



APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ERGOSAFECI NUMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIOS

GONÇALO MIGUEL CAPELA PIRES

setembro de 2021

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ERGOSAFECI NUMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIOS

Gonçalo Miguel Capela Pires
1161141

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ERGOSAFECI NUMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIOS

Gonçalo Miguel Capela Pires
1161141

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação da Doutora Marlene Ferreira de Brito.

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Orientador

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Coorientador

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Arguente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero manifestar o meu reconhecimento muito especial à minha orientadora, Professora Doutora Marlene Brito, pela disponibilidade, apoio, sugestões e todas as críticas construtivas, que permitiram concluir esta dissertação de mestrado com sucesso.

Em segundo lugar, ao meu coorientador, o Engenheiro Baptista Pires, por me ter ajudado a implementar o projeto na sua empresa e por todo o tempo e apoio que me forneceu ao longo deste projeto.

A todos os que de algum modo me acompanharam, neste trajeto da minha vida, e que tive o privilégio de me cruzar, a minha consideração e o meu sincero obrigado!

Os meus agradecimentos finais são para a minha família e amigos, pelo seu apoio, compreensão, e me terem acompanhado sempre, acreditando em mim e nas minhas capacidades.

PALAVRAS-CHAVE

ERGOSAFECI; LEAN; ERGONOMIA; SAÚDE E SEGURANÇA; AVALIAÇÃO DE POSTOS DE TRABALHO

RESUMO

Esta dissertação foi realizada no âmbito da conclusão do Mestrado em Engenharia Mecânica – Ramo Gestão Industrial e foi desenvolvida numa empresa de fundição de alumínio por gravidade.

A presente dissertação tem como objetivo testar a ferramenta de avaliação de postos de trabalho, ErgoSafeCI, na área da melhoria contínua, considerando os aspetos Ergonómicos e de Saúde e Segurança nos processos produtivos de uma empresa de fundição em alumínio. Fez-se a abordagem da temática da filosofia *Lean* e dos conceitos Ergonomia, Saúde e Segurança e avaliação dos postos de trabalho, assim como das ferramentas e metodologias associadas a esta filosofia, que as empresas têm ao seu dispor para uma gestão mais eficiente, visando ganhos de produtividade pela via da eliminação de desperdícios.

A metodologia escolhida para este trabalho trata-se de investigação-ação na empresa FAB – Fundição de alumínio de Braga, sediada no Parque Industrial Sobreposta, em Braga, que produz componentes em alumínio através dos processos de fundição por gravidade e maquinação. A atividade da empresa abrange toda a cadeia logística e produtiva, através de soluções integradas, assim como soluções de logística interna e de abastecimento das linhas de produção.

Assim, foi realizada uma análise e melhoria da ferramenta, de forma a adaptá-la à empresa, sendo de seguida aplicada na área de produção da empresa. Após a análise dos resultados, foram desenhadas propostas de melhoria para as áreas mais críticas detetadas através da ferramenta, que depois de implementadas, foram novamente reavaliadas de forma a se conseguir perceber os ganhos e se a ferramenta ErgoSafeCI é ou não um bom apoio na implementação da melhoria contínua.

No caso em análise, foi possível reconhecer o impacto positivo das técnicas *lean* sobre a produtividade e eficiência. Os resultados obtidos não só demonstraram uma diminuição de riscos para o operador como também uma melhoria do processo e de eficiência do mesmo.

KEYWORDS

ERGOSAFECI; LEAN; ERGONOMICS; HEALTH AND SAFETY; JOB EVALUATION

ABSTRACT

This dissertation was carried out as part of the completion of the Master's in Mechanical Engineering - Industrial Management Branch and was developed in a gravity aluminum casting company.

This dissertation aims to test the job evaluation tool, ErgoSafeCI, in the area of continuous improvement, considering the Ergonomic and Health and Safety aspects in the production processes of an aluminum foundry company. The theme of lean philosophy and the concepts of ergonomics, health and safety and job evaluation were addressed, as well as the tools and methodologies associated with this philosophy, which companies have at their disposal for a more efficient management, board member productivity gains through the elimination of waste.

The methodology chosen for this work is an action-research at the company FAB - Braga Aluminum Foundry, headquartered in the Sobrepasta Industrial Park, in Braga, which produces aluminum components through the processes of gravity casting and machining. The company's activity covers the entire logistics and production chain, through integrated solutions, as well as internal logistics solutions for supplying production lines.

Thus, an analysis of the tool was carried out, in order to adapt it to the company, and it was applied in the company's production area. Afterwards, look and implemented as improvements in the most critical areas detected through this tool and second analysis of the jobs was carried out. In the case under analysis, it was possible to recognize the positive impact of lean techniques on productivity and efficiency. The results obtained not only demonstrated a reduction in risks for the operator, but also an improvement in the process and its efficiency.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

CAD	Computer-aided Design
CAM	Computer-aided Manufacturing
CLT	Comunidade Lean Thinking
CNC	Computer numerical control
CRM	Customer Relationship Management
ERP	Enterprise resource planning
FAB	Fundição de Alumínios de Braga
HST	Higiene e segurança no trabalho
IA	Investigação-Ação
IGAS	Inspeção-Geral das Atividades em Saúde
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ISO	International Organization for Standardization
KPI	Key Performance Indicator
LM	Lean Manufacturing
LMERT	Lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OP	Ordem de Produção
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PDCA	Plan Do Check Act
PT	Postos de trabalho

Lista de Unidades

Centímetro	cm
Gramas	g
Iluminância	Lux
Metro quadrado	m^2
Potência	W
Quilogramas	Kg

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA REPRESENTATIVO DAS FASES DO PLANO DE INVESTIGAÇÃO	27
FIGURA 2 - ORGANOGRAMA FAB.	28
FIGURA 3 - POSTO DE TRABALHO NO SUBPROCESSOS DE EXECUÇÃO DE MOLDAÇÕES E MACHOS EM AREIA.	30
FIGURA 4 - POSTO DE TRABALHO NO SUBPROCESSO DE ACABAMENTOS	31
FIGURA 5 - POSTO DE TRABALHO NO SUBPROCESSO DE MAQUINAÇÃO.	31
FIGURA 6 - OS SETE PRINCÍPIOS LEAN THINKING (ADAPTADO DE CLT, 2014)	38
FIGURA 7 - PROCESSO DA FERRAMENTA ERGOSAFECI DE ACORDO COM A METODOLOGIA	52
FIGURA 8 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS PELA FERRAMENTA ERGOSAFECI	58
FIGURA 9 - INTERFACE DA APLICAÇÃO ERGOSAFECI.	65
FIGURA 10 - GRÁFICO RADIAL DO SUBPROCESSO DE MOLDAÇÃO.	70
FIGURA 11 - GRÁFICO RADIAL DO SUBPROCESSO DE ACABAMENTOS	71
FIGURA 12 - GRÁFICO RADIAL REFERENTE AO SUBPROCESSO DE MAQUINAÇÃO	73
FIGURA 13 - GRUPOS MUSCULARES CONSIDERADOS	77
FIGURA 14 - LÂMPADA PHILLIPS LUMILEDS 150.	79
FIGURA 15 - 2º GRÁFICO RADIAL DO SUBPROCESSO DE ACABAMENTOS	80
FIGURA 16 - PREVISÃO DO GRÁFICO RADIAL DO SUBPROCESSO DE ACABAMENTOS	81

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE A ORGANIZAÇÃO TRADICIONAL E ORGANIZAÇÃO <i>LEAN</i>	36
TABELA 2 - MULTIPLICADOR DE FREQUÊNCIA	45
TABELA 3 - DEFINIÇÃO DA QUALIDADE DA PEGA	45
TABELA 4 - MULTIPLICADOR DE PEGA	45
TABELA 5 - INDICADOR PERFORMANCE / EFICIÊNCIA	53
TABELA 6 - INDICADOR MELHORIA CONTÍNUA	54
TABELA 7 - INDICADOR HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO	54
TABELA 8 - INDICADOR STANDARDS E GESTÃO VISUAL	55
TABELA 9 - INDICADOR OPERAÇÃO E PROCESSO	55
TABELA 10 - INDICADOR DE FLUXO DE MATERIAL E PRODUTO	56
TABELA 11 - INDICADOR ZERO DEFEITOS	56
TABELA 12 - INDICADOR ERGONOMIA FÍSICA	57
TABELA 13 - INDICADOR DE ERGONOMIA ORGANIZACIONAL E COGNITIVA	57
TABELA 14 - INDICADOR DISCIPLINA / SUSTENTABILIDADE	58
TABELA 15 - INDICADOR DE EFICIÊNCIA ADAPTADO	59
TABELA 16 - INDICADOR DE MELHORIA CONTÍNUA ADAPTADO	60
TABELA 17 - INDICADOR DE HIGIENE E SEGURANÇA NO TRABALHO ADAPTADA	60
TABELA 18 - INDICADOR DE STANDARDS E GESTÃO VISUAL ADAPTADO	61
TABELA 19 - INDICADOR OPERAÇÃO E PROCESSO ADAPTADO	61
TABELA 20 - INDICADOR FLUXO DE MATERIAL E PRODUTO ADAPTADO	62
TABELA 21 - INDICADOR ZERO DEFEITOS ADAPTADOS	62
TABELA 22 - INDICADOR ERGONOMIA ORGANIZACIONAL E COGNITIVA ADAPTADO	63
TABELA 23 - TABELA RESUMO COM AS ALTERAÇÕES	63
TABELA 24 - OEE DE CADA SUBPROCESSO EM ANÁLISE.	69
TABELA 25 - PROBLEMAS E PROPOSTAS DE MELHORIA PARA O SUBPROCESSO DE MOLDAÇÃO	70
TABELA 27 - PROBLEMAS E SUGESTÕES DE MELHORIA PARA O SUBPROCESSO DE ACABAMENTOS	72
TABELA 28 - PROBLEMAS E SUGESTÕES DE MELHORIA PARA O SUBPROCESSO DE MAQUINAÇÃO	73
TABELA 29 - TABELAS AUXILIARES DINÂMICA DE TODOS OS SUBPROCESSOS.	74
TABELA 30 - QUADRO RESUMO COM SUGESTÕES DE MELHORIA.	75
TABELA 31 - DESCRIÇÃO DAS TAREFAS NO SUBPROCESSO DE ACABAMENTOS E GRUPOS MUSCULARES ENVOLVIDOS	77
TABELA 32 - PLANO DE TRABALHO PARA O SUBPROCESSO DE ACABAMENTOS.	78
TABELA 33 - MEDIÇÕES DA ILUMINÂNCIA NO SUBPROCESSO DE ACABAMENTOS	78
TABELA 34 - VARIAÇÕES DE RESULTADOS ENTRE A 1ª E 2ª AVALIAÇÃO AOS PT	80
TABELA 35 - PREVISÃO DAS VARIAÇÕES PARA UMA 3ª AVALIAÇÃO AO SUBPROCESSO DE ACABAMENTOS.	81
TABELA 36 - PREVISÃO DAS VARIAÇÕES PARA UMA 3ª AVALIAÇÃO AO SUBPROCESSO DE MAQUINAÇÃO.	82

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	23
1.1	Enquadramento e pertinência.....	23
1.2	Objetivo de investigação	25
1.3	Opções metodológicas	26
1.4	Estudo de caso numa empresa de fundição de alumínio.....	27
1.4.1	Apresentação da empresa	27
1.4.2	Processos e recursos.....	28
1.4.3	Processos/subprocessos analisados	30
1.5	Estrutura do trabalho	32
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
2.1	Lean Manufacturing	35
2.1.1	Princípios da filosofia Lean	36
2.1.2	Ferramentas Lean	38
2.1.2.1	5S	38
2.1.2.2	Gestão Visual	39
2.1.2.3	SMED.....	39
2.1.2.4	VSM.....	39
2.1.2.5	Standard Work.....	39
2.1.2.6	TPM.....	40
2.2	Ergonomia.....	40
2.3	Saúde e Segurança.....	41
2.4	Indicadores de Desempenho.....	42
2.4.1	Lead Time.....	42
2.4.2	OEE.....	43
2.4.3	Mean Time to Repair (MTTR), Mean Time Between Failures (MTBF) e Mean Time to Failure (MTTF)	43
2.4.4	Equação de NIOSH'91	44

2.5	Relação entre Lean, Ergonomia, Indicadores de desempenho e Segurança	46
3	DESENVOLVIMENTO	51
3.1	Metodologia aplicada	51
3.2	Apresentação da ferramenta	53
3.3	Melhorias e adaptações da ferramenta	59
3.3.1	Modificações ao questionário	59
3.3.2	Desenvolvimento de uma aplicação	64
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	69
4.1	Apresentação e discussão de resultados.....	69
4.1.1	Subprocesso de Moldação	69
4.1.2	Subprocesso de Acabamentos	71
4.1.3	Subprocesso de Maquinação	72
4.2	Propostas de melhoria implementadas	77
4.2.1	Análise da implementação da proposta 2	77
4.2.2	Análise da implementação da proposta 4	78
4.2.3	Análise da implementação da proposta 6	79
4.2.4	Análise da implementação da proposta 5	80
4.2.5	Análise da implementação da proposta 7	81
5	CONCLUSÕES.....	85
5.1	Conclusões Finais.....	85
5.2	Limitações do estudo.....	86
5.3	Propostas de trabalhos futuros	86
6	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	91
7	ANEXOS.....	99
7.1	Anexo 1 – Questionário original	99
7.2	Anexo 2 – Questionário final	101

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e pertinência

1.2 Objetivo de investigação

1.3 Opções metodológicas

1.4 Estudo de caso numa empresa de fundição de alumínios

1.5 Estrutura do trabalho

1 INTRODUÇÃO

A presente dissertação está enquadrada no âmbito do 2º ano do Mestrado de Engenharia Mecânica no ramo da Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Neste capítulo irei apresentar o enquadramento, pertinência do tema, definição dos objetivos, descrição das opções metodológicas, apresentação da empresa, bem como a estrutura do trabalho.

A temática de investigação selecionada, “Aplicação da Ferramenta ErgoSafeCI numa Empresa de Fundação de Alumínios”, prende-se com a sua perceção e a identificação da importância da metodologia *Lean Manufacturing*. Esta ferramenta tem como objetivo a implementação e monitorização da melhoria contínua, apoiando a gestão de topo a manter a competitividade e a melhorar a eficiência do sistema de produção (Zahraee, 2016).

Definidos os objetivos e a metodologia do trabalho, fez-se uma apresentação da empresa, seguindo-se um estudo de revisão bibliográfica que serviu de suporte para o trabalho desenvolvido. O primeiro passo foi a realização de uma revisão bibliográfica sobre a temática seguida de uma análise crítica e melhoria da ferramenta de uma forma interativa. Após a sua melhoria, foi aplicada nos postos de trabalho, de onde foram retirados resultados, que fizeram emergir propostas de melhoria para os diferentes indicadores. Depois de implementadas, os postos de trabalho foram novamente analisados utilizando a ErgoSafeCI e posteriormente foram retiradas conclusões se a ErgoSafeCI é ou não um bom apoio na implementação e monitorização da melhoria contínua.

1.1 Enquadramento e pertinência

Na atualidade, os mercados encontram-se cada vez mais competitivos, levando as empresas à procura de inovação e de novas ideias, de forma a sobressair no mundo empresarial. É nesta complexidade do mundo global, na incerteza e delicadeza da conjuntura que atravessamos, desencadeada pela pandemia COVID-19, que persiste por parte das empresas o desafio, a capacidade de adaptação, a modernização e a inovação. Neste contexto internacional, a qualidade com que as organizações desenham, desenvolvem, testam, lançam e acompanham os seus produtos e serviços é determinante para o seu êxito e sobrevivência.

Segundo Karim & Arif-Uz-Zaman (2013), a concorrência global é cada vez mais intensa, com rápidas mudanças na tecnologia de fabrico e de informação, com clientes mais exigentes. As empresas têm de otimizar os seus processos de fabrico, bem como todas

as operações logísticas e de fornecimento de cadeias que lhes permitam a entrega de produtos de alta qualidade, num curto período de tempo.

O sucesso de uma empresa depende de múltiplos fatores como: a cultura organizacional, a concorrência, o alinhamento ou mesmo integração em “cadeias de valor” competitivas, a disponibilidade dos mercados para a adoção dos seus produtos e, essencialmente, a estratégia de inovação e melhoria implementada. Também Chauhan e Singh (2012) referem que, as organizações ao introduzirem alterações de melhoria de produtividade e redução de custos devem recorrer à aplicação do *Lean Manufacturing* (LM).

O sistema de produção *Lean*, difundido em todo o mundo, mostrou a capacidade de melhoria constante nas linhas de produção e em diversos ambientes, dentro das indústrias e empresas de diversos setores. Mostrou também a capacidade de algumas fragilidades, que podem ser usadas para o próprio desenvolvimento e melhoria do ambiente organizacional (Womack & Jones, 1990). Sendo assim, a ideia principal do pensamento *Lean* é ser altamente sensível às necessidades dos clientes e à redução do desperdício (Bhamu & Sangwan, 2014).

Algumas empresas concentram-se no processo de melhoria contínua através de ferramentas *Lean*, essencialmente no que se refere à criação de um fluxo de valor. No entanto, é necessário ter uma metodologia de intervenção focada na correta aplicação desses conceitos, sob a premissa de obter bons resultados, sem descurar o fator humano (García-Alcaraz et al., 2014). Também, garantir condições de trabalho seguras é um fator crucial para o rendimento dos trabalhadores. Este fator é apontado na descrição de uma indústria sustentável, mas poucas empresas desenvolvem esta estratégia dentro dos seus planos de sustentabilidade (Alayón et al., 2017).

Para Yusup et al. (2016), a intervenção ergonômica pode ser usada como uma ferramenta na redução do desperdício de movimento, através da identificação de fatores de riscos ergonômicos durante o trabalho. Os movimentos de desperdício em ergonomia, como a flexão e más posturas, podem ter um impacto negativo, não apenas na segurança e na saúde dos trabalhadores, mas também na produtividade e eficiência. Galante (2014) afirma que a ergonomia tem o potencial de diminuir o *lead time* e aumentar o rendimento, removendo o desperdício de movimentos e atividades não produtivas.

A realização de auditorias é defendida por Bhasin (2011), pois estas permitem que uma organização reconheça as melhorias alcançadas, se desenvolva a um ritmo regular e que envolva a gestão de forma previsível e com responsabilidade. Estas mantêm os colaboradores e chefias cientes dos problemas que devem abordar, envolvendo todos no processo de melhoria e criando entusiasmo na cultura *lean*.

Pedrosa (2014) refere que a auditoria tem como objetivo a análise e avaliação de um conjunto de operações, de forma a averiguar se estas estão dentro dos parâmetros previamente estabelecidos, detetando as falhas e lançando as ações corretivas. Como também disse Peter Drucker, “*Se não se pode medir, não se pode melhorar*”. Assim, para o sucesso de uma implementação *lean*, a realização de auditorias e avaliações *lean* de forma frequente torna-se fulcral.

As empresas para obterem lucros necessitam de se reestruturarem, verificar e analisar os seus processos de produção e conseguir identificar oportunidades de melhorias que tornem possível o aumento da produtividade e a eliminação de desperdícios, levando à flexibilidade frente às constantes mudanças impostas por clientes e pelos mercados atuais, cada vez mais exigentes. Uma empresa deve conseguir adaptar o processo produtivo que melhor se adequa à sua cultura organizacional (Womack & Jones, 1990). No entanto, embora a produção *Lean* seja amplamente divulgada como um modelo que oferece, geralmente, impactos positivos para as empresas que as implementam, são também apontados por alguns autores, impactos negativos na sua execução. Os impactos positivos e negativos ocorrem simultaneamente. Segundo os autores Saurin e Ferreira (2009) a identificação de possíveis impactos positivos e negativos está relacionada com a implementação deste sistema, dependente do contexto, bem como do tipo de mudança de produção observada no momento de implementação. Os problemas que vão surgindo são essencialmente relacionados com os aspetos ergonômicos, tais como, o possível aumento dos fatores de risco relacionados com o aumento do ritmo de trabalho, levando a conhecidas doenças profissionais, sendo que estas representam uma das principais preocupações em matéria de segurança e saúde no trabalho.

1.2 Objetivo de investigação

Partindo dos conceitos de *Lean Manufacturing* e sua aplicabilidade, considerando as condições de ergonomia, saúde e segurança, pretende-se analisar as mudanças e as vantagens ao ser aplicada esta filosofia de gestão como caminho de crescimento e aumento da competitividade numa empresa de fundição de alumínio.

As empresas que já adotaram esta filosofia alcançaram mudanças, e foram capazes de responder com eficiência e rapidez aos grandes desafios do mercado, conseguindo criar flexibilidade, rapidez e qualidade no que é produzido e obtiveram grandes vantagens competitivas no mercado em que estão inseridas. Segundo Pinto (2009), o pensamento *lean* é uma abordagem inovadora às práticas de gestão, orientando a sua ação para a eliminação gradual das fontes de desperdício, através de abordagens e procedimentos simples, procurando a perfeição dos processos, sustentada numa atitude de permanente insatisfação e de melhoria contínua, e fazendo do tempo uma arma competitiva. O pensamento *lean* torna mais competitivas as organizações e tudo começa pelo envolvimento dos colaboradores e da redução de desperdícios.

Assim, a utilização de uma ferramenta de avaliação de postos de trabalho, neste caso a utilização da ErgoSafeCI, que incluía fatores ergonômicos e de HST, que junto das ferramentas *lean*, podem criar desempenhos melhores, tanto por parte dos colaboradores como por parte dos processos produtivos.

Neste âmbito formulamos a seguinte pergunta de partida para a investigação:

“Será a ErgoSafeCI uma boa ferramenta de apoio à decisão, e ajuda na implementação da melhoria contínua, nos processos produtivos de uma empresa de fundição de alumínio?”

