



APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ERGOSAFECI NUMA EMPRESA DE EMBALAGENS DE PLÁSTICO

MARIANA AZENHA DE SOUSA VALE

Junho de 2020

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ERGOSAFECI NUMA EMPRESA DE EMBALAGENS DE PLÁSTICO

Mariana Azenha de Sousa Vale

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ERGOSAFECI NUMA EMPRESA DE EMBALAGENS DE PLÁSTICO

Mariana Azenha de Sousa Vale

Estudante n.º 1160354

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

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

No decorrer da minha vida académica foram muitas as pessoas que se cruzaram comigo e contribuíram, de forma direta ou indireta, para que alcançasse o meu objetivo.

Em primeiro lugar, quero agradecer à Professora Doutora Marlene Brito por me ter desafiado com o tema desta dissertação. Desde o início que se mostrou bastante entusiasmada com o tema abordado e sempre se mostrou disponível para tirar qualquer dúvida. Agradeço por todo o tempo que me cedeu e pelos conhecimentos que me passou. Sem a professora, esta dissertação não seria possível.

Em segundo lugar, ao meu coorientador, o Engenheiro Nuno Serra, por me ter ajudado a implementar o projeto na empresa e por todo o tempo que passou comigo a ajudar-me com o tema. A todos os funcionários da Plastirso que se mostraram sempre disponíveis para me ouvir e ajudar.

A todos os meus colegas de curso por terem feito parte do meu percurso e por me terem ajudado em diversas ocasiões, seja a tirar dúvidas ou a fornecer os seus apontamentos.

Um agradecimento especial ao meu grupo de amigos pois sempre foram um apoio essencial na minha vida.

Ao José Pedro pela força que me dá, compreensão, paciência e, principalmente, por estar presente nos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos por todo o apoio que me deram em toda a minha vida.

Por fim, o agradecimento mais especial... aos meus pais. Agradeço, sobretudo, a educação que me deram. O que sou hoje é graças a eles.

Muito obrigado a todos!

página propositadamente em branco

RESUMO

A presente dissertação foi realizada no âmbito do projeto de conclusão do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial e foi desenvolvida numa empresa de transformação de embalagens de plástico.

O objetivo principal desta dissertação foi testar uma ferramenta de avaliação de postos de trabalho na área da melhoria contínua considerando os aspetos ergonómicos designada de ErgoSafeCI. Para isso foi feita uma análise pormenorizada à ferramenta de modo a torná-la mais “*user friendly*”, de seguida foi aplicada em três postos de trabalho e conseqüentemente foram apresentadas as melhorias implementadas nas áreas mais críticas identificadas pela ferramenta.

A ErgoSafeCI é baseada em dez indicadores de desempenho que se consideraram fundamentais para ter um posto de trabalho produtivo, seguro e ergonómico. A necessidade da empresa em ter uma ferramenta de apoio à decisão nesta área, advém da dificuldade em implementar projetos de melhoria contínua e na ausência de rotinas de avaliação de melhoria contínua.

Através da análise dos resultados da ErgoSafeCI foram implementadas melhorias nas áreas mais críticas recorrendo às ferramentas *Lean* considerando os aspetos ergonómicos. Com a aplicação de ferramentas *Lean* tais como SMED e 5S permitiram a identificação de desperdícios tais como movimentações desnecessárias, sobreprocessamento e esperas. Para além disto, através da aplicação de métodos de avaliação ergonómica tornou-se possível identificar postos de trabalho suscetíveis a lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT).

Por fim, as áreas com as melhorias implementadas foram alvo de uma reavaliação com a ajuda da ferramenta. A implementação destas ações permitiu a diminuição dos tempos de espera do operador e chefe de turno bem como os tempos de setup em 50%. Com o melhoramento da ferramenta, ou seja, convertendo todo o processo de auditoria de manual para automático, constatou-se que houve uma redução do tempo em cinco minutos. No entanto, sugere-se a implementação de todas as melhorias expostas ao longo do trabalho que não foram desenvolvidas e recomenda-se o uso desta ferramenta como apoio à decisão na implementação da melhoria contínua de uma forma normalizada. Esta ferramenta tem como base que, para uma implementação *Lean* bem-sucedida, os gestores devem iniciar o processo *Lean* juntamente com uma avaliação ergonómica, uma vez que os riscos ergonómicos por vezes resultam em desperdícios *Lean* e vice-versa. Esta ferramenta auxilia os profissionais na avaliação da implementação dos princípios *Lean* e das questões de segurança nos seus processos.

