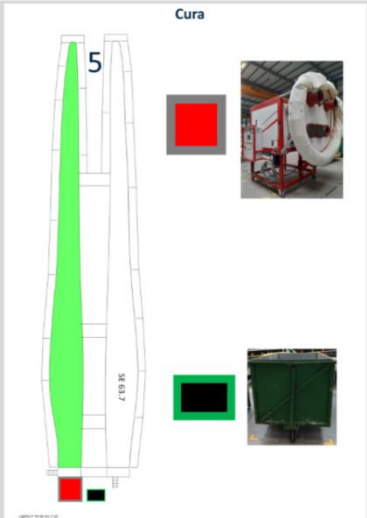
Colagem

4



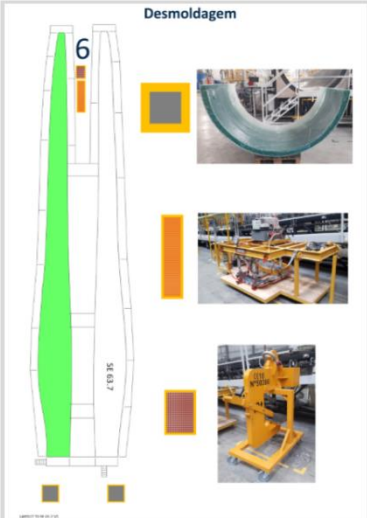
Cura

5




Desmoldagem

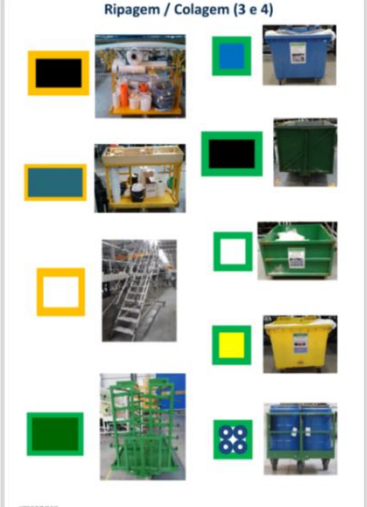
6



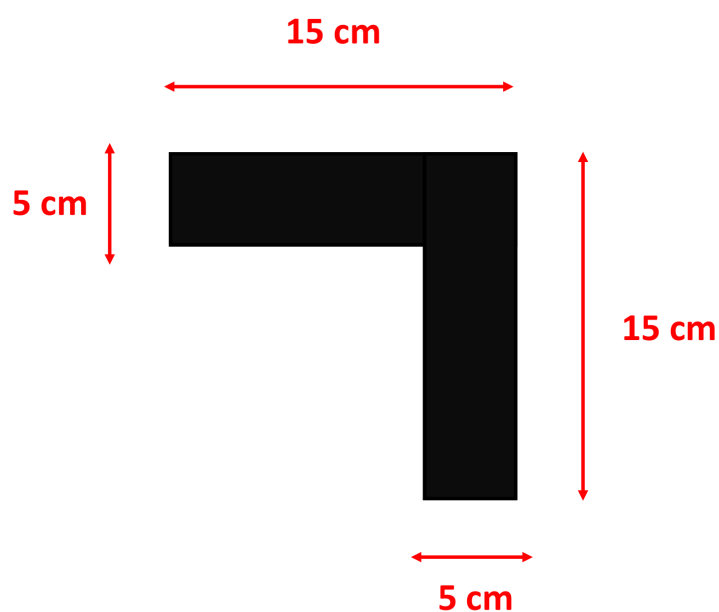
Preparação do Molde/ Layup / Infusão (1 e 2)



Ripagem / Colagem (3 e 4)




## MEDIDAS:



- Cotas dos Zonings devem ser feitas tendo em conta as linhas do chão
- Zonings devem estar bem alinhados
- Zonings definitivos devem ser feitos a tinta




Anexo D – *Standard* identificação de carros de fibra

	<b>IDENTIFICAÇÃO DE ÁREA</b>
<b>MAIN SHELL REXX.X FIBRA</b>	
<b>CARRO X - SS ZXX XE</b>	
Serviço : Logística Responsável : Supervisor	