Após a formulação da pergunta de investigação, definimos os objetivos que serão os eixos centrais e as linhas orientadoras da investigação.

1. Analisar detalhadamente a ferramenta, incluindo uma revisão bibliográfica de forma a melhorar a mesma;
2. Aplicar a ferramenta melhorada a três postos de trabalho de três processos distintos;
3. Implementar ações de melhorias nas áreas mais críticas identificadas pela ferramenta;
4. Reavaliar os postos de trabalho após a implementação de melhorias com a ferramenta ErgoSafeCI;
5. Concluir a utilidade da ferramenta ErgoSafeCI e se esta foi ou não um bom apoio à decisão e ajuda na implementação da melhoria contínua.

1.3 Opções metodológicas

No âmbito desta dissertação, realizou-se uma investigação-ação como estratégia de investigação.

Neste sentido foi escolhido para este projeto uma empresa de Fundição de Alumínios, sediada no Parque Industrial Sobreposta, em Braga, que produz componentes em alumínio através do processo de fabrico de fundição e maquinaria. A atividade da empresa abrange toda a cadeia de produção e de logística através de soluções integradas, assim como soluções de logística interna e de abastecimento a linhas de montagem.

A metodologia escolhida foi a Investigação-Ação pois, segundo Latorre (2003) , esta metodologia define-se como um estudo de uma situação social que tem como objetivo melhorar a qualidade de ação dentro da mesma, mas também uma intervenção na prática profissional com a intenção de proporcionar uma melhoria. Esta metodologia foi utilizada pois, permite agir enquanto ator neste processo, conseguindo investigar o impacto das melhorias e gerir o conhecimento com base nas mesmas.

Segundo Fisher e R. Torbert, (1995), a principal preocupação desta metodologia é a imparcialidade do investigador participante. De forma a conseguir maior objetividade e consistência, recomenda-se que o investigador esteja envolvido ativamente com os participantes do estudo, de forma a conseguir determinar as suas visões e perspetivas e definir explicitamente o objetivo do projeto (Fisher & R. Torbert, 1995).

Numa primeira fase, em contexto de investigação, foi feita uma análise inicial da ferramenta lean e aplicadas alterações que seriam executadas. Após esta análise, foi feito um levantamento e diagnóstico de pontos críticos que afetavam a eficiência e eficácia em três postos de trabalho. Nas fases seguintes, foram identificados os problemas e procedeu-se à implementação das melhorias propostas. À medida que

estas foram sendo implementadas, foram também avaliados os seus resultados e comparados entre as situações iniciais e finais, de forma a conseguir interpretar os ganhos alcançados pelas melhorias propostas. Posteriormente, foram sugeridas, apresentadas e implementadas melhorias nas áreas mais críticas detetadas pela ferramenta.

A utilização desta metodologia permitiu fazer uma divisão em seis fases este projeto:

- Diagnóstico da situação inicial;
- Planeamento das ações a desenvolver;
- Implementação das sugestões de melhoria;
- Avaliação dessas melhorias;
- Conclusão sobre os ganhos e resultados obtidos com a ferramenta aplicada;
- Sugestões de melhoria.

É possível analisar as seis fases deste projeto na figura 1.



Figura 1 - Esquema representativo das fases do plano de investigação

1.4 Estudo de caso numa empresa de fundição de alumínio

1.4.1 Apresentação da empresa

A empresa FAB - Fundição de Alumínios de Braga, Lda sediada em Braga, é especializada em fundição e maquinaria de peças em alumínio de 20g a 400kg, utilizando métodos de fundição e vazamento por gravidade em moldação em areia auto secativa e coquilha.

Em 2017, foi iniciado este projeto, inserido no programa Portugal 2020 para a inovação produtiva, centrando-se na modernização dos equipamentos, introdução de inovações

tecnológicas, controlo de qualidade e gestão de produção. Este é liderado por dois engenheiros metalúrgicos e um economista, todos com uma sólida experiência nas principais áreas funcionais da organização: comercial, engenharia, produção, manutenção, qualidade, meio ambiente, segurança e financeiro.

No nível médio de gestão, possui engenheiros (metalúrgicos e mecânicos) que garantem a realização da gestão comercial, do desenvolvimento dos projetos, do planeamento, vCAD, da gestão e controlo da qualidade, gestão e operacionalização da produção e expedição. Na área administrativa, cobrindo as tarefas administrativas que alimentam o normal funcionamento (compras, gestão de ERP, armazém e faturamento), têm trabalhadores formados na área de gestão. As áreas como recursos humanos, contabilidade e financeira são asseguradas a nível corporativo. Atualmente a empresa é composta por cerca de cinquenta colaboradores, integrando trabalhadores qualificados e experientes ao longo de toda a organização, contando com uma área fabril de 7000m². É possível analisar o organograma da FAB na figura 2.

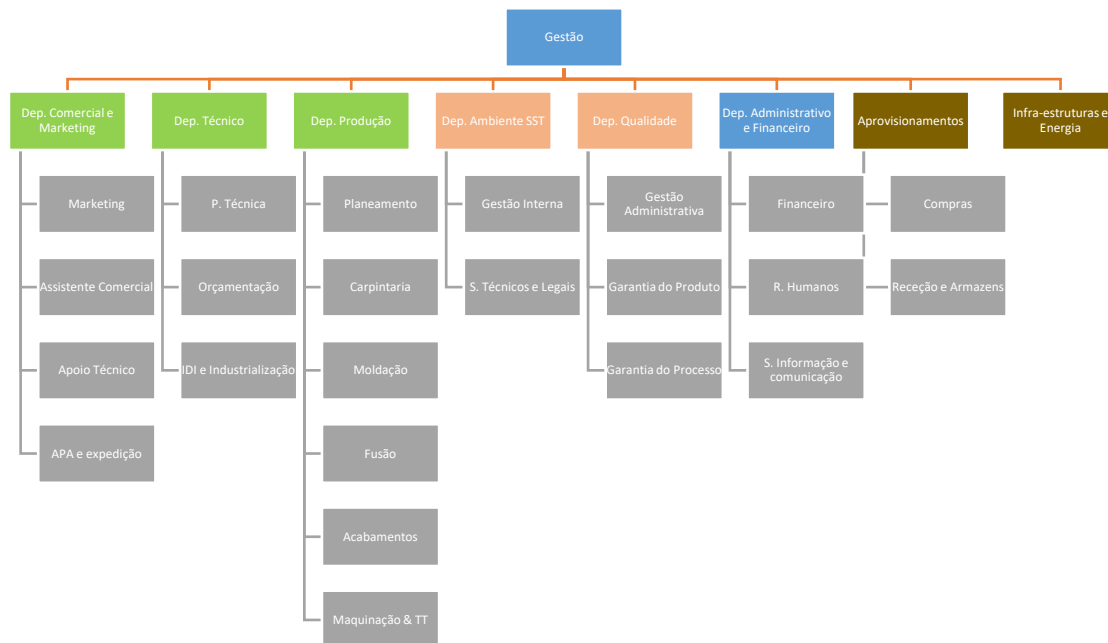


Figura 2 - Organograma FAB.

1.4.2 Processos e recursos

A atividade da FAB consiste em desenvolver, produzir e comercializar componentes em alumínio fundido para a indústria em geral e moldes para fundição por gravidade. Para o desenvolvimento e produção de produtos com eficácia e qualidade reconhecida pelo mercado, a empresa dispõe de um conjunto variado de recursos, processos e organização que lhe permite garantir a certificação de acordo com a norma ISO 9001:2015.

As peças produzidas em alumínio são de elevada qualidade, fabricadas de forma ambientalmente responsável, garantido a satisfação dos clientes, a criação de valor e a

sustentabilidade do negócio. A empresa destaca-se na área de fundição por ter um ciclo completo, desde a otimização do desenho, prototipagem e produção de moldes até ao acabamento superficial das peças, passando pelos processos de fundição, tratamento térmico e maquinação. Nestas atividades ou processos recorre às mais avançadas tecnologias de produção. Os fatores distintivos que a FAB aposta são a qualidade metalúrgica das ligas e o rigor geométrico dos produtos (FAB, 2021).

Os principais recursos da empresa são:

1. Principais meios afetos à gestão e organização:
 - Sistema integrado de gestão *Multi* que inclui ERP;
 - Sistema de gestão comercial CRM.
2. Principais meios afetos ao desenvolvimento/preparação técnica
 - Software CAD e CAM;
 - Software de simulação de fundição e vazamento;
 - Impressão 3D.
3. Principais meios afetos à Produção:
 - Máquinas CNC para execução de moldes para fundição;
 - Fornos de fusão elétricos e a gás;
 - Linha de moldação (tecnologicamente atualizadas);
 - Diversas máquinas de acabamento (incluindo um robô, grenalhadora e diversas rebarbadoras);
 - Fornos para tratamento térmico;
 - Máquinas CNC e convencionais para maquinação.
4. Principais meios afetos à de monitorização e controlo:
 - Espectrometria e análise térmica;
 - Ensaio mecânicos;
 - Microscopia e Radiografia,
 - Meios de controlo dimensional CNC e convencionais das peças.

A empresa está organizada por processos e identificou e gere os seguintes processos:

a. Processos de gestão e liderança

Este processo tem como objetivo avaliar e compreender o contexto da organização de forma definir e implementar políticas, estratégias e objetivos empresariais que permitam alcançar e controlar com eficácia os resultados expectáveis, minimizar os riscos de falha e potenciar as oportunidades para a organização e respetivas partes interessadas.

b. Processos de suporte

A empresa para dar suporte aos processos operacionais identifica e gere processos para a gestão da informação/comunicação, recursos humanos, infraestruturas, compras e financeiro.

c. Processos de operacionais

Para a comercialização, desenvolvimento, realização, controlo e entrega de produtos e serviços, a FAB identifica e gera os seguintes processos: Comercial e marketing, planeamento operacional, produção, controlo operacional e armazenamento e expedição.

O processo de produção está subdividido em vários subprocessos: execução de moldes, execução de moldações e machos, fusão e vazamento, acabamentos (grenalhagem, rebarbagem, polimento), tratamento térmico, maquinação e armazenagem e expedição.

d. Processos de ação e melhoria

Este processo de avaliação e melhoria tem por objetivo, monitorizar, avaliar e agir em todos os processos, produtos e serviços para garantir a eficácia e a melhoria sustentada do desempenho do sistema de gestão empresarial. Estes processos incluem o processo de auditorias internas e o processo de ação e melhoria.

1.4.3 Processos/subprocessos analisados

Existem oito tipos de subprocessos produtivos na empresa, mas apenas serão abordados os subprocessos de execução de moldações e machos, acabamentos e maquinação devido à sua importância e relevância no processo produtivo da empresa, assim como o seu enquadramento e caso de aplicação prática na dissertação. É possível observar as seções em análise nas figuras 3, 4 e 5.

O primeiro subprocesso em análise será o subprocesso de execução de moldações e machos. Este engloba todo o processo de preparação de areia e moldações para o vazamento do metal fundido. Este subprocesso está provido com equipamentos que permitem a realização de todo o processo, a preparação da areia (mistura de resina e areia), colocação da areia em caixa de molde, compactação, desamoldação com o apoio de uma máquina *rollover* e o dispositivo de sobreposição e encaixe das duas meias moldações.



Figura 3 - Posto de trabalho no Subprocessos de execução de moldações e machos em areia.

O segundo subprocesso em análise é o subprocesso de acabamentos, que está equipado com máquinas de corte e de polimento que permitem a remoção dos excessos com o gito, canais de distribuição e rebarbas. Esta secção está também equipada com um robô que realiza o polimento final, conseguindo uma uniformização de todas as peças.



Figura 4 - Posto de trabalho no subprocesso de acabamentos

O último subprocesso em análise é o subprocesso de maquinação. Este processo pode ter três objetivos: melhorar o acabamento superficial das peças, garantir tolerâncias dimensionais apertadas e realizar operações que não foi possível ou desejável realizar por moldação e fundição. Este está equipado com várias máquinas CNC's, horizontais e verticais, de 4 e 5 eixos, que permitem a realização de geometrias complexas.



Figura 5 - Posto de trabalho no subprocesso de maquinação.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho segue uma metodologia de Investigação-ação e para o cumprimento dos objetivos em estudo, foi traçado um plano de investigação, constituído por seis capítulos, que englobam:

- Capítulo 1 - Introdução: apresenta o enquadramento e pertinência do tema, os objetivos de investigação, as opções metodológicas, apresentação da empresa, fluxo produtivo e estrutura de trabalho;
- Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica: apresenta o enquadramento e pertinência do tema *Lean Manufacturing* com um breve historial, os princípios da Filosofia *Lean*, as ferramentas *Lean* que se podem utilizar, define ergonomia e saúde e segurança, assim como os indicadores de desempenho e descreve a relação direta entre *Lean*, ergonomia, indicadores de desempenho e segurança;
- Capítulo 3 - Desenvolvimento: neste capítulo são apresentadas as metodologias seguidas, a ferramenta em utilização e todas as alterações tanto ao questionário como a ferramenta;
- Capítulo 4 - Análise dos resultados: Neste capítulo foi realizada a apresentação dos resultados, as propostas de melhoria sugeridas e os resultados de uma segunda avaliação;
- Capítulo 5 - Conclusões: Neste capítulo foram apresentadas as conclusões, as limitações do estudo e as propostas de trabalho futuros;
- Capítulo 6 - Referências Bibliográficas.
- Capítulo 7 - Anexos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Lean Manufacturing

2.2 Ergonomia

2.3 Saúde e Segurança

2.4 Indicadores de Desempenho

2.5 Relação entre Lean, Ergonomia, Indicadores de Desempenho e Segurança

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será explanada a contextualização teórica das ferramentas e metodologias utilizadas neste estudo. Como tal, recorrer-se-á ao levantamento do estado de arte relativo à filosofia *Lean*, Ergonomia, Saúde e Segurança e Indicadores de desempenho, por serem áreas em que a ferramenta ErgoSafeCI se aplica.

Iremos abordar os Princípios *Lean* e Ferramentas *Lean* por serem de importância significativa para a ferramenta em questão. Por fim, descrever-se-á a importância e correspondência entre ambos.

2.1 Lean Manufacturing

O aparecimento de *Lean Production* teve origem no Sistema de Produção da Toyota, num cenário pós 2ª Guerra Mundial, devido ao elevado grau de escassez de recursos nas indústrias, onde era necessária a criação de um sistema que permitisse combater as fragilidades do mercado japonês e, ainda tornar-se competitivo a nível mundial. Esta resposta surgiu com a criação da *Toyota Production System* (TPS) por Taiichi Ohno (Womack & Jones, 1990).

O termo *Lean Production* surge em 1990 por James Womack e Daniel Jones, na sua obra “*The Machine that Changed the World*”, onde se concluiu que a rápida ascensão de marcas japonesas face às marcas ocidentais foi consequência do uso de *Lean Production* (Womack & Jones, 1990). Este sistema foi desenhado com base em princípios, em que cada um está focado num aspeto particular do sistema de produção e que servem de base para uma produção *Lean* (Åhlström, 2004). Estes, podem ser aplicados desde o desenvolvimento até à distribuição, passando pela aquisição e produção. Womack e Jones (2003), definem desperdício como sendo: “Qualquer atividade humana que absorve recurso, mas que não crie valor”. No caso do sistema de produção de Ohno (1988), com base nas suas observações e análises, identificou as sete principais causas de desperdícios:

1. Superprodução
2. Esperas
3. Transportes
4. Desperdício de processo
5. *Stocks*
6. Trabalho desnecessário
7. Defeitos

Pinto (2009) refere que o *Lean Thinking* “revoluciona a maneira como a organização pensa”, conseguindo assim produzir mais, gastando menos, de forma mais rápida e eficiente. Deixando também claro que estes são os desafios atuais para que todas as empresas possam singrar.

Por outro lado, Kilprattick (2003) defende que os conceitos e princípios inerentes a *Lean Production* terão de ser aplicados de formas diferentes, dependendo de empresa para empresa, muitas vezes não sendo bem compreendidos ou bem aplicados.

Na tabela 1, podemos ver uma comparação entre uma organização *Lean* e uma organização tradicional.

Tabela 1 - Comparação entre a Organização tradicional e Organização *Lean*

Conceitos	Organização Tradicional	Organização <i>Lean</i>
Inventário	Obrigatório	Desperdício
Recursos Humanos	Utilização máxima das pessoas	Utilização necessária das pessoas
Utilização do processo	Os processos estão sempre a funcionar	Processos funcionam consoante a procura
Planeamento	Efetuem produtos para <i>stock</i>	Produção <i>Just-in-Time</i>
Custos	Variáveis	Fixos
Qualidade	Inspeção feita no final do processo	Processos, produtos e serviços são projetados para eliminar os erros antes do final do processo
Insucesso	Exceção	Esperado

2.1.1 Princípios da filosofia *Lean*

A filosofia *Lean* foi desenvolvida com cinco princípios base, onde, em conjunto conseguem mudar o foco de gestão, criando uma otimização de ativos, departamentos e tecnologias (Womack & Jones, 2003). São eles:

1. Identificar valor

Esta é a premissa para o desenvolvimento de um produto, deixar que o cliente defina o valor do seu produto. Todos os aspetos que o cliente não esteja disposto a pagar devem ser eliminados por serem considerados desperdícios.

2. Cadeia de Valor

A aplicação do princípio *Lean* na cadeia de valor mostra onde o valor está a ser produzido. Mapear toda a cadeia deve envolver todas as ações e pessoas envolvidas no processo. Através da análise da mesma será possível ver onde o valor está a ser gerado e onde está a ser perdido.

3. Fluxo

Depois de concluído o ponto dois, torna-se fulcral fazer otimizações ao mesmo, de forma a criar um fluxo contínuo e suave. Retirar gargalos e interrupções que podem aparecer a qualquer momento, torna-se muito importante, por isso, a

minimização de obstáculos e desconexões nos processos, que podem estar presentes em máquinas que funcionam mais do que o necessário, em sobrecarga, com falta de informação e na ausência de matérias-primas ou falta de qualidade das mesmas. Este é o princípio mais complicado de ser cumprir com plenitude.

4. Sistema *Pull*

Villa e Watanabe (1993) definem o Sistema *Pull* como um método que tem o objetivo de assegurar uma produção *Lean*, que flua sem desperdícios. Num processo baseado neste sistema, os produtos são “*puxados*” para o próximo posto quando houver essa necessidade, atuando quando é feito o pedido. Neste sistema as operações são realizadas *Just-in-Time*, produzindo apenas a quantidade necessária e no momento certo.

5. Perfeição

O quinto princípio implica um dos principais objetivos da metodologia, atingir a perfeição dos métodos produtivos. Através da melhoria contínua e controlo da qualidade deve-se garantir que existe aperfeiçoamento dos colaboradores, processos e produtos. Womack (2011) menciona que cada etapa de um processo deve ser válida, capaz, disponível, adequada e flexível.

Estes princípios foram também complementados, por se pensar que existem algumas lacunas, estes consideram apenas uma cadeia de valor do cliente. Contudo, numa organização existem várias cadeias de valor, uma por cada *stakeholder*. No entanto, “Uma outra limitação dos cinco princípios iniciais é que estes tendem a levar as organizações a entrar em ciclos infundáveis de redução de desperdícios ignorando a crucial atividade de criar valor através da inovação de produtos, serviços e processos” (Pinto, 2009, p. 19).

Em 2008, a Comunidade *Lean Thinking*, através da sua investigação e desenvolvimento, propôs a revisão dos princípios *Lean Thinking*, sugerindo a adoção de dois novos princípios. Estes, “*Stakeholder*” e “*Inovar*”, procuram colocar a empresa no caminho rumo à excelência. O primeiro, visa conhecer com detalhe todos os *stakeholders* de um negócio, “Uma organização que apenas se concentre na satisfação do seu cliente negligenciando os interesses e necessidades das outras partes não se pode augurar um bom futuro.”, o mesmo se pode aplicar quando se despreza o ambiente e a limitação dos recursos naturais (CLT, 2014). O último princípio proposto, “*Inovar*”, tem como objetivo criar novos produtos, serviços e processos, de forma a criar valor.

Assim, este modelo tem como premissa que as empresas sejam capazes de inovar com eficiência em termos económicos, mas com responsabilidade social e ambiental para se tornarem líderes no mercado. Na figura 6 é possível observar os sete princípios do *lean thinking*.

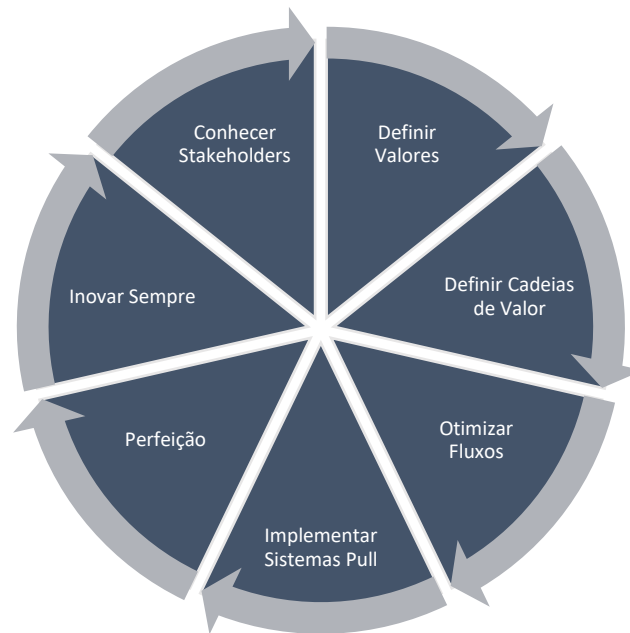


Figura 6 - Os sete princípios Lean Thinking (adaptado de CLT, 2014)

Estes dois novos princípios (“Conhecer o *stakeholder*” e “Inovar sempre”) procuram “colocar a empresa no caminho certo, rumo à excelência e ao desempenho extraordinário.” (Pinto, 2009, p.20).