Este trabalho teve ainda uma contribuição científica através da escrita de um artigo que se encontra aprovado para publicação. A elaboração deste artigo permitiu desenvolver soft skills como capacidade de trabalhar sob pressão e resolução de problemas. Permitiu, ainda desenvolver o espírito de trabalho de equipa visto que foi desenvolvido com outros coautores.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Manufacturing, Melhoria Contínua, SMED, Ergonomia, Ferramenta apoio à decisão, Avaliação postos trabalho.

página propositadamente em branco

ABSTRACT

This dissertation was carried out as part of the project to conclude the Master in Industrial Engineering and Management and was developed in a plastic packaging processing company.

The main objective of this dissertation was to test a job evaluation tool in the area of continuous improvement considering the ergonomic aspects called ErgoSafeCI. For this, a detailed analysis of the tool was made in order to make it more "user friendly", then it was applied in three workstations and consequently the improvements implemented in the most critical areas identified by the tool were presented.

ErgoSafeCI is based on ten performance indicators that were considered essential to have a productive, safe and ergonomic job. The company's need to have a decision support tool in this area, arises from the difficulty in implementing continuous improvement projects and in the absence of continuous improvement assessment routines.

Through the analysis of ErgoSafeCI results, improvements were implemented in the most critical areas using Lean tools considering ergonomic aspects. With the application of Lean tools such as SMED and 5S, they allowed the identification of waste such as unnecessary movements, over-processing and waiting. In addition, through the application of ergonomic assessment methods, it became possible to identify jobs susceptible to work-related musculoskeletal injuries (LMERT).

Finally, the areas with the improvements implemented were re-evaluated with the help of the tool. The implementation of these actions allowed the operator and head shift times to be reduced, as well as the setup times by 50%. With the improvement of the tool, that is, converting the entire audit process from manual to automatic, it was found that there was a reduction in time by five minutes. However, it is suggested to implement all the improvements exposed throughout the work that have not been developed and it is recommended to use this tool as a decision support in the implementation of continuous improvement in a normalized way. This tool is based on the fact that, for a successful Lean implementation, managers must initiate the Lean process together with an ergonomic assessment, since ergonomic risks sometimes result in Lean waste and vice versa. This tool assists professionals in assessing the implementation of Lean principles and security issues in their processes.

This work also had a scientific contribution through the writing of an article that is approved for publication. The preparation of this article allowed the development of soft skills such as the ability to work under pressure and solve problems. It also allowed to reinforce the team work spirit since it was developed with other co-authors.

KEY WORDS

Lean Manufacturing, Continuous Improvement, SMED, Ergonomics, Decision support tool, Job evaluation.

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
LISTAS DE SIGLAS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Enquadramento e pertinência	15
1.2. Questão e objetivos de investigação.....	16
1.3. Opções metodológicas	17
1.4. Apresentação da empresa.....	17
1.4.1. Fluxo produtivo	18
1.5. Estrutura do trabalho	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	21
2.1.1 Princípios da filosofia <i>Lean</i>	23
2.1.2 Ferramentas <i>Lean</i>	24
2.2. Ergonomia	26
2.3. Saúde e Segurança	27
2.4. Relação entre <i>Lean</i> , Ergonomia e Segurança	28
3. MÉTODOS E APLICAÇÃO	31
3.1. Metodologia aplicada.....	31
3.2. Apresentação da ferramenta	34
3.3. Melhoria do software.....	39
3.4. Cálculo do OEE.....	40
3.5. Aplicação de alguns métodos e ferramentas	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1. Apresentação e discussão de resultados	45
4.1.1. Análise dos gráficos radiais da Extrusora 11	47
4.1.2. Análise dos gráficos radiais da Impressora 3	49
4.1.3. Análise dos gráficos radiais do Corte 9	52
4.2. Propostas de melhoria implementadas	54
4.2.1. SMED.....	54
4.2.2. Análise Ergonómica no PT da impressão	60
4.2.3. Organização dos armazéns	61
5. CONCLUSÃO	65
5.1. Conclusões finais	65
5.2. Limitações e investigação futura.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