SQ159.01

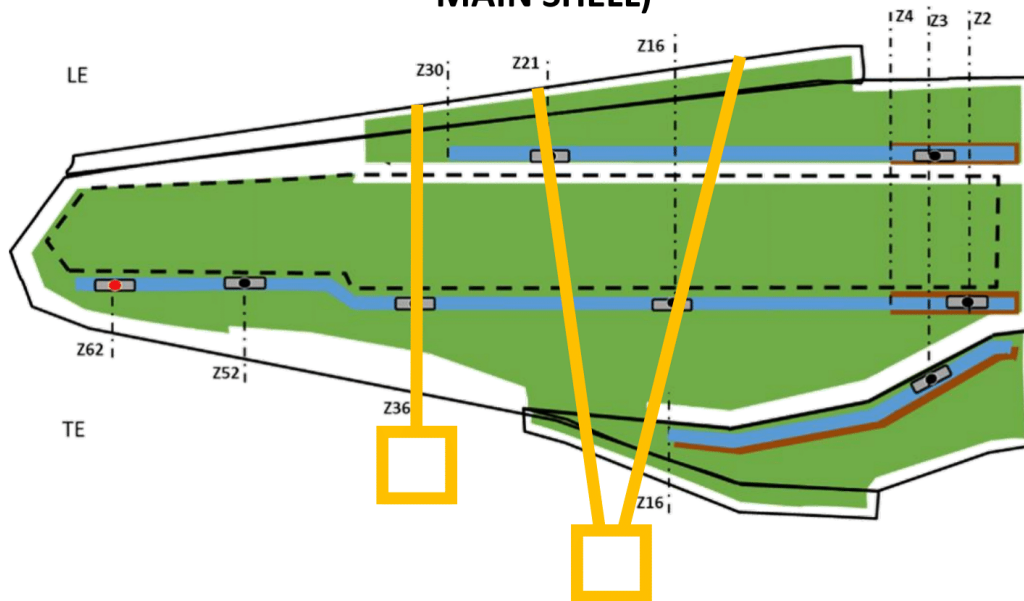



**STANDARD CRISTOS e BIDÕES (GIRDERS, WEBS, TEGS, MAIN SHELL)**

CRISTOS	STANDARD	EXEMPLO VISUAL
<p><b>CRISTOS APLICADOS NO MOLDE</b> (GIRDERS, WEBS,TEGS, MAIN SHELL)</p>	<p><b>45 cm desde a Superfície do Molde *</b></p>	
<p><b>CRISTOS APLICADOS NOS PASSADIÇOS</b> (GIRDERS, WEBS,TEGS, MAIN SHELL)</p>	<p><b>190 cm desde passadiço *</b></p>	
<p><b>CRISTOS APLICADOS NO MOLDE e BIDÃO NO PASSADIÇO</b> (GIRDERS, WEBS,TEGS)</p>	<p><b>45 cm desde a Superfície do Molde e Bidão colocado no passadiço*</b></p>	

\* Qualquer exceção tem de ser validada pela Melhoria Contínua

**STANDARD CRISTOS e BIDÕES (GIRDERS, WEBS, TEGS, MAIN SHELL)**



CASOS	STANDARD	EXEMPLO VISUAL
<b>1 BIDÃO PARA UMA ENTRADA DE RESINA</b>	Bidão colocado na mesma cota da entrada de resina ( <b>mangueira em linha reta</b> )	
<b>1 BIDÃO PARA MAIS QUE UMA ENTRADA DE RESINA</b>	Bidão colocado na cota central das entradas de resina ( <b>mangueiras em linha reta e na diagonal</b> )	

STANDARD CRISTOS e BIDÕES - GIRDERS, WEBS, TEGS, MAIN SHELL V1

## Anexo G – Documento de trabalhos para serralharia



### TRABALHOS PARA SERRALHARIA

N.º Pedido: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Pedido por: \_\_\_\_\_ G.A.T.: \_\_\_\_\_

Autorizado por: \_\_\_\_\_ Centro Custo: \_\_\_\_\_

Equipamento Nº: \_\_\_\_\_ (SAP) \_\_\_\_\_

Descrição: \_\_\_\_\_

A preencher pelo serviço de Manutenção

Nº Colaborador ou Nome	Tempo dos trabalhos	Data de Realização	Lançamento SAP

Materiais

Lançamento SAP	Numero SAP	Quantidade

Lançamento SAP	Outros Materiais- Descrição	Quantidade

Causa/ motivo da avaria/ necessidade de intervenção: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Nível de Urgência:

1º



Segurança

2º



Qualidade

3º



Normal

Aprovado por: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nota: Se necessário fazer esboço do pedido de trabalho, nas traseiras da folha.