2.1.2 Ferramentas Lean

A metodologia *Lean Manufacturing* é uma das mais importantes metodologias de gestão de produção do mundo, tem como foco a melhoria contínua para a resolução de problemas e eliminação de desperdícios no processo de produção. Os princípios desta metodologia visam maximizar o valor das operações de um negócio, reduzir o tempo de produção, diminuir os custos, aumentar a eficiência do processo e sobretudo, diminuir os desperdícios da empresa.

2.1.2.1 5S

O sistema 5S é um sistema de organização e padronização de espaços de trabalho, para que os mesmos possam ser eficientes, eficazes e seguros. Este sistema utiliza cinco termos, *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, que em conjunto, conseguem transformar o espaço de trabalho para que este se torne mais eficiente na utilização de recursos, organizado, limpo, produtivo e disciplinado. Traduzidos para português, Senso de utilização, Senso de organização, Senso de limpeza, Senso de padronização e Senso de disciplina e autodisciplina. O 5S é uma base dos sistemas de produção *Lean*. Não é apenas método de limpeza da área de trabalho, mas também inclui métodos de classificação, organização, limpeza e padronização (Costa et al., 2018).

2.1.2.2 *Gestão Visual*

A gestão visual é uma ferramenta que permite a todos os colaboradores saberem o ponto de situação, através de um quadro de planeamento que indique os estágios e todas as informações importantes para o processo produtivo. Tem como função facilitar a transmissão de informações e objetivos entre os funcionários de uma empresa a todos os níveis, detetar problemas o mais rapidamente possível e tomar as decisões fundamentais.

“A Gestão Visual ajuda a conhecer 5W e 1H (Who, What, When, Where, Why & How; quem, o quê, quando, onde, porquê e como) dentro de cinco minutos de examinar o local de trabalho visual. Os Conselhos de Gestão Visual são mantidos no coração do local de trabalho, com todos os dados relevantes de uma forma atualizada visualizada em poucos segundos e compreensível para todos” Singh e Kumar (2020).

A gestão visual deve ser vista como uma ferramenta que potencia o desenvolvimento e a melhoria permanente das empresas e assume especial importância na aplicação do *Lean* (Pinto, 2009). A Gestão Visual facilita a leitura através da utilização de meios de transmissão de informação como: sinais, símbolos, gráficos, cores ou pictogramas. Os textos, quando utilizados, são precisos e reforçam as principais informações a serem transmitidas.

2.1.2.3 *SMED*

A Single Minute Exchange of Die é uma ferramenta que permite a redução do tempo de setup. Segundo Dillon e Shingo (1985) fazem a sua divisão em duas categorias, operações internas e externas. As operações internas devem ser feitas enquanto o equipamento está parado, já as operações externas podem ser concluídas enquanto o equipamento está em execução. A utilização desta ferramenta visa a redução dos tempos de setup com o objetivo de aumentar a eficiência dos equipamentos e a flexibilidade dos processos.

2.1.2.4 *VSM*

O Value Stream Mapping é uma metodologia usada como ponto de partida numa transformação *Lean*. Permite identificar a situação atual e planejar a situação futura a partir da identificação e diagnóstico de fluxos de valor, materiais e informações.

Este método foi desenvolvido por Rother e Shook (2003) para permitir a visualização do percurso de um produto ao longo de toda a cadeia de valor, sendo possível identificar fontes de desperdícios e as ferramentas para os reduzir.

2.1.2.5 *Standard Work*

Uma das ferramentas utilizadas pela *Lean Manufacturing* é a Standard Work, trabalho padronizado, que se consegue através da documentação das práticas utilizadas e a atualização constante das mesmas, de forma que se utilize sempre as melhores práticas internas, num processo sem fim, com vista à melhoria contínua.

Esta ferramenta é dividida em três elementos-chave, *Takt Time* é a taxa na qual os produtos devem ser produzidos para atender a procura, a sequência de trabalho em que o operador executa as suas tarefas e o *Standard Inventory*, que garante a existências de um inventário para manter o processo a operar sem problemas.

Esta é uma ferramenta que visa “Uniformizar ou normalizar, significa fazerem todos do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações”. A normalização do trabalho é fundamental para a melhoria contínua (Pinto, 2009, p.91).

2.1.2.6 TPM

A *Total Productive Maintenance* é uma ferramenta adotada na implementação de sistemas *Lean*, esta cria uma visão na forma como se aborda a manutenção dos equipamentos, não se limitando apenas a repará-los, mas a entender o porquê das avarias e prevenindo a sua causa.

O objetivo da TPM é conseguir uma produção sem avarias, sem paragens e sem defeitos. O mau funcionamento ou paragem de um equipamento pode resultar na fraca qualidade dos produtos e como consequência, o atraso das encomendas. Portanto, uma manutenção estratégica e sistemática, como TPM, para manutenção dos equipamentos de produção é realmente importante para ter uma produção *Lean* de sucesso (Bakri et al., 2012).

2.2 Ergonomia

A Ergonomia é definida como a ciência do trabalho, dos colaboradores que o executam, como o efetuam, a relação com as ferramentas e equipamentos, com os postos de trabalho e os aspetos psicológicos (Pheasant & Christine, 2017).

A Ergonomia consiste num conjunto de matérias que estudam as interações entre o homem e as máquinas, com o principal objetivo de desenvolver e aplicar técnicas de adaptação de elementos do ambiente de trabalho ao homem, de forma a gerar o bem-estar do trabalhador e, conseqüentemente, aumentar a sua produtividade.

O ambiente industrial é geralmente desenhado para o movimento dos produtos e a estaticidade de máquinas, sendo que os seres humanos são ajustados para todas as situações, onde a utilização do local de trabalho atrai menos atenção. Devido ao desconhecimento dos riscos nestes ambientes, ocorrem mais acidentes e lesões nas pessoas (Srinivasa Rao & Niraj, 2016).

Os problemas músculo-esqueléticos relacionados com o trabalho são um problema significativo, que também podem ter um peso negocial na competitividade devido aos custos dos trabalhadores, rendas, ausência, má qualidade e diminuição das despesas de produção. Atualmente, a maioria das organizações, só executa ferramentas *lean* e não considera os trabalhadores como elementos de segurança. Um fator-chave na capacitação dos funcionários é a garantia de condições seguras de trabalho (Vinoth Kumar et al., 2020). Segundo Yazdani et al. (2018), as organizações devem apresentar programas de prevenção de distúrbios músculo-esqueléticos como componentes significativos das suas práticas de gestão.

Desta forma, os riscos determinam a probabilidade de perdas dentro de um determinado período de tempo, como a probabilidade de ocorrência de acidentes e/ou danos às pessoas, ao patrimônio ou prejuízos financeiros nas empresas.

Jarebrant et al. (2016) propôs a aplicação do Mapeamento Ergonômico do Fluxo de Valor (ErgoVSM), uma ferramenta de apoio na melhoria de condições ergonômicas sem prejudicar o desempenho produtivo. Esta ferramenta visa proporcionar, tanto a estudantes como a profissionais, a satisfação das necessidades atuais no que toca à ergonomia. A sua implementação é um reconhecimento da avaliação para os riscos de saúde envoltos em cada posto de trabalho nas empresas (Jarebrant et al., 2016).

Para Teixeira e Salonitis (2017), a avaliação de postos de trabalho deve focar-se em aspetos *Lean*, mas também em aspetos ergonômicos, de forma a reduzir desperdícios e garantir a segurança e conforto dos colaboradores. Definiram também os principais requisitos para uma avaliação de um PT, “saúde e segurança”, “ambiente de trabalho limpo e organizado”, “eliminação de desperdícios”, “logística de *stock* de materiais”, “flexibilidade”, “gestão visual” e “qualidade”. Estes autores desenvolveram uma ferramenta e um modelo de avaliação para cada requisito, baseando-se em aspetos *Lean* e ergonômicos. Esta ferramenta, embora reúna elementos de segurança, ergonomia e *lean*, é mais direcionada aos postos de trabalho, não tendo em consideração indicadores de desempenho, melhoria contínua, entre outros.

Nesta dissertação será utilizado um instrumento de avaliação que combina vários indicadores de desempenho, como a melhoria contínua, produtividade, segurança, ergonomia, qualidade, entre outros.

2.3 Saúde e Segurança

“A garantia de segurança e saúde nos locais de trabalho é um direito de todos os trabalhadores e também um imperativo constitucional. Nos dias de hoje é comumente aceite que o sucesso das organizações está intimamente relacionado com a qualidade das condições de trabalho que as entidades empregadoras providenciam aos seus colaboradores” (IGAS, 2018).

Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), anualmente, ocorrem mais de trezentos e setenta e quatro milhões de acidentes de trabalho, sendo declaradas cento e sessenta milhões de doenças profissionais (OIT, 2019). As empresas reconheceram que um ambiente seguro e saudável resultará numa redução de lesões relacionadas com o trabalho, em métodos de trabalho mais eficientes, menores custos com trabalhadores e consequente aumento da produtividade dos mesmos (OSHA, 2018).

A implementação de sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho permite que um organismo avalie, administre e faça tudo o que estiver ao seu alcance para que exista uma diminuição dos riscos e perigos existentes nos locais de trabalho, através de uma metodologia integrada nas operações de gestão (IGAS, 2018).

Os métodos de gestão de segurança e saúde convencionais não têm sido eficazes na diminuição de acidentes em ambientes de trabalho, principalmente porque não

mudaram a sua cultura, que muitas vezes está enraizada no local, sendo necessário a utilização de novos modelos para a concretização de melhorias (Carvalho et al., 2016). A análise de risco, na sua abordagem mecanicista, descreve a necessidade da utilização de métodos especializados para avaliação de risco, sendo normalmente utilizada a matriz de risco. Esta ferramenta fornece informações para a avaliação de risco, de forma que se possa definir o risco como aceitável ou inaceitável. No caso de inaceitável, deve tomar-se medidas e controlos de forma a reduzi-los. Estes controlos são definidos levando-se em conta os custos e os benefícios (Carvalho et al., 2016). Segundo Marras e Karwowski (2006), as melhorias ergonômicas podem ajudar a reduzir ou eliminar tensões físicas, que por sua vez, influenciam a satisfação dos funcionários devido às contribuições para a saúde e segurança. As pessoas saudáveis são capazes de produzir mais e executar melhor o seu trabalho. Assim, ao implementar medidas de segurança e controlo, assegurando a eliminação/redução dos riscos através de análises periódicas, será possível fazer o controlo dos riscos da empresa e elaborar planos de acompanhamento dos respetivos resultados e corrigir os resultados menos favoráveis.

2.4 Indicadores de Desempenho

Os indicadores de desempenho são um conjunto de indicadores que permitem a avaliação contínua de uma posição e a evolução de um processo. Estes têm como objetivo o acompanhamento de uma atividade de forma a avaliar, analisar, decidir e melhorar o processo.

2.4.1 Lead Time

O *Lead time* é a quantidade de tempo desde o início de um processo até à sua conclusão, sendo analisado em três áreas, na produção, linha de abastecimento e gestão de projetos. Com a redução do *lead time* existe uma agilização das operações assim como um aumento de produtividade, melhorando assim a produção. Por outro lado, os elevados graus de configurações de produtos, a complexidade da estrutura do produto e a sobreposição das atividades de fabrico e design são as razões para uma complexidade muito alta na cadeia de abastecimento interno (McGovern et al., 1999). Na produção, o lead time representa o tempo que leva a criar um produto, sendo que este pode ser afetado por fatores como falta de matéria-prima, falhas de transporte, escassez na mão de obra ou erros humanos. Uma redução no tempo de produção permite que as empresas consigam aumentar as suas produções, o que pode levar assim a um aumento das vendas, rapidez na entrega e, consequentemente a melhoria da satisfação do cliente e dos resultados da empresa.

Na cadeia de abastecimento, o lead time varia com as várias fontes de materiais, criando dificuldades na coordenação da produção, devido aos vários prazos de entrega. Normalmente resultando em excesso de material e criando uma sobrecarga na empresa.

A programação do lead time permite a receção dos componentes de forma que estes sejam entregues em conjunto, reduzindo assim os custos de transporte e de armazém.

2.4.2 OEE

O OEE, *Overall Equipment Effectiveness* é um método que avalia a eficiência com que uma operação de fabrico é utilizada. Tem o objetivo de monitorizar o desempenho de linhas de produção, com métricas que permitam facilmente a comparação entre diferentes linhas de produção, fazendo a comparação entre o desempenho real e o desempenho ideal. OEE é tradicionalmente utilizado como uma medida operacional para a monitorização do desempenho da produção, mas também pode ser um indicador para o processo de melhoria em contexto de produção (Andersson & Bellgran, 2015).

O indicador OEE é calculado multiplicando três parâmetros: disponibilidade, desempenho e qualidade.

O cálculo do OEE faz-se através das equações que se seguem:

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Tempo de Produção} + \text{Paragens}} \quad \text{Equação 2}$$

$$Desempenho = \frac{\left(\frac{\text{Unidades Produzidas}}{\text{Tempo de Operação}} \right)}{\text{Tempo de Ciclo Ideal}} \quad \text{Equação 3}$$

$$Qualidade = \frac{\text{Unidades Aprovadas}}{\text{Unidades Produzidas}} \quad \text{Equação 4}$$

Esta ferramenta é muito importante para acompanhar o desempenho das linhas de produção, sendo possível perceber tendências, detetar linhas que estão a trabalhar abaixo dos objetivos e agir com rapidez para evitar quebras.

2.4.3 Mean Time to Repair (MTTR), Mean Time Between Failures (MTBF) e Mean Time to Failure (MTTF)

Três dos indicadores mais importantes, quando se fala de manutenção preventiva numa empresa, são o MTBF (*Mean Time Between Failures*), MTTR (*Mean Time To Repair*) e MTTF (*Mean Time to Failure*). O primeiro, MTBF (tempo médio entre falhas), é o indicador que representa o tempo médio decorrido entre duas falhas. O segundo, MTTR (tempo médio de conserto), é uma medida de capacidade de manutenção, pois representa o tempo que leva a executar um conserto após a ocorrência da falha. O terceiro, MTTF (tempo médio até falhar), é a métrica de fiabilidade na eficiência de uma ação corretiva de um processo.

Estes indicadores funcionam através de modelos estatísticos e funções de densidade, que independentemente, auxiliam na criação de um modelo global otimizado,

conseguindo assim estabelecer um compromisso de lógica operacional e o comportamento físico do sistema e do seu ambiente (Metwally, 1991). Estes podem também ser calculados através das seguintes equações:

$$MTTR = \frac{\sum \text{Tempo de manutenção}}{\text{Numero de intervenções realizadas}} \quad \text{Equação 5}$$

$$MTBF = \frac{\text{Tempo de Funcionamento da máquina}}{\text{Numero de falhas ocorridas}} \quad \text{Equação 6}$$

2.4.4 Equação de NIOSH'91

Na movimentação de cargas existem diferentes métodos quantitativos para se definir os limites seguros de peso a transportar, um desses métodos é a equação de NIOSH 91. Esta equação estabelece o valor de referência de 23Kg (Constante de carga), que corresponde à capacidade de levantamento no plano transversal, de uma altura de 75 cm do solo, para um deslocamento vertical de 25 cm, com a carga situada a 25 cm do corpo. A esta constante de carga são aplicados vários multiplicadores inferiores à unidade, onde o produto compõe o peso-limite recomendado (PLR). Assim, o valor do PLR vai diminuindo à medida que os multiplicador se afastam de um e das condições ótimas de levantamento (Waters et al., 1993).

Os multiplicadores utilizados no cálculo do PLR (Equação 7) são variáveis obtidas através das características das tarefas, que são as seguintes:

- Distância horizontal (H) entre as mãos e a vertical passando pelos tornozelos no início da elevação;
- A profundidade do objeto (W);
- A altura a que é iniciada a elevação (V);
- A distância vertical (D) percorrida desde o ponto em que teve início a elevação até onde foi depositado o objeto;
- A assimetria (A) (ângulo de rotação do tronco) do movimento de elevação em relação ao plano sagital;
- O tipo de pegas (P) existentes para a preensão dos objetos a elevar;
- A frequência média (F) das elevações;
- A duração do período com tarefas de elevação (T).

O PLR é obtido através das seguintes equações:

$$PLR = CC \times MH \times MV \times MD \times MA \times MP \times MF \text{ (Kg)} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

$$\text{Constante de Carga } CC = 23 \text{ kg}$$

$$\text{Multiplicador horizontal } MH = \frac{25}{H} \quad \text{Equação 8}$$

$$\text{Multiplicador vertical } MV = 1 - (0,003) \times |V - 75| \quad \text{Equação 9}$$

$$\text{Multiplicador de distância } MD = 0,82 + \left(\frac{4,5}{D}\right) \quad \text{Equação 10}$$

$$\text{Multiplicador de assimetria } MA = 1 - (0,0032 \times A) \quad \text{Equação 11}$$

Cada fator pode ser calculado conforme as fórmulas apresentadas anteriormente ou obtido por meio das tabelas 2, 3 e 4, no caso do multiplicador de pega e do multiplicador de frequência do NIOSH (NIOSH, 1994)

Multiplicador de frequência MF =

Valor dependente da frequência das elevações das manipulações (Tabela 2)

Multiplicador de pega MP =

Valor dependente da qualidade da pega (Tabela 3 e 4)

Tabela 2 - Multiplicador de Frequência

Frequência (elevações por minuto) ⁽¹⁾	Duração do período com tarefas de elevação, T					
	T ≤ 1 h		1 < T ≤ 2 h		2 < T ≤ 8 h	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

⁽¹⁾ Para frequências inferiores a 1 em cada 5 minutos, considerar F = 0,2

Tabela 3 - Definição da qualidade da pega

Qualidade da pega	Condições
Boa	W ≤ 40 cm, H ≤ 30 cm e boas pegas ou recortes Pega com comprimento ≥ 11,5 cm e 2 < Ø < 4 cm Fácil de manipular pela existência de pontos que sejam fáceis de agarrar Superfície da pega permitindo boa aderência com a mão
Aceitável	Objecto com rigidez estrutural e W ≤ 40 cm, H ≤ 30 cm e más pegas ou recortes, ou W ≤ 40 cm, H ≤ 30 cm e ângulo dos dedos com a palma da mão ≤ 90°
Má	W > 40 cm ou H > 30 cm ou dificuldade em pegar ou centro de gravidade instável (líquidos, materiais granulosos, etc.) ou centro de gravidade assimétrico

Tabela 4 - Multiplicador de pega

Qualidade da pega	Multiplicadores de pega	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Boa	1,00	1,00
Aceitável	0,95	1,00
Má	0,90	0,90

2.5 Relação entre Lean, Ergonomia, Indicadores de desempenho e Segurança

A implementação de filosofias e metodologias *Lean*, ergonómicas, de segurança e saúde pode provocar também efeitos negativos na satisfação dos funcionários, como se pode comprovar através de algumas pesquisas feitas por alguns autores.

O estudo levado a cabo por Parker (2003) demonstrou que os funcionários envolvidos na implementação *Lean* podem ter uma redução do compromisso organizacional e uma maior incidência de casos de depressão que se manifestará em diferentes graus nos contextos de trabalho.

Este estudo também mostrou efeitos negativos na produção relacionados com as reduções em características do trabalho, tais como a autonomia, utilização de habilidades e a participação na tomada de decisões. Já Vidal (2007) no seu estudo sobre a produção *Lean*, o fortalecimento do trabalhador e satisfação no trabalho obteve resultados divergentes. Na sua pesquisa constatou que os trabalhadores podem estar satisfeitos com um ambiente *Lean* e que um aumento do envolvimento dos mesmos poderá não estar relacionado com o aumento da satisfação.

Outras pesquisas destacam que existem efeitos benéficos sobre a relação entre *Lean*, ergonomia, segurança e saúde após a implementação dos princípios *Lean*. Walder (2007), defendeu que quando *Lean Thinking* é implementado corretamente, requer uma ergonomia eficaz, sendo esta uma parte necessária de qualquer organização eficaz. Esta implementação inclui o redesenhar do trabalho, a sua padronização e a eliminação de fatores de risco no aparecimento de problemas e distúrbios músculo-esqueléticos. Tornar os processos mais flexíveis também permite que uma empresa se consiga posicionar melhor, de forma a obter vantagens competitivas, assim como um ambiente onde é normal fazer ajustes, formando novas oportunidades para uma melhoria contínua.

Embora o *Lean Manufacturing* e a ergonomia possam ter intenções e propósitos diferentes, estes complementam-se, num local de trabalho de forma a torná-lo mais eficiente e seguro através de trabalho em equipa e avaliações cooperativas (Sandalwood, 2016).

Os desperdícios são geralmente encontrados em máquinas que demoram mais tempo do que o que necessitam, na ausência de formação de colaboradores, em informações e orientações limitadas, no atraso de fornecedores e na má qualidade de materiais. Quando uma empresa produz um produto com melhor qualidade, geralmente exige menos trabalho e os seus funcionários apresentam menor frustração relacionada com o trabalho e são mais felizes (Kelleher, 2010). Os processos de Kaizen, esforçam-se para encontrar uma solução de baixo custo e grande impacto nas empresas (Smith, 2002). As execuções de avaliações ergonômicas podem ajudar na melhoria e motivação dos funcionários durante os eventos Kaizen. Esta integração estabelece que o objetivo é a melhoria contínua dos postos de trabalho e das condições de trabalho para uma melhoria de produtividade (Smith, 2002).

As perdas do trabalhador e da organização podem ser enormes, o trabalhador perde por não ter motivação para um bom desempenho no trabalho e a empresa perde mão

de obra que deixa de produzir. As perdas de tempo e o desenvolvimento de perturbações físicas e psíquicas podem levar a doenças como Stress, Síndrome de Burnout, assim como outras. Assim, as empresas devem incentivar o comportamento positivo e energético dos seus trabalhadores e ter uma política na gestão dos recursos humanos ligando, de maneira positiva, as questões de saúde ocupacional à gestão das pessoas (Kanaaane, 1994).