APÊNDICE A	73
APÊNDICE B	75
APÊNDICE C	77

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Processos produtivos: A – Extrusão; B – Impressão; C – Corte.....	18
Figura 2 - Os sete princípios <i>Lean thinking</i> (adaptado de CLT, 2014)	24
Figura 3 - Evolução dos fatores humanos e melhoria contínua (adaptado de Marras e Karwowski, 2006)	26
Figura 4 – Efeitos do <i>Lean</i> com aspetos ergonómicos	29
Figura 5 - Processo da ferramenta ErgoSafeCI de acordo com a metodologia.....	31
Figura 6 - Interface inicial da ferramenta.....	39
Figura 7 - Exemplo da apresentação do gráfico após uma auditoria.....	39
Figura 8 - Saco impresso do corte 9	45
Figura 9 - Exemplo de uma OF com cálculo do OEE.....	46
Figura 10 - Gráfico radial do setor da extrusão.....	47
Figura 11 - Distância entre a extrusora (A) e o armazém de MP (B).....	48
Figura 12 - Colocação da MP atrás da extrusora.....	48
Figura 13 - Quadros de informação na extrusão.....	49
Figura 14 - Gráfico radial da secção da impressão.....	50
Figura 15 – Bobines com emendas	50
Figura 16 - Local desorganizado junto da impressora.....	51
Figura 17 - Posição do operador na manipulação do veio	51
Figura 18 - Gráfico radial do setor do corte	52
Figura 19 - Secção das ferramentas do corte.....	53
Figura 20 - Material espalhado pelo chão de fábrica.....	53
Figura 21 - Etapas do processo de setup na impressão	55
Figura 22 - Média dos tempos de <i>setup</i> do ano de 2019.....	55
Figura 23 - Colocação das tintas e colocação de suportes em todos os carrinhos	58
Figura 24 - Apresentação da ferramenta após as melhorias	59
Figura 25 - Posição do operador na manipulação do veio	60
Figura 26 - Interface da aplicação dos armazéns.....	62
Figura 27 - Esquema de localização de material nos armazéns	62
Figura 28 – Exemplo de um dos armazéns organizados	63
Figura 29 - Colocação de OF vermelhas na produção	66

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre organização tradicional e Organização <i>Lean</i> (adaptado de Kilpatrick, 2003)	23
Tabela 2 - Conjunto de perguntas para o indicador de eficiência	34
Tabela 3 - Conjunto de perguntas para o indicador de melhoria contínua	34
Tabela 4 - Conjunto de perguntas para o indicador de higiene e segurança no trabalho	35
Tabela 5 - Conjunto de perguntas para o indicador de standards e gestão visual	35
Tabela 6 - Conjunto de perguntas para o indicador de Operação e processo	36
Tabela 7 - Conjunto de perguntas para o indicador de fluxo de material e produto	36
Tabela 8 - Conjunto de perguntas para o indicador de zero defeitos	37
Tabela 9 - Conjunto de perguntas para o indicador de Ergonomia Organizacional e cognitiva	37
Tabela 10 - Conjunto de perguntas para o indicador de ergonomia física	38
Tabela 11 - Avaliação do cumprimento dos standards	38
Tabela 12 – Frequência das manipulações	42
Tabela 13 - Qualidade da pega	42
Tabela 14 - Cálculo do OEE por máquina	46
Tabela 15 – Problemas detetados no setor da extrusão e propostas de melhoria	48
Tabela 16 - Problemas detetados no setor da impressão e propostas de melhoria	50
Tabela 17 - Problemas detetados no setor do corte e propostas de melhoria	53
Tabela 18 - Resumo dos problemas identificados	54
Tabela 19 - Identificação das tarefas presentes num <i>setup</i>	56
Tabela 20 – Separação das atividades internas das externas	56
Tabela 21 - Tempos atuais e Tempos da proposta	58
Tabela 22 - Organização dos armazéns	61

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS

Lista de Siglas

LM	<i>Lean Manufacturing</i>
LP	<i>Lean Production</i>
MP	Matéria prima
PA	Produto acabado
PT	Postos de trabalho
PP	Polipropileno
PE	Polietileno
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OF	Ordem de fabrico
WIP	<i>Work in process</i>

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se primeiramente, o enquadramento e a pertinência do tema e o motivo pelo qual o trabalho foi desenvolvido nesta empresa. De seguida, é elaborada a questão que se prende com este tema, a definição dos objetivos de trabalho e a descrição das opções metodológicas. Por fim, faz-se uma pequena apresentação da empresa e é descrita a maneira como é feita a divisão dos capítulos ao longo do relatório.