A valorização do ser humano num ambiente de trabalho é um dos fatores que fornece suporte ao sucesso de uma organização (Almeida et al., 2013). De acordo com vários estudos, os conceitos como *Lean*, Ergonomia e Segurança dos trabalhadores estão interligados na melhoria de processos e na melhoria da produtividade e bem-estar dos trabalhadores (Brito, 2019). O bem-estar dos trabalhadores no ambiente de trabalho, expressa-se através das relações saudáveis e harmoniosas, e a qualidade de vida está diretamente relacionada com as necessidades e expectativas humanas e com a respetiva satisfação desta (Kanaaane, 1994).

DESENVOLVIMENTO

3.1 Metodologia aplicada

3.2 Apresentação da ferramenta

3.3 Melhorias e adaptações da ferramenta

3 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será exposta a metodologia utilizada assim como o processo de modificação e aplicação da ferramenta ErgoSafeCI. A aplicação será apresentada ao pormenor e com a descrição dos métodos que foram utilizados.

3.1 Metodologia aplicada

A metodologia implementada, Investigação-Ação (IA), revela-se uma metodologia que procura superar o habitual dualismo entre teoria e prática (Noffke & Somekh, 2013). A IA inclui simultaneamente ação (ou mudança) e investigação (ou compreensão), com base num processo que alterna entre ação e reflexão crítica, e em que nos ciclos posteriores são aperfeiçoados os métodos, os dados e a interpretação, será feita à luz da experiência obtida no ciclo anterior. Esta metodologia está orientada para a melhoria das práticas, envolvendo diretamente os participantes.

Com esta metodologia, foram seguidas as seguintes etapas:

1. Avaliação: Analisar a ferramenta ErgoSafeCI e reformulá-la. De seguida, executar a avaliação dos postos de trabalho utilizando a ferramenta com melhorada;
2. Planeamento: Análise dos resultados obtidos com a identificação das áreas mais críticas e os respetivos problemas. Criação de um plano de melhoria a implementar com recurso a ferramentas *Lean* para aplicação;
3. Implementação: Serão apresentadas as propostas de melhoria, discutidas e aprovadas;
4. Reavaliação: Avaliar as melhorias implementadas com a utilização da ferramenta ErgoSafeCI;
5. Conclusão: Interpretação da comparação dos resultados obtidos entre a primeira e a segunda avaliação, e concluir se a ferramenta foi ou não, um bom apoio à decisão.

Estas etapas refletem-se na “ação” do ciclo de investigação. Enquanto se identificam e edificam os problemas associados a cada área da produção, será feito ao mesmo tempo a investigação, onde, ao longo deste processo, foi feita uma reflexão de cada problema e procurou-se desenvolver as melhorias de forma a atingir os objetivos de investigação.

Durante o ciclo de investigação, foram também realizadas reuniões informais com os colaboradores com o intuito de ouvir as suas opiniões e reclamações.

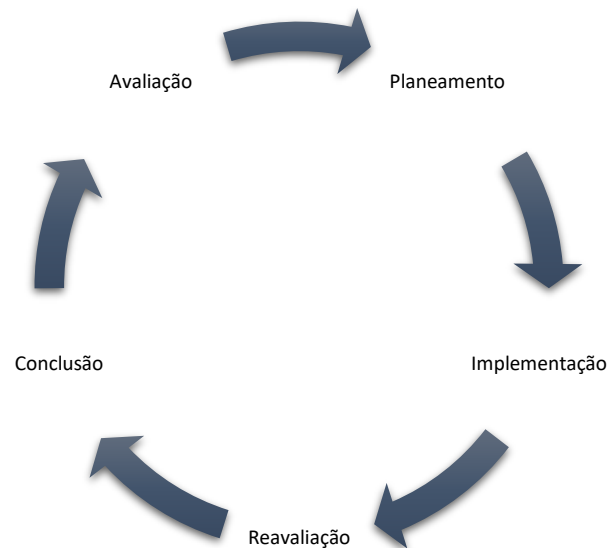


Figura 7 - Processo da ferramenta ErgoSafeCI de acordo com a metodologia

As capacidades que uma ferramenta de apoio à decisão para uma implementação *Lean* deve possuir, segundo Wan e Chen (2009), são as seguintes:

1. Ser capaz de registar o estado atual do sistema em questão, incluindo o seu desempenho e as suas fraquezas;
2. Identificar as áreas com a maior urgência a serem melhoradas;
3. Fornecer diretrizes para as ações futuras de melhoria;
4. Recolher dados de diferentes níveis de ação;
5. Conceber medidas quantitativas de desempenho que possam ser monitorizadas e comparadas com registos passados ou com outros sistemas;
6. Possa ser atualizado quer a nível de indicadores quer a nível de critérios de avaliação, de forma a dar resposta às constantes atualizações na tecnologia e gestão de empresas;
7. Ser fácil de usar e manter.

A ferramenta ErgoSafeCI é uma ferramenta de apoio à decisão. Esta faz uma avaliação dos postos de trabalho, ajudando na priorização de melhorias nas áreas mais críticas, através da criação de métricas de avaliação da implementação do *lean Manufacturing* nas áreas produtivas de uma empresa. A mesma está de acordo com os padrões descritos por Wan e Chen (2009), tendo sido ainda alterada com o intuito de a tornar mais útil, abrangente e concisa.

O primeiro passo para a análise e melhoria da ferramenta foi a realização de uma revisão bibliográfica seguida de uma análise crítica. Esta permitiu uma melhoria da ferramenta, considerando a revisão bibliográfica dos temas abrangidos pelo ErgoSafeCI, tornando-a numa ferramenta mais robusta e precisa. De seguida, foi desenvolvida uma estratégia e análise dos postos de trabalho em questão. Depois de concluída a análise dos PT, foi realizada uma interpretação dos resultados obtidos, de onde emergiram propostas de melhorias. Estas foram implementadas e foi realizada

uma nova avaliação aos PT de forma a concluir sobre os ganhos ou perdas obtidas com as implementações.

3.2 Apresentação da ferramenta

A ferramenta (ErgoSafeCI), contendo medidas operacionais *Lean*, combinadas com a segurança e as condições ergonômicas, num posto de trabalho ou numa linha de produção, foi desenvolvida por Brito et al. (2019). Esta ferramenta propõe auxiliar investigadores e profissionais a priorizar e avaliar as implementações *Lean*, bem como as condições ergonômicas e de segurança de forma integrada.

A ferramenta ErgoSafeCI, é composta por dez indicadores, contendo um total de oitenta e três questões de avaliação, sendo eles os seguintes: Eficiência, Melhoria contínua, Standards e gestão visual, Processos e operações, Fluxo de materiais, Zero defeitos, Ergonomia física, Ergonomia organizacional e cognitiva e Disciplina.

Estas áreas são consideradas fulcrais por Brito et al. (2019) para se conseguir obter um PT seguro, ergonómico, produtivo e *Lean*. Todos os indicadores, assim como as questões serão apresentadas de seguida, bem como o esclarecimento da importância de cada um.

- 1) Eficiência – A avaliação do desempenho de um PT é fulcral na gestão de processos de uma empresa. Para se tomar as melhores decisões no desenvolvimento de uma organização, a gestão deve ter dados precisos sobre o desempenho dos seus processos (Borsos et al., 2016). De forma a avaliar a eficácia dos resultados esperados, com a minimização dos riscos e o potenciamento de oportunidades por parte das organizações, deve existir um plano definido de acompanhamento e monitorização dos indicadores e objetivos de desempenho. Para o desenvolvimento destes indicadores devem ser considerados vários fatores, tendo em conta a complementaridade e coerência entre eles e estes devem conseguir ser objetivos de forma a conseguirem ser convertidos em metas quantificáveis.

Na tabela 5 estão elencadas as questões relacionadas com o Indicador Performance / Eficiência.

#	1- Indicadores Performance / Eficiência
1	A média do OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>) é superior a 85% ?
2	O tempo total de paragens (incluindo manutenção planeada) é superior a 10% ?
3	O KPI (<i>Key Performance Indicator</i>) XX (seleccionar o mais importante) está actualmente dentro do objectivo ?
4	Existiram acidentes de trabalho nos últimos 6 meses ?
5	Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise ?

Tabela 5 - Indicador Performance / Eficiência

- 2) Melhoria contínua – É uma das principais estratégias empresariais para se atingir a excelência, também considerada vital no panorama atual empresarial. Definida pela ISO 9000:2015, a melhoria contínua é a “atividade recorrente para aperfeiçoar o desempenho” (3.3.2.), definindo este último com “resultado mensurável” (3.7.8.). A melhoria contínua de um sistema de gestão deve ser um compromisso da direção e assumido formalmente na sua política de gestão.

A melhoria contínua não deve ser baseada apenas em problemas identificados, mas contemplar as possibilidades de aperfeiçoamento do sistema, processos, produtos ou serviços fornecidos.

Na Tabela 6 encontram-se assinaladas as perguntas do indicador de Melhoria Contínua.

#	2- Melhoria Contínua
6	Todos os indicadores avaliados no ponto anterior + lead time têm vindo a melhorar ?
7	Os standards são revistos e melhorados mensalmente ?
8	Existe o mapa actual e futuro do fluxo de valor (VSM) do produto ou família do produto em análise ?
9	O trabalhador ou equipa tem conhecimentos na área lean (reconhece a diferença entre valor e desperdício e identifica as características de um posto lean em termos de fluxo, gestão visual, standards, etc...) ?
10	Todos se sentem responsáveis pela melhoria contínua e participam activamente dando ideias de melhoria frequentemente (mínimo uma vez de 6 em 6 meses) ?
11	O trabalhador foi envolvido em acções de melhoria nos últimos 6 meses ?
12	Está previsto tempo diário dedicado à melhoria contínua, envolvendo toda a equipa (ex: reuniões diárias Kaizen de 10min) ?

Tabela 6 - Indicador Melhoria Contínua

- 3) Higiene e segurança no trabalho – Num sistema de análise de riscos de uma empresa, as ferramentas de identificação de riscos devem ser úteis para a análise dos contextos de trabalho nas suas várias vertentes. Quanto melhor a capacidade das ferramentas para identificar as situações críticas, melhor será a análise na gestão do risco, tornando o processo mais robusto e eficaz (Prottes et al., 2012).

No desenvolvimento de um local de trabalho saudável e inerentemente, num local seguro, são abarcadas várias dimensões com vista à melhoria das condições de trabalho, eliminação, mitigação dos riscos e as suas consequências. Deste modo, a necessidade de criação de programas eficazes de prevenção e estruturas de apoio para o cumprimento dos objetivos, sejam eles considerados boas práticas empresariais ou consagradas na lei, é crucial para o desenvolvimento de uma organização.

Na Tabela 7 estão assinaladas as questões associadas ao indicador de Higiene e Segurança no trabalho.

#	3- Higiene e segurança no trabalho
13	Tem havido muitos acidentes ou consultas médicas?
14	A temperatura ambiente é desconfortável (quente ou fria) ou existem correntes de ar perceptíveis (avaliar no posto/área de trabalho e no local de descanso) ?
15	Há libertação de gases, fumos ou poeiras no local de trabalho ?
16	O ruído é elevado ou irritante (ex: perturba a conversação ou concentração do trabalhador) ?
17	A iluminação é boa (ex: está adequadamente colocada, é estável, o olhar do operador não tem de alternar entre zonas claras e escuras, etc...) ?
18	As ferramentas manuais ou os equipamentos produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo do trabalhador ?
19	O solo apresenta fendas ou descontinuidades ?
20	Os trabalhadores estão conscientes da existência de risco e estão informados de como se devem proteger e/ou evitar o mesmo (exemplo: formação nas áreas segurança, EPI's, ergonomia) ?
21	A disposição do local de trabalho é susceptível de provocar acidentes?
22	A realização da operação envolve risco de acidentes (exemplo: a ferramenta de trabalho escorregadia ou difícil de agarrar, etc...) ?

Tabela 7 - Indicador Higiene e segurança no trabalho

- 4) Standards e Gestão visual – A utilização de um sistema de gestão visual é essencial para garantir a padronização de uma operação, conseguindo que os supervisores tenham acesso imediato a todos os processos em realização (Ohno, 1988). De acordo com Brito et al. (2017) a gestão visual, 5S e os standards são ferramentas cruciais na obtenção de bons resultados em projetos de melhoria. A Tabela 8, apresenta as questões relacionadas com o indicador de Standards e Gestão Visual.

#	4- Standards e Gestão Visual
23	Existem todos os standards necessários ao posto/área de produção (avaliar, no mínimo: IT, plano limpeza, plano manutenção, matriz escalonamento, matriz polivalências, limites de reacção, auditorias 5S, etc...) ?
24	Todos os Standards e planos de acções para a resolução de problemas e implementação de melhorias estão devidamente colocados no posto de trabalho (estão visíveis ou são de fácil acesso) ?
25	Os Standards são visuais e de simples interpretação, ou seja, recorrem a figuras, imagens, fotos ?
26	O trabalhador executa a operação de acordo com o standard (cumpre a IT dentro do tempo estimado) ?
27	Está implementado o TPM (Total Productive Maintenance) ao posto ou linha de produção ?
28	São realizadas auditorias 5S ?
29	Os primeiros 3S não estão totalmente aplicados (Exemplo: existe algum equipamento que não funcione ou obsoleto no local trabalho, existem materiais ou ferramentas por identificar, o posto trabalho não apresenta estar limpo, etc...) ?
30	Toda a informação sobre os targets diários de produção (ex: quantidades a produzir vs quantidades produzidas, paragens produção, performance da equipa, etc...) estão visíveis (ex: Andon)?
31	Existe um sinal luminoso de aviso de paragem de linha ("pull the cord") ?
32	Existe um quadro de nivelamento onde os cartões Kanban de produção são colocados da esquerda para a direita com incrementos correspondentes ao pitch ?
33	Os cartões Kanban contêm a quantidade a produzir e o tempo de produção ?

Tabela 8 - Indicador Standards e Gestão Visual

- 5) Operação e processo – A melhoria do processo, layout e organização do trabalho são considerados as principais dimensões para os incentivos à implementação de práticas *Lean* numa produção (Yusup et al., 2016). Uma organização deve gerir os seus processos de forma a alcançar os resultados desejados, o que de acordo com a ISO 9001:2015, contém um forte ênfase na abordagem por processos. Isto significa fornecer aos clientes produtos e serviços consistentes e em conformidade. As organizações devem definir processos que permitam a aplicação de forma eficaz do ciclo PDCA, ou seja, que permitam planear, executar, verificar e agir em conformidade. Na Tabela 9, estão elencadas as questões relacionadas com o indicador de Operação e Processos.

#	5- Operação e processo
34	O trabalho é organizado por equipas de trabalho em que todos têm formação para desempenhar qualquer função ?
35	A linha está balanceada?
36	Qualquer pessoa pode parar a linha/produção se um problema ocorrer ?
37	Existem desperdícios relacionados com tempos de espera, transportes ou movimentações ?
38	O trabalhador executa operações que não acrescentam valor (ex: abastecimentos, setups, sobreprocessamento, etc) ?
39	Os tempos de setup ultrapassam os 10 min ou existem tarefas internas no setup que podem ser passadas para tarefas externas ?
40	Existe alguma operação manual possível de ser feita de forma automática (recorrendo a automatismos) ?

Tabela 9 - Indicador Operação e processo

- 6) Fluxo de material e produto - A flutuação do material num ambiente de produção tem um papel fundamental na implementação *Lean*. A quantidade de fluxo e a sua fluidez durante todo processo são essenciais para uma resposta rápida à procura dos clientes (Liu et al., 2017). A definição e uniformização da metodologia para a identificação de requisitos dos processos e produtos, desde

a sua execução até a sua expedição, por parte das organizações, devem ser consideradas como essenciais. Esta definição permite que sejam criadas condições para que o fornecimento satisfaça ou exceda as expectativas do cliente e da própria organização. Para isso, deve ser garantido com eficácia, a análise das características técnicas e funcionais dos produtos, os parâmetros dos processos, as metodologias e recursos necessários à sua realização. A Tabela 10 apresenta as questões relacionadas com o indicador de fluxo de material e de produto.

#	6- Fluxo de material e produto
41	O layout está organizado de forma a que seja possível haver fluxo (ex: célula de fabrico) ?
42	O layout é flexível, ajustando-se rapidamente a flutuações da procura de cliente superiores 25% ?
43	O planeamento é colocado num único posto de produção (pacemaker) ?
44	As quantidades planeadas correspondem ao <i>pitch</i> (TackT X quantidade de transferência que pode ser quantidade da embalagem) ?
45	O posto ou linha de produção produz apenas o que o próximo processo necessita e quando necessita (informação dada através de cartões kanban) ?
46	É produzida e enviada para o processo seguinte uma peça de cada vez (<i>one-piece-flow</i>), em fluxo contínuo, não havendo necessidade de WIP?
47	São usados supermercados onde não é possível o fluxo contínuo (exemplo: setups elevados, processos distantes, etc...) ?
48	A produção é nivelada ?
49	O EPEI (Every Part Every Interval) é o menor possível ?
50	O abastecimento de materiais ao posto ou linha produtiva é efectuado de forma normalizada (através de Kanbans e com horário e rota definida) ?

Tabela 10 - Indicador de fluxo de material e produto

- 7) Zero defeitos – Um dos princípios básicos de uma implementação *Lean* é o conceito de zero defeitos, à prova de erros (Glenn & Blackmore, 2014). Esta metodologia de melhoria inclui conceitos como valor, fluxos de valor e de perfeição. Quando avaliamos a implementação da filosofia zero defeitos, devemos ter presente que falamos de uma filosofia impulsionadora para um alto nível de qualidade, mas não de um objetivo. Para a definição de um eficaz objetivo de qualidade, com a utilização de boas práticas, devem ser tidas em consideração várias orientações, tais como o controlo de recursos, controlo da aptidão dos processos e controlo do produto ou serviço. A tabela 11 apresenta as questões elencadas ao indicador de Zero Defeitos.

#	7- Zero Defeitos
51	É o próprio trabalhador no posto que faz a inspecção da qualidade, ou seja, a verificação da qualidade é efectuada durante o processo e não no fim ?
52	A operação produz peças Nok de sucata ou rework ?
53	Os defeitos são reparados dentro da linha pelo próprio trabalhador que o cometeu ?
54	Todos os problemas ou desvios aos standards têm um plano de acções associado (PDCA) ?
55	O trabalhador ou a equipa ajuda a descobrir a raiz do problema (exemplo: usando os 5 porquês) ?
56	O problema é corrigido na origem e eliminado para que não volte a ocorrer ?
57	Existem sistemas anti-erro (poka-yokes) ?
58	O cumprimento do Fifo é garantido ?

Tabela 11 - Indicador zero defeitos

- 8) Ergonomia física - Os designs de PT ergonómicos reduzem as lesões e o absentismo, melhorando assim a produtividade, qualidade e confiabilidade dos mesmos (Botti et al., 2017). A utilização de estratégias, movimentações ou standards que tenham em consideração fatores ergonômicos irão provocar uma melhoria no absentismo e produtividade geral na empresa. Na tabela 12 encontram-se as questões relacionadas com o indicador de Ergonomia física.

#	8- Ergonomia física
59	O trabalhador adota uma postura essencialmente estática ?
60	O trabalhador tem espaço suficiente (ex: espaço de movimentação, espaço para a execução do trabalho) ?
61	O trabalhador tem que usar uma cadeira não ajustável ?
62	A força necessária para executar o trabalho e/ou os pesos manipulados são excessivos (superior a 2Kg) ?
63	O trabalho exige o uso ou a manipulação frequente de ferramentas manuais ?
64	O esforço é repetido de forma contínua e por pelo menos uma hora ?
65	O trabalhador é obrigado a repetir as mesmas operações a uma cadência elevada (4X/min) ?
66	O trabalhador tem que levantar ou transportar pesos elevados (acima de 10 kg) ?
67	O plano de trabalho parece ser demasiado alto ou baixo para o trabalhador?
68	O trabalhador tem que assumir uma posição não natural ou forçada a fim de conseguir ver os mostradores, detalhes do trabalho ou para alcançar manipululos, peças, etc ?
69	O trabalhador adopta alguma das seguintes posturas para efectuar a tarefa: braços levantados, torção e/ou flexão do tronco ou pescoço ?
70	O trabalhador estende, flexa ou faz rotação do punho para executar a tarefa ?
71	O trabalhador realiza pegadas manuais do tipo "de pinça" (com os dedos), com alguma frequência?
72	O trabalhador tem que exercer esforços de empurrar, puxar, levantar ou baixar objectos estando o tronco curvado, torcido ou inclinado para trás ?

Tabela 12 - Indicador Ergonomia física

- 9) Ergonomia organizacional e cognitiva – A ergonomia cognitiva refere-se aos processos mentais, sendo estes cada vez mais necessários e utilizados na produção, sugerindo-se que as análises ergonômicas dos PT levem em consideração as diferenças entre as múltiplas inteligências, de forma a colocar a pessoa certa no lugar certo (Abrantes, 2011). A consideração da Ergonomia organizacional e cognitiva visa a otimização dos sistemas sociotécnicos, que inclui as estruturas organizacionais, políticas, regras e processos. Esta especialização da Ergonomia compreende aspetos relevantes, como as comunicações, conceção do trabalho, gestão de grupos, horários de trabalho, programação do trabalho em grupo, organizações em rede, teletrabalho, etc... Temos assim, na tabela 13, as questões relacionadas com este indicador.