1.1. Enquadramento e pertinência

Atualmente, os mercados encontram-se cada vez mais competitivos, levando as empresas à procura de constantes inovações e ideias para se destacarem no meio do seu mundo empresarial. As tendências atuais da globalização, as rápidas mudanças tecnológicas, os avanços na tecnologia de fabrico e as exigências dos clientes, obrigam as empresas a otimizar os seus processos, operações e serviços, para poderem agregar valor ao cliente (Karim e Arif-Uz-Zaman, 2013).

Chauhan e Singh (2012) afirmam que as organizações, para melhorar a produtividade e reduzir os custos recorrem à aplicação do *Lean Manufacturing* (LM). As ferramentas do LM ajudam a gestão de topo a manter a competitividade num mercado global em expansão (Zahraee, 2016).

De acordo com James P. Womack e Daniel T. Jones (1990), a produção *Lean* utiliza metade dos recursos necessários, comparado à produção em massa: metade do esforço humano numa fábrica, metade do espaço de fabrico, metade do investimento em ferramentas e metade das horas trabalhadas para desenvolver um novo produto. Sendo assim, a ideia principal do pensamento *Lean* é ser altamente sensível às necessidades dos clientes, reduzindo o desperdício (Bhamu e Sangwan, 2014).

Womack e Jones (2003) definiram cinco princípios *Lean* para eliminar o desperdício nas organizações: definir valor, mapear os fluxos de valor, criar um fluxo contínuo, produção puxada e a procura pela perfeição. Algumas empresas concentram-se no processo de melhoria contínua através de ferramentas *Lean*, 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 resultados sem descuidar o fator humano (Naranjo-Flores e Ramírez-Cárdenas, 2014). Garantir condições de trabalho seguras é um fator crucial para o rendimento dos trabalhadores. Este fator está indicado na descrição da indústria sustentável, mas poucas empresas desenvolvem esta estratégia dentro dos seus planos de sustentabilidade Alayón et al. (2017).

Para Yusuff e Abdullah (2016), a intervenção ergonómica pode ser usada como uma ferramenta na redução do desperdício de movimento, através da identificação de fatores de riscos ergonómicos durante o trabalho. Os movimentos de desperdício em ergonomia como 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.

Segundo Aqlan et al. (2013), estratégias eficazes de ergonomia podem aumentar a produtividade e reduzir as lesões durante o período de trabalho. A ergonomia pode sustentar uma transformação

Lean e uma transformação *Lean* pode levar à redução do risco ergonómico. De facto, um dos campos de aplicação da ergonomia é a prevenção de riscos ocupacionais no local de trabalho, impedindo o aparecimento de distúrbios músculo-esqueléticos (DME) (Naranjo-Flores e Ramírez-Cárdenas, 2014).

Esta proposta de trabalho surgiu na necessidade de realizar a dissertação em contexto empresarial onde o autor já se encontrava a trabalhar e a empresa apresentava alguns problemas.

Um dos problemas era a dificuldade em implementar a melhoria contínua, começando pela dificuldade em priorizar as áreas produtivas mais críticas, assim como em identificar os principais problemas a melhorar nessas áreas. Outro problema encontrado relacionava-se com as queixas dos trabalhadores devido ao esforço necessário para desempenhar as tarefas, traduzindo-se num elevado absentismo.

Esta dissertação pretende aplicar e melhorar uma ferramenta de avaliação de PT designada de ErgoSafeCI. Neste estudo são considerados os principais aspetos para se ter um ambiente seguro, ergonómico e “*Lean*” com a ajuda de uma ferramenta que pretende melhorar o desempenho da produção e as condições ergonómicas para uma melhor saúde e bem-estar dos trabalhadores.

Esta mesma ferramenta já tinha sido alvo de estudo numa empresa metalúrgica onde teve resultados bastante positivos. No entanto, o tamanho da amostra era muito pequeno, era necessário um estudo mais aprofundado em diferentes empresas e em diferentes tipos de indústrias por isso viu-se aqui uma oportunidade de a melhorar e de a aplicar nesta empresa, que também procurava uma ferramenta de apoio à decisão na área da melhoria contínua. Esta ferramenta ajuda os profissionais na avaliação da implementação dos princípios *Lean* e integrando os aspetos ergonómicos e de segurança. Também possibilita que cada empresa identifique as áreas prioritárias para melhorar de acordo com os seus objetivos definidos anteriormente. Antes de usar a ferramenta foi feita uma revisão bibliográfica com o objetivo de a melhorar, acrescentando mais perguntas de forma a ter uma avaliação mais completa e depois de melhorada foi usada em três áreas de produção (Extrusão, Impressão e Corte). Estas áreas são constituídas por onze máquinas de extrusão, três máquinas de impressão e nove máquinas de corte. Foram avaliados vários postos de trabalho usando a ferramenta ErgoSafeCI com o objetivo de identificar e priorizar as áreas mais críticas assim como identificar os principais problemas para posteriormente procedermos à sua reavaliação depois das melhorias implementadas. É esperado que a ferramenta seja uma mais valia para a empresa e para a saúde e bem-estar dos trabalhadores e que consequentemente a produtividade aumente e os acidentes de trabalho, bem como o absentismo, diminuam.

1.2. Questão e objetivos de investigação

A combinação da aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing* considerando as condições ergonómicas e de segurança na indústria de produção de embalagens de plásticos, permitirá responder à seguinte questão:

- Será a ErgoSafeCI uma boa ferramenta de apoio à decisão, e ajuda na implementação da melhoria contínua, nos processos produtivos de uma empresa de embalagens de plástico?

O objetivo geral deste projeto de investigação é a aplicação de uma ferramenta de análise de postos de trabalho, considerando as ferramentas de melhoria contínua e os aspetos ergonómicos. Assim sendo, os objetivos específicos são:

- 1) Analisar detalhadamente a ferramenta incluindo uma revisão bibliográfica com o objetivo de a melhorar;
- 2) Aplicar a ferramenta melhorada a três postos de trabalho;
- 3) Implementar as ações de melhoria nas áreas mais críticas identificadas pela ferramenta;
- 4) Reavaliar os postos usando a ferramenta após a implementação das melhorias;
- 5) Concluir acerca da utilidade da ferramenta, se é ou não um bom apoio à decisão.

1.3. Opções metodológicas

No âmbito desta dissertação, a metodologia aplicada é a Investigação-Ação.

Fisher e Torbert (1995) dizem que a preocupação principal da investigação-ação é a imparcialidade do investigador participante. Para alcançar a maior consistência e objetividade, recomenda-se a um investigador de ação que se envolva ativamente com os participantes da investigação-ação para determinar as suas visões e perspetivas e definir explicitamente a meta do projeto (Fisher e Torbert, 1995). Assim sendo esta metodologia foi usada pois o investigador age como ator neste processo, ao mesmo tempo em que investiga o impacto das melhorias que a ferramenta sugere e gera conhecimento com base nas mesmas. Contempla 5 fases: diagnosticar a situação inicial, planear as ações a desenvolver, implementar as sugestões de melhoria que a ferramenta sugere, avaliar essas melhorias e concluir acerca dos ganhos e resultados obtidos com a ferramenta.

Detalhando cada uma destas cinco fases, no contexto desta investigação, foi feita uma análise inicial da ferramenta para ver que alterações precisavam de ser executadas. Após essa análise, conseguiu-se identificar as áreas que se apresentavam mais críticas. Nas próximas duas fases, os problemas foram identificados e procedeu-se às melhorias propostas. À medida que as melhorias foram implementadas, foram avaliados os resultados. No final, foram feitas análises dos resultados obtidos e comparações entre a situação inicial e final, a fim de entender os ganhos alcançados.

1.4. Apresentação da empresa

A PLASTIRSO é uma empresa de transformação de material plástico e dedica-se à produção de Filme Polipropileno (PP) Cast, de Manga Polietileno (PE) em Alta e Baixa Densidade e também à produção de embalagens plásticas para diferentes aplicações. A empresa foi fundada em 1983 e inicialmente tinha a sua sede em Argemil, Santo Tirso. Em 1995 mudou as instalações para a cidade da Trofa, aumentando a área total de produção (Plastirso, 2003).