#	9- Ergonomia organizacional e cognitiva
73	O layout permite contactos sociais ?
74	O ritmo de trabalho é controlado pelo próprio trabalhador ?
75	As tarefas de trabalho ou métodos são completamente restringidos pelas máquinas ?
76	Existe rotatividade entre os postos de trabalho tendo em consideração os grupos musculares ?
77	O nível de atenção exigido pelo trabalho é elevado ?
78	Há queixas frequentes dos trabalhadores devido ao stress ou pressão causada pelo trabalho ?
79	São frequentes os enganos dos trabalhadores ?
80	O tempo de formação para este Posto de Trabalho é demasiado longo?
81	O trabalho é constituído por tarefas sem ambiguidade e com informação exposta de forma clara?
82	O plano de trabalho prevê pausas para descanso? Se sim, têm duração suficiente para permitir uma recuperação completa ?

Tabela 13 - Indicador de ergonomia organizacional e cognitiva

- 10) Disciplina – O objetivo deste indicador é a medição do cumprimento dos standards implementados. A avaliação é expressa numa escala de 0 a 100 de acordo com a Tabela 14.

#	10- Disciplina / Sustentabilidade
83	Avaliar o cumprimento dos standards: 0 - nenhum standard é cumprido 25 - 25% dos standards são cumpridos 50 - 50% dos standards são cumpridos 75 - 75% dos standards são cumpridos 100 - 100% dos standards são cumpridos

Tabela 14 - Indicador Disciplina / Sustentabilidade

Após a conclusão do questionário, cada indicador é avaliado, onde é atribuída uma nota na forma de percentagem, representando o nível de implementação *Lean*. A percentagem final é calculada através da média das percentagens dos indicadores, de acordo com as chaves inseridas. As notas podem variar entre 100% e 0%, se estiver conforme ou não conforme, respetivamente. As perguntas as quais a resposta foi “Não Aplicável (NA)”, não foram consideradas no cálculo.

O resultado é apresentado em forma de gráfico radial, com as pontuações de cada indicador, pontuação total, pontuação objetivo, domínios a trabalhar e ainda, todas as informações relativamente à auditoria e nome dos auditores.

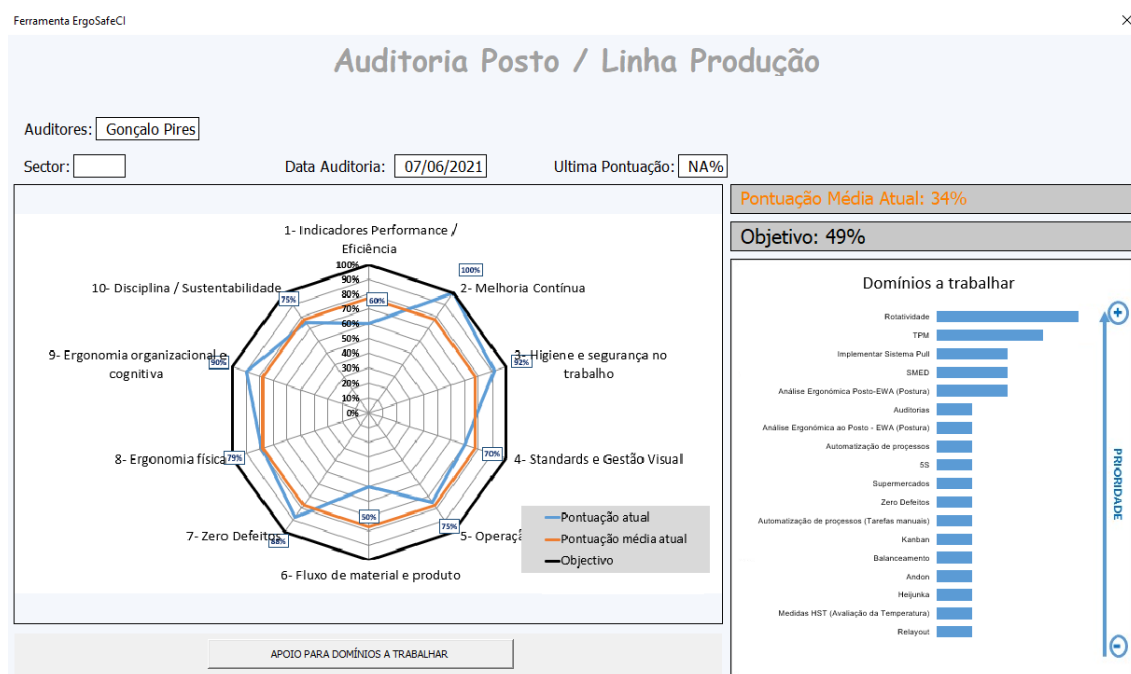


Figura 8 - Apresentação dos resultados pela ferramenta ErgoSafeCI

Esta avaliação deve ser realizada periodicamente de forma a avaliar o progresso da melhoria contínua nas diferentes vertentes. Assim, é possível obter métricas de avaliação para cada vertente da ferramenta e a monitorização das mesmas, contribuindo assim para o principal objetivo desta ferramenta, a melhoria contínua.

3.3 Melhorias e adaptações da ferramenta

O primeiro passo para a adaptação do Software à empresa em questão foi o desenvolvimento de uma análise crítica a todos os indicadores. Todas as questões foram também analisadas de forma a conseguir criar uma avaliação correta e que tivesse em consideração a realidade empresarial em questão.

Todas as alterações aos indicadores serão apresentadas de seguida, bem como a explicação e a importância de cada um.

3.3.1 Modificações ao questionário

- Indicador de Eficiência

Este indicador sofreu três alterações. A primeira alteração foi apresentada na questão 3, onde esta passou a ser mais inclusiva e englobar mais KPI's. Esta alteração foi feita com o intuito de analisar a produção de uma empresa de forma mais abrangente, mas também de forma mais concisa. A utilização de um só KPI cria uma visão unilateral de processos, não podemos descurar indicadores distintos, como por exemplo de quantidade, custos ou qualidade.

A segunda alteração realizada foi a transição das questões “Existiram acidentes de trabalho nos últimos seis meses” e “Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise?” para o indicador de Higiene e Segurança no trabalho, devido ao seu desenquadramento neste indicador.

A última alteração efetuada foi a criação de duas questões, “O MTTR e o MTBF, têm baixado e subido, respetivamente, ao longo do tempo?” e “Os objetivos derivados dos indicadores são coerentes e monitorizados periodicamente de forma a avaliar a eficácia do processo?”. A primeira alteração foi feita devido à necessidade de avaliar os processos de manutenção presentes na produção de uma empresa enquanto indicador mensurável. A segunda, foi criada com o intuito de avaliar o nível de monitorização de uma produção, devido à necessidade de existir um controlo atento, coerente e suficiente de todos os processos em realização dentro da produção.

#	1- Indicadores Performance / Eficiência
1	A média do OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>) é superior a 85% ?
2	O tempo total de paragens (incluindo manutenção planeada) é superior a 10% ?
3	Os KPI's (<i>Key Performance Indicator</i>) estão actualmente dentro do objectivo ?
4	O MTTR e o MTBF, tem baixado e subido, respetivamente, ao longo do tempo?
5	Os objectivos derivados dos indicadores são coerentes e monitorizados periodicamente de forma a avaliar a eficácia do processo?

Tabela 15 - Indicador de Eficiência adaptado

- Indicador de Melhoria contínua

Neste indicador foram efetuadas três alterações. A primeira foi a remoção de “no mínimo de 6 em 6 meses” da questão 10, devido a sobreposição com a questão 11. A segunda alteração foi à questão 12, onde foram realizadas duas modificações, a

primeira foi a alteração de diárias para semanais e a segunda foi a adição de formais ou informais, onde se pretendeu englobar várias vertentes de reuniões em diversos cenários, não existindo a necessidade de realização de reuniões formais em ambiente de produção de forma contínua. A última alteração foi a questão 7, passando de revisões mensais para revisões trimestrais, de forma a estas conseguirem ter validade estatística.

#	2- Melhoria Contínua
6	Todos os indicadores avaliados no ponto anterior + lead time têm vindo a melhorar ?
7	Os standards são revistos e melhorados mensalmente ?
8	Existe o mapa actual e futuro do fluxo de valor (VSM) do produto ou família do produto em análise ?
9	O trabalhador ou equipa tem conhecimentos na área lean (reconhece a diferença entre valor e desperdício e identifica as características de um posto lean em termos de fluxo, gestão visual, standards, etc..) ?
10	Todos se sentem responsáveis pela melhoria contínua e participam activamente dando ideias de melhoria?
11	O trabalhador foi envolvido em acções de melhoria nos últimos 6 meses ?
12	Estão previstas reuniões diárias, de forma formal ou informal, dedicadas à melhoria contínua? (ex: reuniões diárias Kaizen de 10min) ?

Tabela 16 - Indicador de Melhoria contínua adaptado

- Indicador de Higiene e segurança no trabalho

Neste indicador foram realizadas várias alterações, começando pela remoção das questões “Tem havido muitos acidentes ou consultas médicas?” e “Existiram acidentes de trabalho nos últimos 6 meses?” e a sua substituição pelas questões “O Índice de frequência é inferior a 40?” e “O Índice de gravidade é inferior a 1?”. Estas alterações surgem com o objetivo de quantificar e qualificar todos os acidentes de trabalho ocorridos na empresa, assim como o controlo e análise dos mesmos, de forma a mitigar os problemas existentes.

Foi efetuada uma alteração à questão 22, passando de “Os trabalhadores estão conscientes do risco e estão informados de como se devem proteger e/ou evitar o mesmo?” para “A empresa faz e divulga aos seus trabalhadores a avaliação de riscos do posto de trabalho e as medidas/ações para mitigar esses mesmos riscos?”, de forma a esta transmitir a responsabilidade legal por parte da empresa.

Foi ainda adicionada a questão “Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise?”, que anteriormente estava no Indicador de Eficiência.

#	3- Higiene e segurança no trabalho
13	O índice de frequência é inferior a 40?
14	O índice de gravidade é inferior a 1?
15	Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise?
16	A temperatura ambiente é desconfortável ou existem correntes de ar perceptíveis (avaliar no posto/área de trabalho e no local de descanso) ?
17	Existem libertação de gases, fumos ou poeiras no local de trabalho e são devidamente controladas ?
18	O ruído é elevado ou irritante (ex: perturba a conversação ou concentração do trabalhador) ?
19	A iluminação é boa (ex: está adequadamente colocada, é estável, etc...) ?
20	As ferramentas manuais ou os equipamentos produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo do trabalhador ?
21	O solo apresenta fendas ou discontinuidades ?
22	A empresa faz e divulga aos seus trabalhadores a avaliação de riscos do posto de trabalho e as medidas/ações para mitigar esses mesmos riscos?
23	A disposição do local de trabalho é susceptível de provocar acidentes?
24	A realização da operação envolve risco de acidentes (exemplo: a ferramenta de trabalho escorregadia ou difícil de agarrar, etc...) ?

Tabela 17 - Indicador de Higiene e segurança no trabalho adaptada

- Indicador de Standards e Gestão visual

O indicador de standards e gestão visual sofreu apenas uma alteração na questão 35. A modificação do texto de “Os cartões Kanban contêm a quantidade a produzir e o tempo de produção?” para “Os cartões Kanban ou formas similares de passagem de informação interna, contêm a quantidade a produzir e o tempo de produção?”, que foi feita com o intuito a tornar a questão mais abrangente e englobar diferentes formas de comunicação e transferências de informação interna, como por exemplo, ordens de produção.

#	4- Standards e Gestão Visual
25	Existem todos os standards necessários ao posto/área de produção (avaliar, no mínimo: IT, plano limpeza, plano manutenção, matriz escalonamento, matriz polivalências, limites de reação, auditorias 5S, etc...) ?
26	Todos os Standards e planos de ações para a resolução de problemas e implementação de melhorias estão devidamente colocados no posto de trabalho (estão visíveis ou são de fácil acesso) ?
27	Os Standards são visuais e de simples interpretação, ou seja, recorrem a figuras, imagens, fotos ?
28	O trabalhador executa a operação de acordo com o standard (cumpre a IT dentro do tempo estimado) ?
29	Está implementado o TPM (Total Productive Maintenance) ao posto ou linha de produção ?
30	São realizadas auditorias 5S ?
31	Os primeiros 3S não estão totalmente aplicados (Exemplo: existe algum equipamento que não funcione ou obsoleto no local trabalho, existem materiais ou ferramentas por identificar, o posto trabalho não apresenta estar limpo, etc..) ?
32	Toda a informação sobre os targets diários de produção (ex: quantidades a produzir vs quantidades produzidas, paragens produção, performance da equipa, etc...) estão visíveis (ex: Andon)?
33	Existe um sinal luminoso de aviso de paragem de linha ("pull the cord") ?
34	Existe um quadro de nivelamento onde os cartões Kanban de produção são colocados da esquerda para a direita com incrementos correspondentes ao pitch ?
35	Os cartões Kanban, ou similares formas de passagem de informação interna, contêm a quantidade a produzir e o tempo de produção ?

Tabela 18 - Indicador de Standards e Gestão Visual adaptado

- Indicador de Operação e Processo

Neste indicador foi clarificada a questão “O trabalho é organizado por equipas de trabalho em que todos têm formação para desempenhar qualquer função?”, passando a ficar “O trabalho é organizado por equipas de trabalho onde existe mais que um colaborador com formação para desempenhar cada tarefa?”. Foi adicionada também a questão “A empresa identifica e controla as variáveis/parâmetros críticos do processo?” e alterada a questão 38, passando de “linha/produção” para “linha/máquina” de forma a conseguir englobar diferentes tipos de produções com realidades distintas entre elas.

#	5- Operação e processo
36	A empresa identifica e controla as variáveis/parâmetros críticos dos processos?
37	A linha está balanceada?
38	Qualquer pessoa pode parar a linha/máquina se um problema ocorrer ?
39	Existem desperdícios relacionados com tempos de espera, transportes ou movimentações ?
40	O trabalhador executa operações que não acrescentam valor (ex: abastecimentos, setups, sobreprocessamento, etc) ?
41	Os tempos de setup ultrapassam os 10 min ou existem tarefas internas no setup que podem ser passadas para tarefas externas ?
42	O trabalho é organizado por equipas de trabalho onde existe mais que um colaborador com formação para desempenhar cada tarefa?
43	Existe alguma operação manual possível de ser feita de forma automática (recorrendo a automatismos) ?

Tabela 19 - Indicador Operação e processo adaptado

- Indicador de Fluxo de material e Produto

No indicador de fluxo de material e produto foram adicionadas as questões “A empresa elabora planos de produção, controlo e expedição para os produtos?” e “No planeamento da produção de um produto são identificadas restrições ou gargalos ao longo do processo?”. Estas foram adicionadas de forma a avaliar o planeamento técnico e temporal com fim à concretização dos objetivos especificados pela organização.

#	6- Fluxo de material e produto
43	O layout está organizado de forma a que seja possível haver fluxo (ex: célula de fabrico) ?
44	O layout é flexível, ajustando-se rapidamente a flutuações da procura de cliente superiores 25% ?
45	O planeamento é colocado num único posto de produção (pacemaker) ?
46	A Empresa elabora planos de produção, controlo e expedição para os produtos?
47	O posto ou linha de produção produz apenas o que o próximo processo necessita e quando necessita?
48	No Planeamento da produção de um produto são identificadas restrições ou gargalos ao longo do processo?
49	São usados supermercados onde não é possível o fluxo contínuo (exemplo: setups elevados, processos distantes, etc.) ?
50	A produção é nivelada ?
51	O EPEI (Every Part Every Interval) é o menor possível ?
52	O abastecimento de materiais ao posto ou linha produtiva é efectuado de forma normalizada (através de Kanbans e com horário e rota definida) ?

Tabela 20 - Indicador Fluxo de material e produto adaptado

- Indicador de Zero defeitos

Neste indicador foi adicionada a questão “A empresa elabora planos de controlo onde define as metodologias de controlo? (requisitos, meios, formas, fases, frequência, etc.)”. Esta questão surge de forma a conseguir qualificar o controlo e a gestão dos recursos internos de uma organização, assim como, a garantia das exigências estipuladas pela mesma.

#	7- Zero Defeitos
55	É o próprio trabalhador no posto que faz a inspecção da qualidade, ou seja, a verificação da qualidade é efectuada durante o processo e não no fim ?
56	A operação produz peças Nok de sucata ou rework ?
57	Os defeitos são reparados dentro da linha pelo próprio trabalhador que o cometeu ?
58	Todos os problemas ou desvios aos standards têm um plano de acções associado (PDCA) ?
59	O trabalhador ou a equipa ajuda a descobrir a raiz do problema (exemplo: usando os 5 porquês) ?
60	O problema é corrigido na origem e eliminado para que não volte a ocorrer ?
61	Existem sistemas anti-erro (poka-yokes) ?
62	O cumprimento do Fifo é garantido?
63	A empresa elabora planos de controlo onde define as metodologias de controlo? (Requisitos, meios, formas, fases, frequências, etc..)

Tabela 21 - Indicador Zero defeitos adaptados

- Indicador de Ergonomia organizacional e cognitiva

Neste indicador foi alterada a questão “O tempo de formação para este posto de trabalho é demasiado longo?” para “A empresa define a formação para o trabalhador em função do perfil de competências do trabalhador e do perfil requerido para a função?”. Esta alteração permite uma avaliação mais correta sobre a formação de trabalhadores na empresa, pois não é possível criar um plano de formação universal para trabalhadores diferentes e postos diferentes, sem ter em consideração a experiência anterior do colaborador e as especificidades de cada função.

Foi removida também a questão “As tarefas de trabalho ou métodos são completamente restringidos pelas máquinas?” e adicionada a questão “A empresa faz a avaliação da satisfação dos colaboradores nas relações interpessoais com os colegas, chefias e direção de topo?”.

#	9- Ergonomia organizacional e cognitiva
75	O layout permite contactos sociais ?
76	O ritmo de trabalho é controlado pelo próprio trabalhador ?
77	A empresa faz a avaliação da satisfação dos colaboradores nas relações interpessoais com os colegas, chefias e direção de topo?
78	Existe rotatividade entre os postos de trabalho tendo em consideração os grupos musculares ?
79	O nível de atenção exigido pelo trabalho é elevado ?
80	Há queixas frequentes dos trabalhadores devido ao stress ou pressão causada pelo trabalho ?
81	São frequentes os enganos dos trabalhadores ?
82	A empresa define a formação para o trabalhador em função do perfil de competências do trabalhador e o perfil requerido para a função?
83	O trabalho é constituído por tarefas sem ambiguidade e com informação exposta de forma clara?
84	O plano de trabalho prevê pausas para descanso? Se sim, têm duração suficiente para permitir uma recuperação completa ?

Tabela 22 - Indicador Ergonomia organizacional e cognitiva adaptado

É de seguida apresentada a tabela 23 onde é feita uma síntese das alterações.

Tabela 23 - Tabela resumo com as alterações

Tipo de alteração	Questão
Modificação	Os KPI's (Key Performance Indicator) estão atualmente dentro do objetivo?
Transição	Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise?
Adição	O MTTR e o MTBF, têm baixado e subido, respetivamente, ao longo do tempo?
Adição	Os objetivos derivados dos indicadores são coerentes e monitorizados periodicamente de forma a avaliar a eficácia do processo?
Modificação	Os standards são revistos e melhorados trimestralmente?
Modificação	Todos se sentem responsáveis pela melhoria contínua e participam ativamente dando ideias de melhoria?
Modificação	Estão previstas reuniões semanais, de forma formal ou informal, dedicadas à melhoria contínua?
Remoção	Tem havido muitos acidentes ou consultas médicas?

Remoção	Existiram acidentes de trabalho nos últimos 6 meses?
Adição	O índice de frequência é inferior a 40?
Adição	O índice de gravidade é inferior a 1?
Modificação	A empresa faz e divulga aos seus trabalhadores a avaliação de riscos do posto de trabalho e as medidas/ações para mitigar esses mesmos riscos?
Modificação	Os cartões kanban, ou similares formas de passagem de informação interna, contém a quantidade a produzir e o tempo de produção?
Modificação	O trabalho é organizado por equipas de trabalho onde existe mais que um colaborador com formação para desempenhar cada tarefa
Adição	A empresa identifica e controla as variáveis/parâmetros críticos do processo?
Modificação	Qualquer pessoa pode parar a linha/máquina se um problema ocorrer?
Adição	A empresa elabora planos de produção, controlo e expedição para os produtos?
Adição	No planeamento da produção de um produto são identificadas restrições ou gargalos ao longo do processo?
Adição	A empresa elabora planos de controlo onde define as metodologias de controlo?
Modificação	A empresa define a formação para o trabalhador em função do perfil de competências do trabalhador e do perfil requerido para a função?
Remoção	As tarefas de trabalho ou métodos são completamente restringidos pelas máquinas?
Adição	A empresa faz a avaliação da satisfação dos colaboradores nas relações interpessoais com os colegas, chefias e gestão de topo?

3.3.2 Desenvolvimento de uma aplicação

De forma a tornar a ferramenta mais “user friendly”, foi realizado um trabalho em conjunto com o estudante Pedro Ribeiro (1161503), com o intuito de tornar a utilização da ferramenta mais simples e intuitiva.

Assim, foi desenvolvida uma aplicação para android, onde será possível fazer toda a auditoria, guardar auditorias já realizadas e ainda ter acesso aos resultados de forma individual, resultados de indicadores de forma individual, áreas a trabalhar e ainda ao gráfico radial. É possível analisar as várias interfaces da aplicação na imagem seguinte.

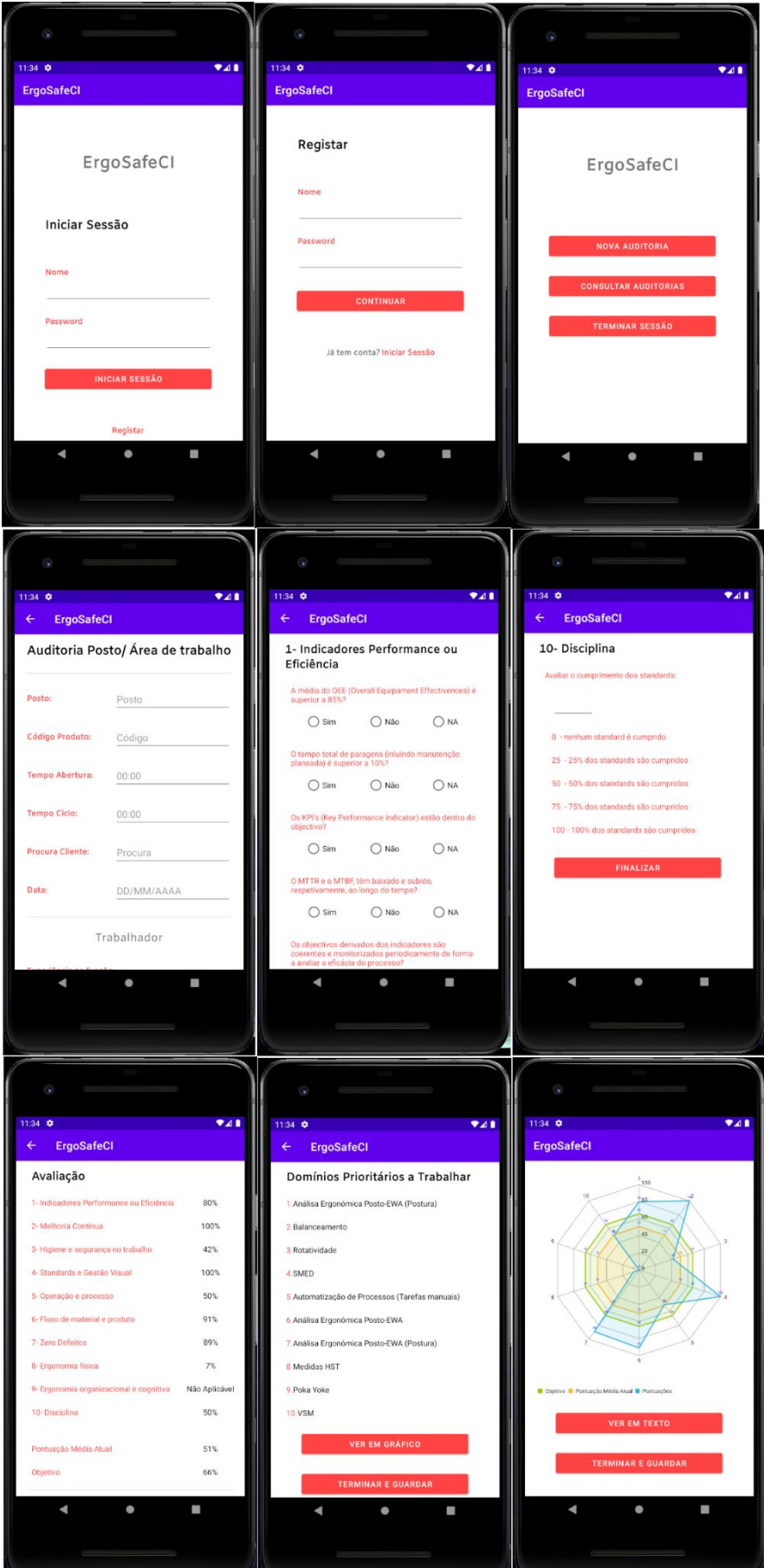


Figura 9 - Interface da Aplicação ErgoSafeCI.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Apresentação e discussão de resultados

4.2 Propostas de melhoria implementadas

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresentamos a análise dos resultados que efetuamos neste estudo, as principais conclusões do trabalho desenvolvido, referindo também as metodologias utilizadas e as principais conclusões que dele podem ser provenientes.

Por fim, são referidas algumas limitações do trabalho desenvolvido e apresentam-se linhas para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

4.1 Apresentação e discussão de resultados

Na primeira avaliação à empresa foi utilizada a ferramenta em três subprocessos, onde foram obtidos resultados diferentes em cada um deles. Os subprocessos selecionados para a fase de análise foram o subprocesso de moldação, acabamentos e maquinação. Estes foram escolhidos de forma a se conseguir analisar as várias partes do processo de produção dos produtos com maior volume de encomendas e que estão em constante funcionamento. Assim, foi decidido optar por um estudo aprofundado a estes três subprocessos, uma vez que estes estão todos interligados entre si durante toda a produção.

O primeiro passo para a análise de cada posto foi a reunião dos registos de produção de cada máquina, de forma a calcular o OEE para cada um dos PT. Este valor foi calculado através das OP no sistema da empresa. É possível analisar os valores obtidos para cada um dos subprocessos na tabela seguinte:

Tabela 24 - OEE de cada subprocesso em análise.

	Moldação	Acabamentos	Maquinação
OEE (%)	74	86	81

Quando analisados os resultados obtidos por cada subprocesso, constata-se que estes obtiveram bons resultados, considerando que o ótimo e desejável é no mínimo 85%.

O subprocesso de acabamentos, que é composto por duas etapas, a primeira realizada pelos colaboradores e a segunda realizada por um robô, foi o processo que obteve o maior valor no indicador. Este resultado deve-se principalmente ao facto de este ser calculado através dos dados de produção do robô.

4.1.1 Subprocesso de Moldação

O subprocesso de moldação, no qual o objetivo, é a realização com eficácia e em segurança das atividades de produção e controlo do processo de moldação auto-

secativa. Este subprocesso é composto por várias etapas, começando pela leitura da ordem de produção, onde deve ser tida em conta a informação nela vertida.

Depois de verificadas as condições da matéria-prima (mistura de areia e resina) e dos equipamentos, é montada a placa molde, onde é cheia e preparada com a mistura recorrendo à ajuda de um misturador. Depois de verificada a dureza da moldação, este é desmoldado de forma automática com recurso a um rollover e colocados os respetivos machos, caso se aplique. A caixa é depois fechada e enviada para o processo seguinte.

Neste setor existem dois indicadores que apresentam valores baixos, nomeadamente os indicadores de eficiência e fluxo de material e produto. Foram analisados todos os problemas que estão na origem destes indicadores com os valores mais baixos, para posteriormente proceder à sua melhoria. Na figura 10 é possível analisar o gráfico radial com os resultados obtidos.

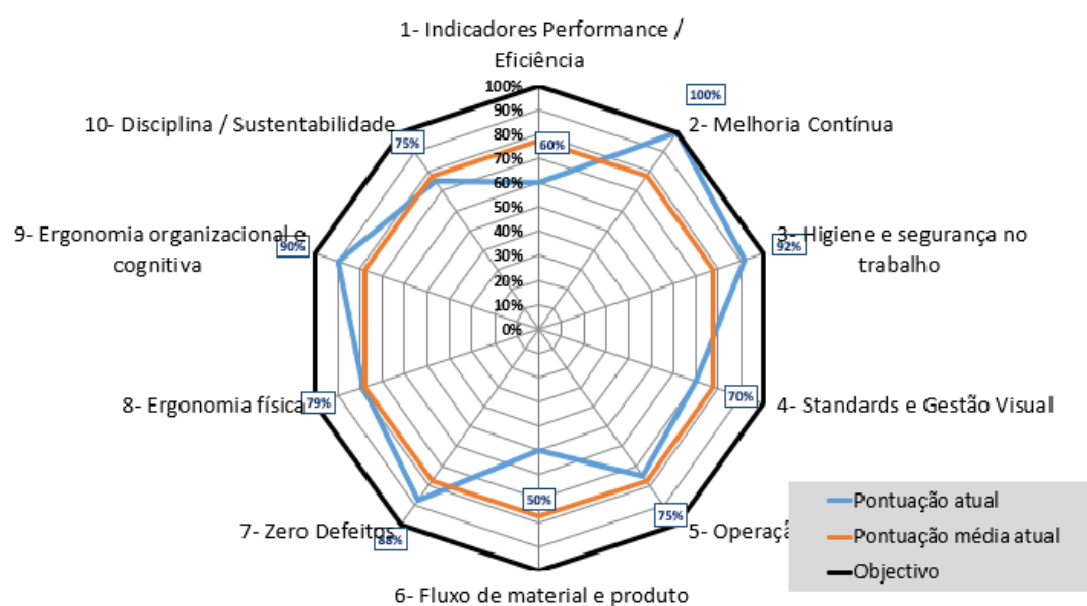


Figura 10 - Gráfico radial do subprocesso de moldação.

Depois da análise dos resultados referentes à moldação, foi possível descobrir problemas e consequentemente chegar a uma conclusão para as propostas de melhoria que poderiam ser implementadas de acordo com os indicadores que apresentaram as pontuações mais baixas. Na tabela seguinte é possível observar as propostas de melhoria para o subprocesso de moldação.

Tabela 25 - Problemas e propostas de melhoria para o subprocesso de moldação

Indicador	Problema	Proposta de melhoria
Eficiência	A inexistência de um sistema de manutenção contínuo, TPM, cria tempos de pausa significativos no funcionamento normal do posto	Implementação de um plano de manutenção preventiva, corretiva e preditiva. Seria possível uma redução de desperdícios humanos e de

de trabalho devido a tempos de espera, existindo menos inoperacionalização das paragens e menos defeitos. máquinas.

Fluxo de material e produto
O fluxo de matéria-prima, mais propriamente as caixas de moldação, estão armazenadas num armazém distante do posto de trabalho, levando assim a perdas de tempo entre setups.

A criação de um pequeno armazém, onde fossem colocadas as caixas de moldação em utilização, perto do posto de trabalho. Esta implementação iria reduzir as deslocações de colaboradores assim como tempos de paragem por inexistência de caixas disponíveis para o processo de moldação.

4.1.2 Subprocesso de Acabamentos

O Subprocesso de acabamentos é realizado após a operação de abate da moldação. Este tem como objetivo a remoção do material que está a mais na peça, como grito e alimentadores. A primeira etapa do processo é o corte de grito e alimentadores provenientes do vazamento. Esta é seguida de uma rebarbagem dos planos de junta e excedentes dos ataques do grito e da alimentação. As peças passam ainda por uma operação de acabamento fino através de um robô. A última operação neste subprocesso é o processamento através de granalhagem para remover as areias superficiais e criar uniformidade na superfície das peças. Na figura 11 é possível observar o gráfico radial com os resultados referentes a este subprocesso.

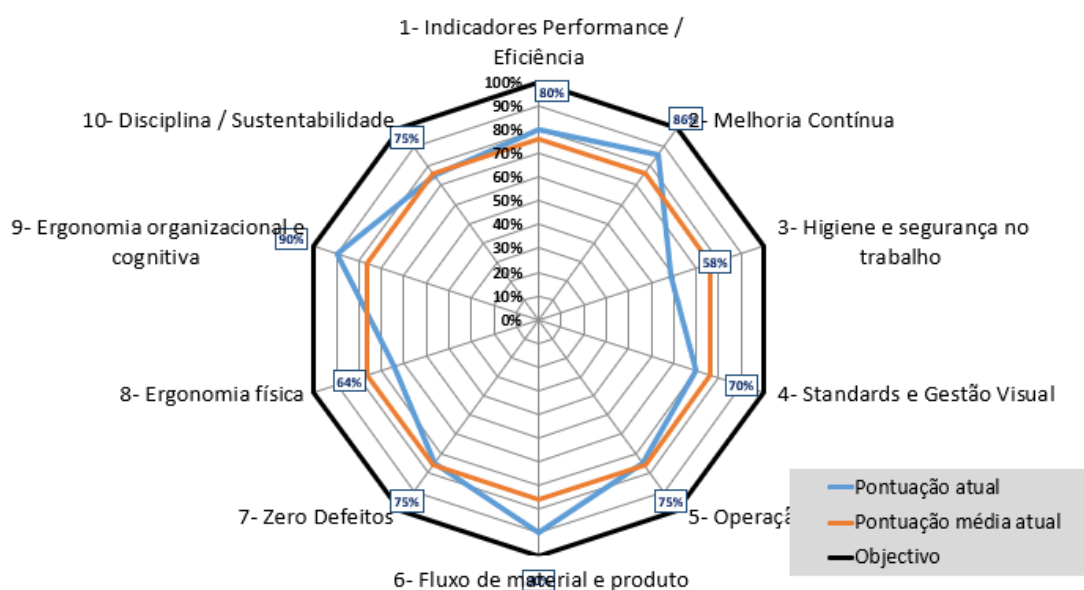


Figura 11 - Gráfico radial do subprocesso de Acabamentos

Neste setor existem indicadores que apresentam valores baixos, nomeadamente os indicadores de higiene e segurança no trabalho e ergonomia física.

Analisando os resultados, foram debatidas várias alternativas para possíveis intervenções, tendo em conta as necessidades e prioridades para a empresa. Foram também consideradas as sugestões por parte dos trabalhadores, que juntamente com ferramentas *Lean*, permitiram a realização de uma melhoria do local de trabalho para o bem-estar dos colaboradores.

Tabela 26 - Problemas e sugestões de melhoria para o subprocesso de acabamentos

Indicador	Problema	Proposta de Melhoria
Higiene e segurança no trabalho	Na seção da fábrica onde se encontra este subprocesso existe uma baixa iluminação do espaço. Este problema resulta num maior esforço por parte dos colaboradores para a execução dos trabalhos.	Realização de uma intervenção à iluminação da secção onde se encontra este subprocesso. Esta melhoria iria permitir uma maior visibilidade do local de trabalho assim como uma redução do esforço por parte dos colaboradores na execução das tarefas.
Higiene e segurança no trabalho	Este subprocesso é o que apresenta maior índice de frequência, superior a 40, e o maior número de acidentes de trabalho.	A aquisição de um novo robô, para a realização das tarefas de cortes dos gitos e canais de distribuição. A automatização deste processo irá reduzir o risco de acidentes de trabalho assim como uma melhoria ergonômica nas funções dos colaboradores.
Ergonomia física	Neste subprocesso o operador realiza todo o seu trabalho estando de pé, tendo que manusear e trabalhar peças, executando esta tarefa durante longos períodos de tempo.	A aquisição e implementação de bancos altos neste PT irá diminuir o risco de lesões musculoesqueléticas, assim como uma diminuição do esforço requerido para a execução das tarefas.

4.1.3 Subprocesso de Maquinação

O subprocesso de maquinação tem três objetivos, o melhoramento do acabamento superficial das peças, garantir as tolerâncias dimensionais apertadas e a realização de operações que não foram possíveis ou desejáveis realizar por moldação e fundição.

A primeira etapa neste subprocesso é a leitura da ordem de produção de forma a levar em conta a informação nela contida. Após a verificação dos equipamentos, é necessário a montagem dos suportes/gabaritos correspondentes à peça a maquinar. A etapa seguinte é a seleção do programa de maquinação e a colocação da peça no suporte. Após o fim do ciclo, é feito um controlo dimensional e visual, e se os resultados são os esperados, é dada de imediato continuação da produção do lote, caso contrário, são feitos ajustes de forma a corrigir os desvios encontrados e poder continuar com a produção do lote. Na figura seguinte é possível observar o gráfico radial com os resultados referentes a este subprocesso

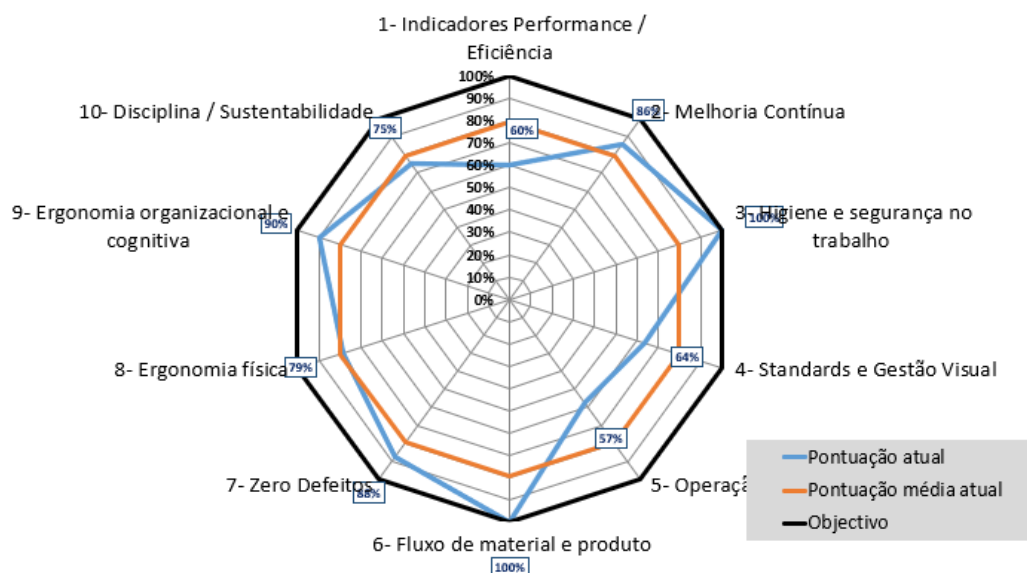


Figura 12 - Gráfico radial referente ao subprocesso de maquinação

Neste setor existem dois indicadores que mostram valores baixos, nomeadamente, o indicador de eficiência e o indicador de operação e processo. Depois de analisados os resultados, foram construídas várias soluções de forma que estes possam ser melhorados. As mesmas estão presentes na tabela seguinte.

Tabela 27 - Problemas e sugestões de melhoria para o subprocesso de maquinação

Indicador	Problema	Proposta de melhoria
Eficiência	A inexistência de um sistema de manutenção contínuo, TPM, cria tempos de pausa significativos no funcionamento normal do posto de trabalho devido a inoperacionalização das máquinas.	Implementação de um plano de manutenção preventiva, corretiva e preditiva. Seria possível uma redução de desperdícios humanos e de tempos de espera, existindo menos paragens e menos defeitos.
Operação e processo	A existência de produtos	Neste subprocesso, a

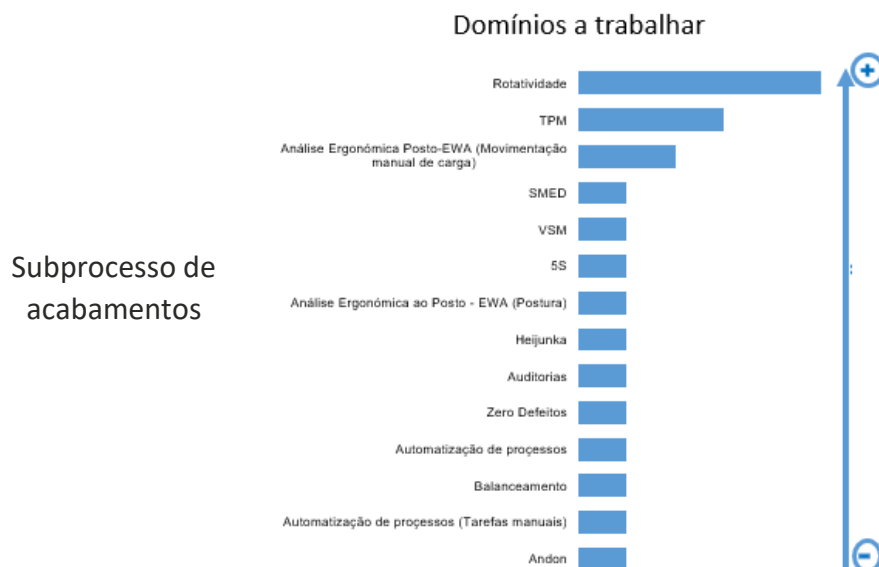
de alguma complexidade que exigem a realização da maquinação em duas ou mais operações (duas posições de aperto). Isto leva a um aumento do tempo perdido devido ao maior número de setup's a realizar.

solução passaria pela aquisição de mais uma CNC de 5 eixos. Esta melhoria iria reduzir o número de setups e operações a realizar por parte dos colaboradores, aumentando assim o tempo disponível para produção.

Todas as avaliações aos postos de trabalho, para além de analisadas individualmente, foram também analisadas em conjunto, de forma que se possam perceber problemas que possam ser mais reduzidos, mas que afetem toda a produção da empresa. Para isso foi analisada a tabela auxiliar dinâmica de todos os postos de trabalho, de forma a encontrar semelhanças. Nas figuras seguintes é possível observar os gráficos referentes a cada um dos PT.

Tabela 28 - Tabelas auxiliares dinâmica de todos os subprocessos.





Analisando os resultados obtidos, percebemos que nos domínios recomendados a trabalhar de todos os subprocessos, existem algumas semelhanças, em concreto, a maior necessidade de trabalhar a rotatividade de colaboradores e a implementação de TPM. De seguida será apresentado um quadro resumo com todas as sugestões de melhoria, com a sua descrição e posto de trabalho associado.

Tabela 29 - Quadro resumo com sugestões de melhoria.

Identificação de melhoria	Subprocesso	Melhoria proposta
1	Todos os subprocessos	Implementação de um plano de manutenção preventiva, corretiva e preditiva. Seria possível uma redução de desperdícios humanos e de

		tempos de espera, existindo menos paragens e menos defeitos.
2	Todos os subprocessos	A criação de um plano de trabalho para os colaboradores, onde fossem realizadas rotatividades entre postos de trabalho tendo em conta os esforços e os grupos musculares envolvidos em cada PT.
3	Subprocesso de Moldação	A criação de um pequeno armazém, onde fossem colocadas as caixas de moldação em utilização, perto do posto de trabalho. Esta implementação iria reduzir as deslocações de colaboradores assim como tempos de paragem por inexistência de caixas disponíveis para o processo de moldação.
4	Subprocesso de acabamentos	Realização de uma intervenção à iluminação da secção onde se encontra este subprocesso. Esta melhoria iria permitir uma maior visibilidade do local de trabalho assim como uma redução do esforço por parte dos colaboradores na execução das tarefas.
5	Subprocesso de acabamentos	A aquisição de um novo robô, para a realização das tarefas de cortes dos gitos e canais de distribuição. A automatização deste processo irá reduzir o risco de acidentes de trabalho assim como uma melhoria ergonômica nas funções dos colaboradores.
6	Subprocesso de acabamentos	A aquisição e implementação de bancos altos neste PT irá diminuir o risco de lesões musculoesqueléticas, assim como uma diminuição do esforço requerido para a execução das tarefas.
7	Subprocesso de maquinação	Neste subprocesso, a solução passaria pela aquisição de mais uma CNC de 5 eixos. Esta melhoria iria reduzir o número de setups e operações a realizar por parte dos colaboradores, aumentando assim o tempo disponível para produção.