Atualmente trabalham para diferentes mercados (alimentar, têxtil, entre outros), respondendo às exigências dos clientes, qualidade, profissionalismo e inovação. Com o investimento na melhoria dos processos conseguiram obter a certificação pela norma NP ISO 9002 em 1999, estando atualmente certificados pela norma NP ISO 9001 pela SGS (Plastirso, 2003).

A empresa conta com uma equipa de 70 colaboradores e divide-se em diferentes departamentos, sendo que o departamento mais relevante para o projeto é o de Produção. A área de produção é dividida em 3 setores: extrusão, impressão e corte. Estes vão ser os setores de análise para validação da ferramenta que vai ser desenvolvida neste trabalho, selecionando os postos de trabalho mais críticos para proceder à sua análise e oportunidades de melhoria.

1.4.1. Fluxo produtivo

A PLASTIRSO engloba três tipos de processos produtivos: Extrusão, Impressão e Corte (Figura 1).

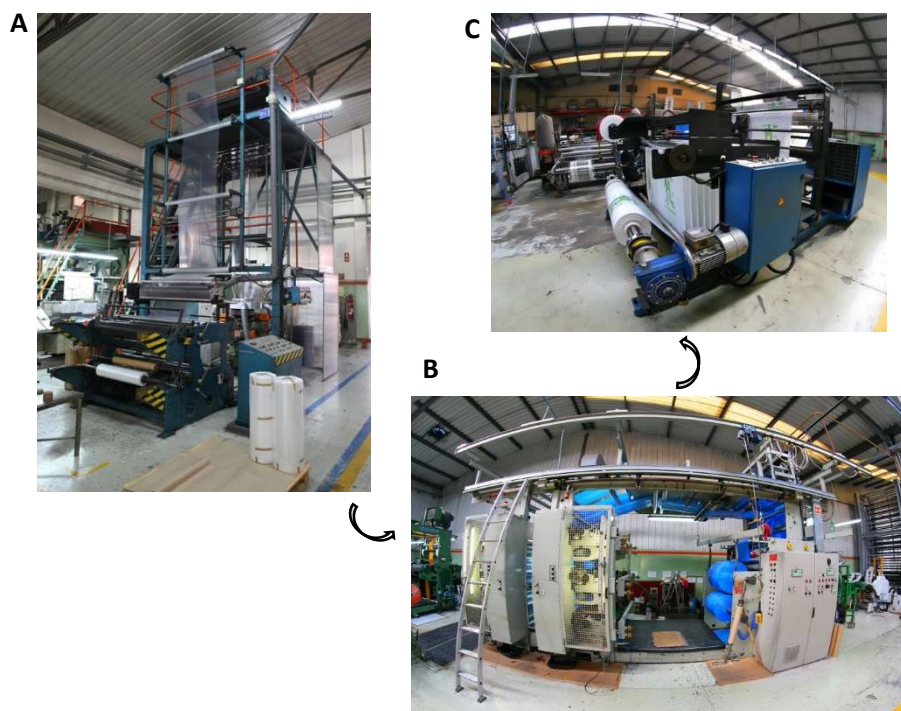


Figura 1 - Processos produtivos: A – Extrusão; B – Impressão; C – Corte.

A secção da extrusão está provida com extrusoras mono e multicamadas, o que permite ter uma vasta resposta ao enorme leque de clientes da empresa, mostrando ser uma indústria versátil e de transformação rápida.

A impressão está munida com máquinas até seis cores, o que permite trabalhar com uma elevada combinação de cores, possibilitando impressões de excelente qualidade, como por exemplo: quadricromias.

O corte está equipado com nove máquinas que possuem diferentes características que fazem com que se produzam diferentes tipos de sacos com as mais diversas medidas e aplicações: Saco tipo Lavandaria, Saco com Asa de Reforço, Sacos com Asa Aplicada, Sacos com Asa Flexível para a Indústria Têxtil (Pala e Fole), Sacos com Fita, Sacos tipo Carteira (Dupla e tripla), Sacos com solda longitudinal e com solda ao fundo, entre outras aplicações (Plastirso, 2003).

1.5. Estrutura do trabalho

O documento encontra-se dividido em cinco capítulos que representam as diversas fases do estudo sobre a problemática.

O primeiro capítulo consiste na Introdução ao trabalho presente nesta dissertação, onde se apresenta a problemática e o enquadramento do tema na sociedade em geral.