4.2 Propostas de melhoria implementadas

Das sete propostas de melhoria apresentadas à empresa, cinco foram aceites. Destas cinco propostas aceites, três estão implementadas e duas estão previstas implementar no quarto trimestre de 2021 e primeiro trimestre de 2022.

4.2.1 Análise da implementação da proposta 2

A criação de um plano de trabalho onde existisse rotatividade entre trabalhadores, considerando fatores ergonômicos e principalmente, grupos musculares, foi uma proposta bem recebida por parte da empresa. No entanto, não foi pretendido fazer rotatividade entre subprocessos e setores, devido a necessidade de formações especiais dos colaboradores, sendo apenas elaborado um plano dentro do mesmo subprocesso, para as várias tarefas a realizar.

Assim, a primeira fase desta melhoria foi a descrição de cada posto de trabalho tendo em conta a tarefa e os grupos musculares em utilização para a realização de cada uma. É possível analisar as várias tarefas, grupos musculares envolvidos e o nível de exigência física comparativamente entre as várias funções na tabela seguinte.

Tabela 30 - Descrição das tarefas no subprocesso de acabamentos e grupos musculares envolvidos

Tarefa	Nível de exigência física (Comparativa)	Grupos Musculares
Corte dos gitos e alimentadores	Alta	Deltóides; Tríceps; Antebraços;
Rebarbagem dos planos de junta e excedentes	Alta	Deltóides; Tríceps; Antebraços;
Lixamento de toda a zona de rebarbagem	Média	Deltóides; Bíceps; Tríceps; Antebraços;
Alimentação do robô	Baixa	Bíceps; Tríceps;
Alimentação da grenalhadora	Média/Baixa	Bíceps; Tríceps;

Os grupos musculares considerados estão descritos na imagem seguinte.

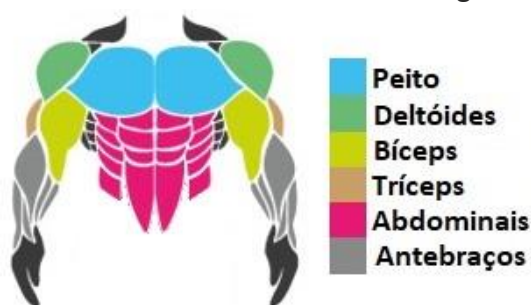


Figura 13 - Grupos musculares considerados

A segunda fase da implementação foi o desenho de um programa de trabalho para cada semana. Nesta fase foi considerado o número de trabalhadores e as funções que cada posto tem. Neste subprocesso existem dois trabalhadores a realizar os cortes, um trabalhador a realizar a tarefa de rebarbagem, dois trabalhadores a realizar a tarefa de lixamento, sendo que um deles está responsável pela alimentação do robô. Assim, foi desenhado um plano a realizar ao longo de cinco semanas onde todas as tarefas fossem realizadas em algum ponto por todos os colaboradores. É possível analisar o plano na tabela seguinte.

Tabela 31 - Plano de trabalho para o subprocesso de acabamentos.

Trabalhador	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5
1	Corte	Lixamento	Corte	Alimentação	Rebarbagem
2	Corte	Alimentação	Rebarbagem	Corte	Lixamento
3	Rebarbagem	Corte	Lixamento	Corte	Alimentação
4	Lixamento	Corte	Alimentação	Rebarbagem	Corte
5	Alimentação	Rebarbagem	Corte	Lixamento	Corte

Sendo um dos objetivos a reavaliação dos PT após as melhorias, que neste caso sofreu três implementações, apenas será descrita a reavaliação na análise da implementação da proposta 6.

4.2.2 Análise da implementação da proposta 4

Assegurar que os níveis de iluminação no local de trabalho são adequados, contribui para um melhor desempenho, aumentando o rendimento no trabalho, a produtividade e a satisfação no local de trabalho. Ao mesmo tempo, também contribui para uma redução dos riscos, quer na ocorrência de acidentes de trabalho, quer na saúde dos colaboradores.

O nível e qualidade de iluminação necessária dependem de vários fatores, como por exemplo a natureza da tarefa, a precisão visual ou o ambiente onde esta é realizada.

A implementação desta melhoria foi dividida em três fases, avaliação, discussão e implementação. A primeira fase começou com a medição da iluminância, com recurso a luxímetro, onde foram feitas várias medições em vários pontos da secção de forma a obter um valor médio de toda a área em análise.

A segunda fase desta implementação foi marcada pela discussão e decisão das novas lâmpadas e candeeiros. A última fase de implementação foi a montagem das mesmas e uma execução de uma nova medição da iluminância. Na tabela seguinte é possível observar os valores de iluminância antes e depois da implementação.

Tabela 32 - Medições da iluminância no subprocesso de acabamentos

	Antes	Depois
Iluminância média (Lux)	350	700



Figura 14 - Lâmpada Phillips Lumileds 150.

Esta melhoria foi possível devido à substituição das lâmpadas antigas pelas Philips Lumileds com 150W de potência, obtendo assim uma melhoria de 100% no nível de iluminação do setor. É possível observar as novas lâmpadas na figura 14.

4.2.3 Análise da implementação da proposta 6

Para a implementação da proposta de utilização de bancos altos foi realizado um “dia de teste”. Este teste iria permitir conferir a aplicabilidade da implementação e se, apesar de melhorar o posto de trabalho a nível ergonómico, não iria causar perdas a nível de eficiência e de segurança.

Assim, foram colocados quatro bancos nos PT, de onde foram realizadas as tarefas durante todo o dia. De forma a avaliar a implementação, foi realizada uma reunião com os colaboradores de forma a perceber quais as diferenças sentidas na realização das tarefas, o seu feedback relativamente à mesma e as suas preferências.

Apesar de terem sido sentidas várias diferenças, o feedback e a preferência da equipa relativamente ao método de trabalho foi unânime, trabalhar sem os bancos. Foram realçados os pontos onde foi sentido um menor cansaço no final do dia, mas sentido um maior stress devido ao constrangimento nas movimentações resultantes da realização das tarefas. Depois da reunião com os colaboradores foi decidido a remoção desta implementação.

Sendo um dos objetivos a reavaliação dos PT após as melhorias, foi realizada uma nova avaliação ao subprocesso de acabamentos, de forma a conseguir quantificar o progresso realizado. É possível analisar o novo gráfico radial referente ao subprocesso de acabamentos na figura seguinte.

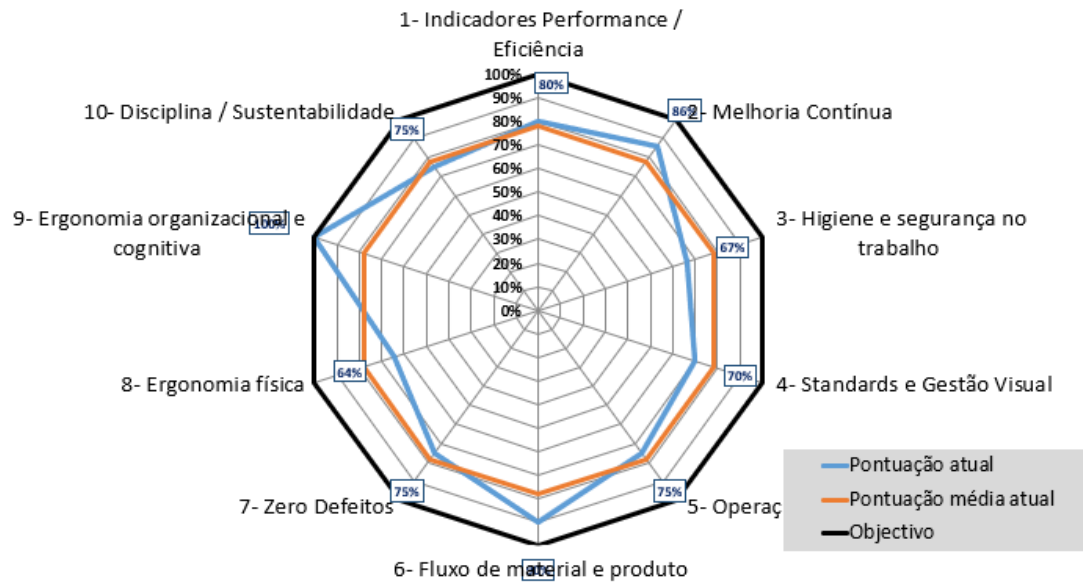


Figura 15 - 2º Gráfico radial do subprocesso de acabamentos

Após a realização de uma nova análise aos PT pós implementação das melhorias, embora a média apenas tenha subido dois pontos percentuais, foi possível notar uma melhoria em três indicadores, Higiene e segurança no trabalho, Standards e gestão visual e Ergonomia organizacional e cognitiva. É possível observar as variações dos valores dos indicadores na tabela seguinte.

Tabela 33 - Variações de resultados entre a 1ª e 2ª avaliação aos PT

Indicador	1ª Pontuação	2ª Pontuação
Higiene e segurança no trabalho	58	67
Standards e gestão visual	64	70
Ergonomia organizacional e cognitiva	90	100
Média	76	78

4.2.4 Análise da implementação da proposta 5

A implementação de um novo robô no subprocesso de acabamentos, de forma a automatizar a tarefa de corte dos gitos e alimentadores, foi bem acolhida por parte da empresa e irá ser incluída no plano de investimentos da empresa para o ano de 2022. Esta implementação irá criar melhorias significativas no subprocesso, para além da melhoria da eficiência dos PT. Irá também criar melhorias a nível da ergonomia física devido a automatização do processo, assim como uma melhoria da HST, na área com o maior índice de frequência da produção, com uma diminuição do mesmo, devido a uma transformação da tarefa a realizar.

Apesar de ainda não ser possível a realização de reavaliação ao PT com esta melhoria implementada, foi realizada uma previsão da mesma. É possível analisar o novo gráfico radial na figura seguinte.

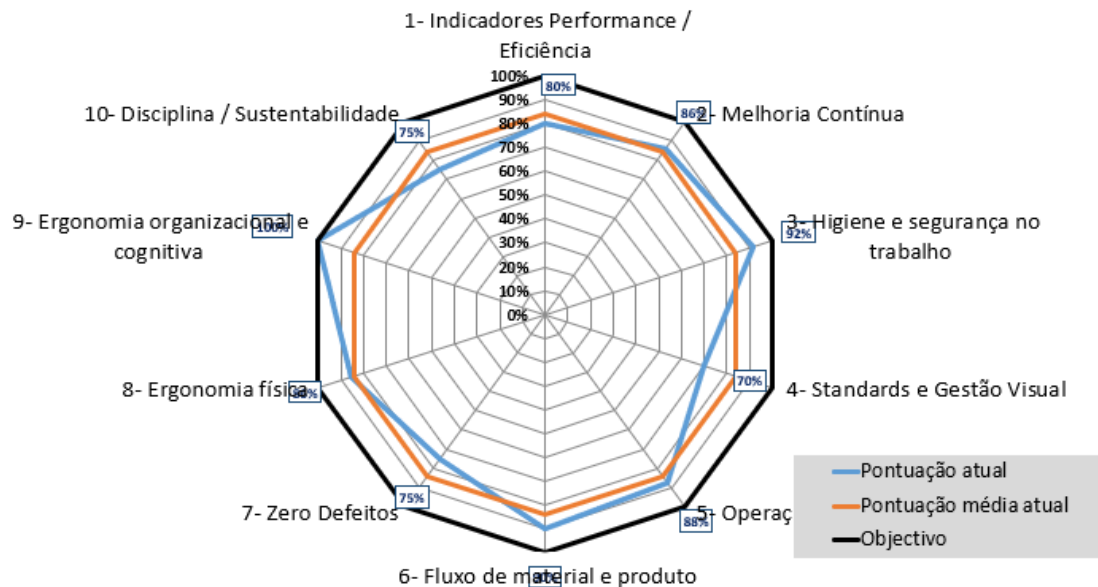


Figura 16 - Previsão do gráfico radial do subprocesso de acabamentos

Analisando o gráfico é facilmente perceptível que esta implementação terá grandes impactos em diferentes níveis. A previsão das variações dos indicadores assim como a média geral é possível observar na tabela seguinte.

Tabela 34 - Previsão das variações para uma 3ª Avaliação ao subprocesso de acabamentos.

Indicador	2ª Pontuação	Previsão da 3ª Avaliação
Higiene e segurança no trabalho	67	92
Operação e processo	75	88
Ergonomia física	64	83
Média	78	84

4.2.5 Análise da implementação da proposta 7

A aquisição de uma nova CNC de 5 eixos por parte da empresa foi uma proposta de melhoria bem acolhida, que ainda irá realizar este ano, com previsão para o quarto trimestre.

A implementação de uma nova CNC no subprocesso de maquinaria irá criar uma melhoria na produção, tanto a nível de qualidade como de quantidade produzida de peças. Será também possível uma redução do número de setup's necessários, pois apenas será solicitado um aperto para a realização da operação. Assim, esta

implementação irá criar uma melhoria, possível de analisar na tabela seguinte, no indicador de Operação e processo.

Tabela 35 - Previsão das variações para uma 3ª Avaliação ao subprocesso de maquinação.

Indicador	1ª Avaliação	Previsão 2ª Avaliação
Operação e processo	57	71
Média	82	83

CONCLUSÕES

5 Conclusões

Neste subcapítulo são apresentados os resultados finais que decorreram deste trabalho de investigação, sendo depois formuladas as conclusões mais relevantes assim como limitações do estudo e propostas de trabalhos futuros.

5.1 Conclusões Finais

Durante a realização deste estudo, existiu a oportunidade de melhorar e aplicar a ferramenta ErgoSafeCI. A primeira fase deste trabalho consistiu numa análise crítica ao questionário da ferramenta, onde foram realizadas variadíssimas alterações com finalidades diferentes, desde clarificar questões, abranger áreas que não eram avaliadas ou modificações para alterar a finalidade das mesmas, entre outras. Foi também possível a criação da aplicação, em trabalho conjunto, de forma a tornar a aplicação ainda mais “user friendly” e que pudesse ser utilizada na “palma da mão”.

Assim, o processo de realização da avaliação aos PT tornou-se ainda mais simples e intuitivo, podendo reduzir o tempo de realização da mesma para dez minutos e reduzindo ainda os possíveis erros na inserção das respostas.

Este trabalho permitiu também apoiar estudos já realizados, demonstrando que riscos ergonômicos podem levar a desperdícios *Lean*, significando que a ergonomia do PT e a filosofia *Lean* estão intimamente ligados entre si (Oliveira et al., 2018).

A ergonomia é uma das bases para uma renovação *Lean*, e esta, é uma das bases para uma redução dos riscos ergonômicos (Aqlan et al., 2013). É possível realçar que este trabalho permitiu provar que através de uma implementação *Lean* considerando fatores ergonômicos e de saúde e segurança, é possível criar melhorias na produtividade de uma empresa assim como nas condições de trabalho dos colaboradores.

No âmbito desta dissertação, optou-se pela metodologia Investigação-ação, realizando-se um estudo numa empresa, onde foi “implementada” a filosofia *Lean*. A filosofia *lean* deve desenvolver nos colaboradores uma visão crítica, capaz de melhorar o sistema de produção e alcançar os objetivos da empresa.

Olhando diretamente para a questão de investigação “Será a ErgoSafeCI uma boa ferramenta de apoio à decisão, e ajuda na implementação da melhoria contínua, nos processos produtivos de uma empresa de fundição de alumínio?”, será possível afirmar que esta ferramenta é um bom apoio à decisão durante a implementação de uma melhoria contínua em processos produtivos. Esta permite uma análise aos PT considerando fatores ergonômicas e garantindo um bom desempenho físico e psicológico do colaborador. Como refere Pinto (2009), o pensamento *lean* é uma abordagem inovadora às práticas de gestão, orientando a sua ação para a eliminação

gradual de fontes de desperdício, através de abordagens e procedimentos simples, procurando a perfeição dos processos, sustentada numa atitude de permanente insatisfação e de melhoria contínua.

Os objetivos propostos inicialmente foram atingidos, tendo sido feita a análise e melhoria da ferramenta, incluindo a sua revisão bibliográfica. Foi também utilizada em três postos de trabalho, de onde foram retiradas propostas de melhorias, que foram implementadas e por fim foi feita a sua reavaliação.

5.2 Limitações do estudo

No que concerne ao estabelecimento de uma relação entre produção *lean* e a sustentabilidade económica, ambiental e social das organizações é de referir que as conclusões apresentadas nesta tese baseiam-se num único estudo de caso. Ainda assim, seria interessante replicar este estudo noutras empresas de modo a reforçar as conclusões obtidas.

A revisão da literatura que efetuámos, ajudou a dar resposta aos objetivos propostos que abrangeram a três postos de trabalho de três subprocessos distintos. Embora não fosse possível atingir todos os objetivos na medida em que apenas existiu uma reavaliação ao subprocesso de acabamentos, apesar de terem sido realizadas previsões de melhoria de duas propostas, estas ainda não foram implementadas a tempo de conseguir retirar conclusões baseadas em resultados reais.

5.3 Propostas de trabalhos futuros

Como neste trabalho é referido a melhoria contínua como uma estratégia essencial na gestão de uma empresa, torna-se então necessário a busca constante por oportunidades de melhoria. Esta ferramenta não deve apenas servir como base de avaliação aos PT, mas também para orientar o utilizador na escolha das ferramentas a serem utilizadas para as melhorias das áreas críticas, ou seja, os indicadores com pontuações mais baixas. Uma solução seria a revisão das mesmas, onde fossem revistas e melhoradas as sugestões de ferramentas Lean a aplicar em cada cenário diferente. Um dos problemas também encontrados durante a utilização da ferramenta, foi a atribuição do peso contributivo de todas as questões, dentro de cada indicador, ser o mesmo. Este problema poderá causar distorção na análise dos resultados, pois a realidade empresarial não estará totalmente refletida nos resultados. Uma das soluções para este problema seria a atribuição a cada questão de um peso diferente.

De forma a permitir a obtenção de resultados mais conclusivos seria interessante dar continuidade ao presente estudo. De igual forma, para colmatar algumas das limitações encontradas, seria interessante o desenvolvimento de estudos futuros com algumas particularidades, nomeadamente:

- Realizar um estudo comparativo com uma empresa do mesmo setor de atividades, que não tenha implementado a filosofia *Lean Production* e a integração da Ergonomia;
- Realizar um trabalho que para além de dados de incidência de doenças profissionais, fosse complementado com dados relativos à satisfação, ao absentismo, à prevalência de sintomatologia e produtividade;
- Ponderar a criação e monitorização de indicadores ergonómicos, em fase de aprovação de linhas e/ou produtos, que permitam o controlo da exposição aos fatores de risco de LMERT.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Abrantes, J. (2011). A Ergonomia Cognitiva e as Inteligências Múltiplas. *VIII Simpósio de Excelência Em Gestão e Tecnologia*, 14.
<http://repositorio.ucp.pt/handle/10400.14/7284>
- Åhlström, P. (2004). Lean service operations: Translating lean production principles to service operations. *International Journal of Services, Technology and Management*, 5(5–6), 545–564. <https://doi.org/10.1504/IJSTM.2004.006284>
- Alayón, C., Säfssten, K., & Johansson, G. (2017). Conceptual sustainable production principles in practice: Do they reflect what companies do? In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 141). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.079>
- Alexandre, G., & Pedrosa, L. (2014). *Implementação LEAN : padronização e auditorias numa linha de pintura industrial Implementação LEAN : padronização e auditorias numa linha de pintura industrial*.
- Almeida, L., Zanette, A., Paulino, J., Paula, D., & Ferreira, L. (2013). *Proposta De Melhoria Para Segurança E Saúde Do Trabalho Em Uma Indústria De Perfilados. August 2017*.
- Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. In *Journal of Manufacturing Systems* (Vol. 35). The Society of Manufacturing Engineers. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.12.003>
- Bakri, A. H., Rahim, A. R. A., Yusof, N. M., & Ahmad, R. (2012). Boosting Lean Production via TPM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 65(ICIBSoS), 485–491. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.153>
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 34, Issue 7). <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bhasin, S. (2011). Measuring the leanness of an organization. *International Journal of Lean Six Sigma*, 55–74.
- Borsos, G., Iacob, C. C., & Calefariu, G. (2016). The use KPI's to determine the waste in production process. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 161, Issue 1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012102>
- Botti, L., Mora, C., & Calzavara, M. (2017). Design of job rotation schedules managing the exposure to age-related risk factors. In *IFAC-PapersOnLine* (Vol. 50, Issue 1). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2420>
- Brito, M. F. (2019). Lean Engineering for Global Development. In *Lean Engineering for*

- Global Development* (Issue January). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-13515-7>
- Brito, M. F., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2020). A continuous improvement assessment tool, considering lean, safety and ergonomics. In *International Journal of Lean Six Sigma* (Vol. 11, Issue 5). <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2017-0144>
- Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. In *Procedia Manufacturing* (Vol. 13). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.172>
- Carvalho, K., Picchi, F., Camarini, G., & Chamon, E. (2016). Benefícios para a segurança e saúde ocupacional em práticas Lean– Estudo de caso na siderurgia. In *Latin American Journal of Business Management* (Vol. 7, Issue 1).
- Chauhan, G., & Singh, T. P. (2012). Measuring parameters of lean manufacturing realization. In *Measuring Business Excellence* (Vol. 16, Issue 3). <https://doi.org/10.1108/13683041211257411>
- CLT. (2014). *Pensamento Lean*. Pensamento Lean. https://issuu.com/comunidade_lean/docs/pensamento_lean_2014
- Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company*. 001–012. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- De Miranda Prottes, V., Oliveira, N. C., & De Oliveira Andrade, A. B. (2012). Ergonomic work analysis as a tool of prevention for the occupational safety and health management system. *Work*, 41(SUPPL.1), 3301–3307. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0597-3301>
- Dillon, A., & Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing - The SMED System*.
- FABCAST. (2021). fab.pt
- Galante, J. J. (2014). *Lean Ergonomics*.
- García-Alcaraz, J. L., Maldonado-Macías, A. A., & Cortes-Robles, G. (2014). Lean manufacturing in the developing world: Methodology, case studies and trends from Latin America. *Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America*, 9783319049, 1–584. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04951-9>
- Glenn, L., & Blackmore, C. (2014). Radiological safety and quality: Paradigms in leadership and innovation. In *Improving Quality Through Lean Process Improvement: The Example of Clinical Decision Support*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7256-4>
- IGAS. (2018). Manual de Segurança e Saúde no Trabalho. *Inspeção Geral Das Atividades Em Saúde*, 43. http://www.igas.min-saude.pt/wp-content/uploads/2017/04/Manual_Seguranca_e_saude_no_trabalho.pdf
- Instituto Português da Qualidade. (2015). ISO 9001:2015. *Instituto Português Da*

Qualidade, 1–40.

- Jarebrant, C., Winkel, J., Johansson Hanse, J., Mathiassen, S. E., & Öjmertz, B. (2016). ErgoVSM: A Tool for Integrating Value Stream Mapping and Ergonomics in Manufacturing. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 26(2), 191–204. <https://doi.org/10.1002/hfm.20622>
- Kanaaane, R. (1994). *Comportamento humano nas organizações: o homem rumo ao Século XXI*.
- Karim, A., & Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), 169–196. <https://doi.org/10.1108/14637151311294912>
- Kilprattick, J. (2003). Lean Principles. *Organizational Change through Lean Methodologies*.
- Latorre; A. (2003). *La Investigación-Acción*.
- Liu, C. S., Lin, L. Y., Chen, M. C., & Horng, H. C. (2017). A New Performance Indicator of Material Flow for Production Systems. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1774–1781. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.311>
- Marras, W., & Karwowski, W. (2006). *The Occupational Ergonomics Handbook*.
- McGOVERN, T., HICKS, C., & EARL, C. F. (1999). Modelling Supply Chain Management Processes in Engineer-to-Order Companies. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 2(2), 147–159. <https://doi.org/10.1080/13675569908901578>
- Metwally, M. (1991). Finite difference analysis of reliability optimization through sampling techniques. *Reliability Engineering and System Safety*, 34(2), 107–119. [https://doi.org/10.1016/0951-8320\(91\)90084-K](https://doi.org/10.1016/0951-8320(91)90084-K)
- NIOSH. (1994). *Workplace Using Back Belt.Pdf* (p. 25). <https://www.cdc.gov/niosh/docs/94-127/>
- Noffke, S., & Somekh, B. (2013). *The SAGE Handbook of Educational Action Research*.
- Norma Portuguesa. (2015). NP/EN ISO 9000:2015. *Instituto Português Da Qualidade*, 3^o Edição, 1–41.
- Occupational Safety and Health Administration. (2018). Job Hazard Analysis. *Accident Prevention and Osha Compliance*, 2002, 25–29. <https://doi.org/10.1201/9781315136578-6>
- Organização Internacional do Trabalho. (2019). *Segurança e Saúde no Centro do Futuro do Trabalho*. dgs.pt/saude-ocupacional/documentos-so/relatorio-oit-abril-2019-pt-pdf.aspx
- Parker, S. K. (2003). Longitudinal effects of lean production on employee outcomes and the mediating role of work characteristics. *Journal of Applied Psychology*, 88(4), 620–634. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.4.620>

- Pheasant, S., & Christine, H. (2017). Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics And The Design Of Work. In *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics And The Design Of Work* (3rd ed.). <https://doi.org/10.4324/9780203482650>
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - A Filosofia das Organizações Vencedoras*.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see - Value Stream Mapping to add value and eliminate muda*.
- Sandalwood, engineering & ergonomics. (2016). *No Title*.
<https://sandalwood.com/lean-manufacturing-and-ergonomics-an-unlikely-pair/>
- Saurin, T. A., & Ferreira, C. F. (2009). The impacts of lean production on working conditions: A case study of a harvester assembly line in Brazil. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(2), 403–412.
<https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.08.003>
- Singh, S., & Kumar, K. (2020). A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, xxxx.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.019>
- Smith, S. (2002). *Ergonomics and Manufacturing Excellence*.
<https://www.ehstoday.com/health/article/21912199/ergonomics-and-manufacturing-excellence>
- Srinivasa Rao, P., & Niraj, M. (2016). A case study on implementing lean ergonomic manufacturing systems (LEMS) in an automobile industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 149(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/149/1/012081>
- Taiichi, O. (1988). *Toyota Production System; Beyond Large-Scale Production*.
- Teixeira, M., & Salonitis, K. (2017). Lean assessment tool for workstation design of assembly lines. *Procedia CIRP*, 60, 386–391.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.002>
- Vidal, M. (2007). Lean production, worker empowerment, and job satisfaction: A qualitative analysis and critique. *Critical Sociology*, 33(1–2), 247–278.
<https://doi.org/10.1163/156916307X168656>
- Villa, A., & Watanabe, T. (1993). Production management: Beyond the dichotomy between “push” and “pull.” *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 6(1), 53–63. [https://doi.org/10.1016/0951-5240\(93\)90028-O](https://doi.org/10.1016/0951-5240(93)90028-O)
- Vinoth Kumar, H., Annamalai, S., & Bagathsingh, N. (2020). Impact of lean implementation from the ergonomics view: A research article. *Materials Today: Proceedings*, xxxx, 2019–2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.113>
- Walder, J., Karlin, J., & Kerk, C. (2007). *Integrated Lean Thinking and Ergonomics: Utilizing Material Handling Assist Device Solutions for a Productive Workplace*. 1–20.
- Wan, H. da, & Chen, F. F. (2009). Decision support for lean practitioners: A web-based adaptive assessment approach. *Computers in Industry*, 60(4), 277–283.

<https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.01.001>

Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7), 749–776. <https://doi.org/10.1080/00140139308967940>

Womack, J. P. (2011). *Gemba Walks*.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (1990). *The Machine that Changed the World*.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking; Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*.

Yazdani, A., Hilbrecht, M., Imbeau, D., Bigelow, P., Patrick Neumann, W., Pagell, M., & Wells, R. (2018). Integration of musculoskeletal disorders prevention into management systems: A qualitative study of key informants' perspectives. *Safety Science*, 104(September 2017), 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.01.004>

Yusup, M. Z., Mahmood, W. H., & Salleh, M. R. (2016). Implementation of lean practices based on Malaysian manufacturers' perspective: A confirmatory factor analysis. *International Journal of Advanced Operations Management*, 8(2), 105–139. <https://doi.org/10.1504/IJAOM.2016.079680>

Zahraee, S. M. (2016). *A survey on lean manufacturing implementation in a selected manufacturing industry in Iran*.

ANEXOS

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1 – Questionário original

Audítores:	Sector:	Data:	Última Pontuação:

Sim Não NA

#	1- Indicadores Performance / Eficiência			
1	A média da OEE (Overall Equipment Effectiveness) é superior a 85% ?			
2	O tempo total de paragens (incluindo manutenção planeada) é superior a 10% ?			
3	O KPI (Key Performance Indicator) XX (seleccionar o mais importante) está actualmente dentro do objectivo ?			
4	Existiram acidentes de trabalho nas últimas 6 meses ?			
5	Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise ?			0%

#	2- Melhoria Contínua			
6	Todos os indicadores avaliados na ponta anterior + lead time têm vindo a melhorar ?			
7	Os standards são revistos e melhorados mensalmente ?			
8	Existe o mapa actual e futuro do Fluxo de valor (VSM) do produto ou família do produto em análise ?			
9	O trabalhador ou equipa tem conhecimentos na área lean (reconhece a diferença entre valor e desperdício e identifica as características de um posto lean em termos de fluxo, gestão visual, standards, etc...) ?			
10	Todos se sentem responsáveis pela melhoria contínua e participam activamente dando ideias de melhoria frequentemente (mínimo uma vez de 6 em 6 meses) ?			
11	O trabalhador foi envolvido em acções de melhoria nas últimas 6 meses ?			
12	Está previsto tempo diário dedicado à melhoria contínua, envolvendo toda a equipa (ex: reuniões diárias Kaizen de 10min) ?			0%

#	3- Higiene e segurança no trabalho			
13	Tem havido muitos acidentes ou consultas médicas?			
14	A temperatura ambiente é desconfortável (quente ou fria) ou existem correntes de ar perceptíveis (avaliar no posto/área de trabalho e no local de descanso) ?			
15	Há libertação de gases, fumos ou poeiras no local de trabalho ?			
16	O ruído é elevado ou irritante (ex: perturba a conversação ou concentração do trabalhador) ?			
17	A iluminação é boa (ex: está adequadamente colocada, é estável, o olhar do operador não tem de alternar entre zonas claras e escuras, etc...) ?			
18	As ferramentas manuais ou os equipamentos produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo do trabalhador ?			
19	O solo apresenta fendas ou descontinuidades ?			
20	Os trabalhadores estão conscientes da existência de risco e estão informados de como se devem proteger e/ou evitar o mesmo (exemplo: formação nas áreas segurança, EPI's, ergonomia) ?			
21	A disposição do local de trabalho é susceptível de provocar acidentes?			
22	A realização da operação envolve risco de acidentes (exemplo: a ferramenta de trabalho escorregadia ou difícil de agarrar, etc...) ?			0%

#	4- Standards e Gestão Visual			
23	Existem todos os standards necessários ao posto/área de produção (avaliar, no mínimo: 1.T, plano limpeza, plano manutenção, matriz escalonamento, matriz polyvalências, limites de reacção, auditorias 5S, etc...) ?			
24	Todos os Standards e planos de acções para a resolução de problemas e implementação de melhorias estão devidamente colocados no posto de trabalho (estão visíveis ou são de fácil acesso) ?			
25	Os Standards são visuais e de simples interpretação, ou seja, recorrem a figuras, imagens, fotos ?			
26	O trabalhador executa a operação de acordo com o standard (cumpre a IT dentro do tempo estimado) ?			
27	Está implementado o TPM (Total Productive Maintenance) ao posto ou linha de produção ?			
28	São realizadas auditorias 5S ?			
29	Os primeiros 3S não estão totalmente aplicados (Exemplo: existe algum equipamento que não funcione ou obsoleto no local trabalho, existem materiais ou ferramentas por identificar, o posto trabalho não apresenta estar limpo, etc...) ?			
30	Toda a informação sobre os targets diários de produção (ex: quantidades a produzir vs quantidades produzidas, paragens produção, performance da equipa, etc...) estão visíveis (ex: Andon)?			
31	Existe um sinal luminoso de aviso de paragem de linha ("pull the cord") ?			
32	Existe um quadro de nivelamento onde os cartões Kanban de produção são colocados da esquerda para a direita com incrementos correspondentes ao pitch ?			
33	Os cartões Kanban contêm a quantidade a produzir e o tempo de produção ?			0%

#	5- Operação e processo			
34	O trabalho é organizado por equipas de trabalho em que todos têm formação para desempenhar qualquer função ?			
35	A linha está balanceada?			
36	Qualquer pessoa pode parar a linha/produção se um problema ocorrer ?			
37	Existem desperdícios relacionados com tempos de espera, transportes ou movimentações ?			
38	O trabalhador executa operações que não acrescentam valor (ex: abastecimentos, setups, sobreprocessamento, etc) ?			
39	Os tempos de setup ultrapassam os 10 min ou existem tarefas internas no setup que podem ser passadas para tarefas externas ?			
40	Existe alguma operação manual possível de ser feita de forma automática (recorrendo a automatismos) ?			0%

#	6- Fluxo de material e produto			
41	O layout está organizado de forma a que seja possível haver fluxo (ex: célula de fabrico) ?			
42	O layout é flexível, ajustando-se rapidamente a flutuações da procura de cliente superiores 25% ?			
43	O planeamento é colocado num único posto de produção (pacemaker) ?			
44	As quantidades planeadas correspondem ao pitch (TackT X quantidade de transferência que pode ser quantidade da embalagem) ?			
45	O posto ou linha de produção produz apenas o que o próximo processo necessita e quando necessita (informação dada através de cartões kanban) ?			
46	É produzida e enviada para o processo seguinte uma peça de cada vez (one-piece-flow), em fluxo contínuo, não havendo necessidade de WIP?			
47	São usados supermercados onde não é possível o fluxo contínuo (exemplo: setups elevados, processos distantes, etc...) ?			
48	A produção é nivelada ?			
49	O EPEI (Every Part Every Interval) é o menor possível ?			
50	O abastecimento de materiais ao posto ou linha produtiva é efectuado de forma normalizada (através de Kanbans e com horário e rota definida) ?			0%

#	7- Zero Defeitos			
51	É o próprio trabalhador no posto que faz a inspecção da qualidade, ou seja, a verificação da qualidade é efectuada durante o processo e não no fim ?			
52	A operação produz peças Nok de sucata ou rework ?			
53	Os defeitos são reparados dentro da linha pelo próprio trabalhador que o cometeu ?			
54	Todos os problemas ou desvios aos standards têm um plano de acções associado (PDCA) ?			
55	O trabalhador ou a equipa ajuda a descobrir a raiz do problema (exemplo: usando os 5 porquês) ?			
56	O problema é corrigido na origem e eliminado para que não volte a ocorrer ?			
57	Existem sistemas anti-erro (poka-yokes) ?			
58	O cumprimento do Fifo é garantido ?			0%

#	8- Ergonomia física			
59	O trabalhador adota uma postura essencialmente estática ?			
60	O trabalhador tem espaço suficiente (ex: espaço de movimentação, espaço para a execução do trabalho) ?			
61	O trabalhador tem que usar uma cadeira não ajustável ?			
62	A força necessária para executar o trabalho e/ou os pesos manipulados são excessivos (superior a 2Kg) ?			
63	O trabalho exige o uso ou a manipulação frequente de ferramentas manuais ?			
64	O esforço é repetido de forma contínua e por pelo menos uma hora ?			
65	O trabalhador é obrigado a repetir as mesmas operações a uma cadência elevada (4X/min) ?			
66	O trabalhador tem que levantar ou transportar pesos elevados (acima de 10 kg) ?			
67	O plano de trabalho parece ser demasiado alto ou baixo para o trabalhador?			
68	O trabalhador tem que assumir uma posição não natural ou forçada a fim de conseguir ver os mostradores, detalhes do trabalho ou para alcançar manípulos, peças, etc ?			
69	O trabalhador adopta alguma das seguintes posturas para efectuar a tarefa: braços levantados, torção e/ou flexão do tronco ou pescoço ?			
70	O trabalhador estende, flexõe ou faz rotação do punho para executar a tarefa ?			
71	O trabalhador realiza pegos manuais do tipo "de pinça" (com os dedos), com alguma frequência?			
72	O trabalhador tem que exercer esforços de empurrar, puxar, levantar ou baixar objectos estando o tronco curvado, torcido ou inclinado para trás ?			0%

#	9- Ergonomia organizacional e cognitiva			
73	O layout permite contactos sociais ?			
74	O ritmo de trabalho é controlado pelo próprio trabalhador ?			
75	As tarefas de trabalho ou métodos são completamente restringidos pelas máquinas ?			
76	Existe rotatividade entre os postos de trabalho tendo em consideração os grupos musculares ?			
77	O nível de atenção exigido pelo trabalho é elevado ?			
78	Há queixas frequentes dos trabalhadores devido ao stress ou pressão causada pelo trabalho ?			
79	São frequentes os enganos dos trabalhadores ?			
80	O tempo de formação para este Posto de Trabalho é demasiado longo?			
81	O trabalho é constituído por tarefas sem ambiguidade e com informação exposta de forma clara?			
82	O plano de trabalho prevê pausas para descanso? Se sim, têm duração suficiente para permitir uma recuperação completa ?			0%

Áreas a Trabalhar	Áreas Associadas	
	TPM	
	SMED	
	TPM	
	Medidas HST	
	Análise Ergonómica Posto-EWA	

2		Liderança Lean	PDCA
2		Liderança Lean	PDCA
3		VSM	
		Formação em Lean	
1		Liderança Lean	Caixa de ideias (Ações de melhoria)
2		Liderança Lean	
2		Reuniões Kaizen Diárias	

		Medidas HST	
4		Medidas HST (Avaliação da Temperatura)	
4		Medidas HST (Avaliação de potenciais fatores de risco profissional)	
4		Medidas HST (Avaliação de ruídos)	
4		Medidas HST (Avaliação da iluminação)	
4		Automatização de processos	Balanceamento
4		Medidas HST	
1		Formação (Formação em HST)	
		Relayout	5S
4		Medidas HST (Avaliação de potenciais fatores de risco profissional)	

9		Elaboração Standards	
10		5S	
18		Gestão Visual	
21		Auditorias (Operações)	
11		TPM	
12		5S	
		5S	
12		5S	
23		Andon	
33		Andon	
14		Heijunka	
14		Gestão Visual	Kanban (Rever cartões)

8		Grupos Trabalho Multifuncionais	
20		Balanceamento	
33		Andon	
22		VSM	
22		VSM	Eliminação de desperdícios
19		SMED	
16		Automatização de processos (Tarefas manuais)	

10		Relayout	
		Relayout	
14		Implementar Sistema Pull	
		Implementar Sistema Pull	
14		Implementar Sistema Pull	Kanban
24		One Piece Flow	
32		Supermercados	
25		Heijunka	
25		SMED	
15		Mizumumachi	

26		Zero Defeitos	
13		Zero Defeitos	
26		Zero Defeitos	
27		A3	
27		A3	
17		Formação em Lean	Zero Defeitos
27		Poka Yoke	
28		FIFO	

5		Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura)	
10		Análise Ergonómica Posto-EWA	
		Análise Ergonómica Posto-EWA (Melhoria ergonómica)	
6		Análise Ergonómica Posto-EWA (Movimentação manual de carga)	Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura)
		Automatização de processos	
10		Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura)	
29		Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura)	
6		Análise Ergonómica Posto-EWA (Movimentação manual de carga)	
7		Análise Ergonómica Posto-EWA	
10		Análise Ergonómica Posto-EWA	
		Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura)	
31		Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura)	
31		Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura)	
31		Análise Ergonómica Posto-EWA (Postura)	Análise Ergonómica Posto-EWA (Movimentação manual de carga)

10		Balanceamento	Rotatividade
5		Balanceamento	Rotatividade
10		Balanceamento	Rotatividade
5		Balanceamento	
6		Balanceamento	Rotatividade
10		Balanceamento	Rotatividade
29		Poka Yoke	
6		Balanceamento	Rotatividade
		Elaboração Standards	
30		Pausas	

#	110- Disciplina / Sustentabilidade
83	Avaliar o cumprimento dos standards
	0 - nenhum standard é cumprido
	25 - 25% dos standards são cumpridos
	50 - 50% dos standards são cumpridos
	75 - 75% dos standards são cumpridos
	100 - 100% dos standards são cumpridos

Sim Não NA



	0% _Liderança Lean 25%-75% _Auditorias 100%_ "	
--	--	--

0 - nenhum standard é cumprido
25 - 25% dos standards são cumpridos
50 - 50% dos standards são cumpridos
75 - 75% dos standards são cumpridos
100 - 100% dos standards são cumpridos

Apoio (quando é associado mais do que uma área à pergunta)

Pergunta	
6	PDCA
7	PDCA
10	Caixa de ideias (Ações de melhoria)
18	Balanceamento
21	5S
33	Kanban (Rever cartões)
38	Eliminação de desperdícios
45	Kanban
56	Zero Defeitos
63	Análise Ergonómica ao Posto - EWA (Postura)
73	Rotatividade
74	Rotatividade
75	Rotatividade
77	Rotatividade
78	Rotatividade
80	Rotatividade
72	Análise Ergonómica ao Posto - EWA (Movimentação manual de carga)

Não existem áreas a trabalhar

7.2 Anexo 2 – Questionário final

Sim Năo NA

Pontuação			Total
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

0%

Pontuação			Total
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

0	0	0	0	0%
0				
Pontuação			Total	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	

[illegible]

0	0	0	0
0	0	0	0
			0%
Pontuação		Total	
0	0	0	0

[illegible]

0	0	0	0
0	0		0
0	0	0	0
			0%
Pontuação		Total	
0	0	0	0

[illegible]

Pontuação			Total
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0		0
0	0	0	0
0	0	0	0

Pontuação		Total
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0
0	0	0

0	0	0	0	0
0				
0	0	0	0	0%
Pontuação		Total		
0	0	0	0	
0	0	0	0	

	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

0%

Pontuação			Total
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

0	0	0	0	0%
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	
0	0	0	0	



	0% _Liderança Lean 25%-75% _Auditorias 100% _"	
--	--	--

Apoio (quando é associado mais do que uma área à pergunta)

Pergunta	
6	PDCA
7	PDCA
10	Caixa de Ideias (Ações de melhoria)
18	Balancamento
21	5S
33	Kanban (Rever cartões)
38	Eliminação de desperdícios
45	Kanban
56	Zero Defeitos
63	Análise Ergonômica ao Posto - EWA (Postura)
73	Rotatividade
74	Rotatividade
75	Rotatividade
77	Rotatividade
78	Rotatividade
80	Rotatividade
72	Análise Ergonômica ao Posto - EWA (Movimentação manual de carga)
Indicador de desempenho	