No segundo capítulo é feito uma análise ao conhecimento sobre a problemática, no qual são apresentados diversos conceitos relevantes para a realização desta dissertação.

No terceiro capítulo, faz-se uma abordagem da situação atual da empresa com a ajuda da ferramenta ErgoSafeCI. Além disso, são apresentados os problemas detetados junto dos postos de trabalho em análise bem como os métodos usados para melhorar a ferramenta.

O quarto capítulo consiste na avaliação desses problemas e na aplicação de ferramentas *Lean* para melhoria contínua dos PT. São desenvolvidas algumas melhorias ergonómicas em conjunto com ferramentas *Lean* e por fim procede-se a uma reavaliação para saber o ponto de situação atual do PT.

Por fim, o último capítulo apresenta as conclusões obtidas após a realização desta dissertação, bem como algumas sugestões de desenvolvimentos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo a contextualização teórica das ferramentas e metodologias utilizadas neste estudo. Para tal recorrer-se-á a um levantamento do estado de arte relativo à filosofia *Lean*, Ergonomia e Segurança por serem as áreas que a ferramenta ErgoSafeCI aborda. O primeiro subcapítulo é subdividido em: Princípios *Lean* e Ferramentas *Lean* por fazerem parte integrante da ferramenta em questão. De seguida, aborda-se a importância de envolver fatores ergonómicos e humanos nos projetos *Lean* e na segurança dos trabalhadores. Por fim, descreve-se a importância da relação entre ambos.

2.1. *Lean Manufacturing*

O termo *Lean Production/Lean Manufacturing* surge pela primeira vez em 1990 por James Womack e Daniel Jones, na sua obra “*The Machine that Changed the World*”. Ao contrário do que acontecera na Europa, a segunda guerra mundial no Japão deu lugar a uma escassez de recursos na indústria, não sendo por isso possível implementar a produção em massa neste país. Esta situação, aliada à necessidade de ter uma elevada variedade de produtos a um baixo custo, levou a Toyota a desenvolver um sistema que respondesse às dificuldades expostas pelo mercado. Surge assim o *Toyota Production System* (TPS) pelas mãos de Taiichi Ohno (Womack et al. 1990). Concluíram que a rápida ascensão das marcas japonesas face às marcas ocidentais foi consequência do uso do *Lean Manufacturing* (LM) / *Lean Production* (LP) (Womack et al., 1990).

De acordo com a filosofia *Lean*, o primeiro passo é identificar os desperdícios. Uma das ferramentas mais usadas para encontrar esse desperdício é o *Value Stream Mapping* (VSM). Este mapa mostra como os materiais e processos fluem dentro da organização para a produção final do produto. Ele analisa como as ações e os departamentos estão interligados e destaca o desperdício. O passo seguinte é analisar os desperdícios e encontrar as suas causas com a ajuda de ferramentas eficazes tais como diagramas de espinha de peixe e *brainstorming*. O passo final é resolver as causas e repetir o ciclo. Usando um processo de solução de problemas apropriado, é necessário finalizar a decisão para corrigir o problema e aumentar a eficiência (Sundar et al. 2014).

Em relação aos sistemas de produção, Ohno (1988) foi o primeiro a identificar os sete principais tipos de desperdícios (ou muda):

- 1) Superprodução: ocorre quando se produz mais do que o necessário, resultando em excesso de produtos, ou seja, aumentando o *stock*;
- 2) Esperas: ocorre quando há períodos de inatividade (avarias, defeitos de qualidade, atraso dos fornecedores, etc.) porque as pessoas ou os equipamentos estão à espera de “algo”;
- 3) Transporte: movimentação desnecessária de materiais, como WIP, sendo transportada de uma operação para outra; em geral, o transporte deve ser minimizado, pois acrescenta tempo ao processo durante o qual nenhum valor é agregado;
- 4) Desperdícios do próprio processo: operações extras, como *rework*¹, reprocessamento, armazenamento, que ocorrem devido a defeitos ou superprodução;

¹ Reparações, retrabalho

- 5) Stocks: todo o inventário que não é diretamente necessário para atender aos pedidos atuais dos clientes; o inventário inclui matérias-primas, produtos em vias de fabrico e produtos acabados e requer espaço; a sua presença também pode aumentar significativamente o processamento extra;
- 6) Trabalho desnecessário: refere-se à desmotivação dos funcionários; *layout* ineficiente, defeitos, reprocessamento, superprodução ou excesso de estoque; o movimento leva tempo e não agrega valor ao bem ou serviço;
- 7) Defeitos: produtos que não estão em conformidade com a especificação ou a expectativa do cliente, causando insatisfação do cliente.

As empresas vêem os desperdícios como tudo aquilo que aumenta custos como excesso de stock, equipamento e trabalhadores. Womack e Jones (2003), definem desperdício como sendo “Qualquer atividade humana que absorve recurso, mas que não cria valor.”.

O propósito da eliminação de desperdício é criar um fluxo contínuo sempre que possível (Rother e Shook, 2003). Um fluxo contínuo pressupõe a eliminação de *stocks* de matéria-prima, intermédios e de produto final, assumindo assim uma intenção deliberada de movimento. Um fluxo contínuo é idealmente a produção peça a peça (*one piece flow*) em que os produtos intermédios de cada posto de trabalho passam ao mesmo tempo para o seguinte (Rother e Shook, 2003).

Pinto (2009) refere que o *Lean Thinking* “revoluciona a maneira como a organização pensa”. Com isto o autor quer dizer que produzir mais, com menos recursos e de forma mais rápida e eficiente, são os desafios de hoje para todas as empresas.

Os princípios do LM estão focados na melhoria dos ambientes de trabalho, criando locais de trabalho apropriados, espírito de equipa, desafios, motivação, flexibilidade, responsabilidade e autonomia (Arezes et al. 2010).

Segundo Melton (2005), os principais benefícios da aplicação *Lean* são: redução do lead time, redução de stock, redução de custos, menor necessidade de *rework* e a possibilidade de compreender melhor os processos.

Atualmente, existem vários métodos de representação do fluxo do processo, que nos ajudam a entender mais facilmente o fluxo e a identificar resíduos, como o *Value Stream Mapping* (VSM) ou o *Waste Identification Diagram* (WID) (Sá et al. 2011) e (Sousa et al., 2018). Por exemplo, Detty e Yingling (2000) realizaram, na indústria eletrónica, a redução de stocks, lead time, espaço ocupado e tempo de fluxo através destas ferramentas *Lean*. Os autores Carvalho, Alves e Lopes (2011) apresentam, numa empresa de estruturas metálicas, que através da criação de um fluxo contínuo permitiu a redução de movimentos desnecessários, esperas, tempo de transporte, defeitos e lead time.

Por outro lado, as falhas na implementação do Lean em várias empresas levam à necessidade de questionar a sua aplicabilidade em todos os setores. Bamber e Dale (2010) argumentam que o fator humano é fundamental para o sucesso, Narang (2008) menciona a falta de tempo disponível para compreender as ferramentas e metodologias *Lean* e Melton (2005) defende que ainda há muita resistência à mudança.

Kilpatrick (2003) argumenta que muitos dos conceitos que se aprende no *Lean* são diferentes de empresas para empresas ou não são compreendidos da mesma maneira e existe claramente muitas

diferenças entre a organização tradicional e de uma organização *Lean*. Algumas das diferenças estão representados na Tabela 1:

Tabela 1 - Comparação entre organização tradicional e Organização *Lean* (adaptado de Kilpatrick, 2003)

Conceitos	Organização tradicional	Organização Lean
Inventário	Obrigatório	Desperdício
QEE (Quantidade económica de encomenda)	Executam encomendas grandes para compensar o tempo de inatividade do processo	São efetuados esforços contínuos para reduzir ao máximo o tempo de inatividade
Utilização de RH (recursos humanos)	Utilização máxima das pessoas	Utilização necessária das pessoas
Utilização do processo	Os processos estão sempre a funcionar	Os processos funcionam consoante a procura
Planeamento	Efetuem produtos para stock	Produção JIT (produzir o necessário quando necessário)
Custos	Variáveis	Fixos
Qualidade	Inspeção feita no final do processo	Processos, produtos e serviços são projetados para eliminar erros antes do final do processo

2.1.1 Princípios da filosofia *Lean*

Womack e Jones (2003) referem que o *Lean thinking* é constituído por cinco princípios. Em primeiro lugar, o valor de cada produto ou serviço tem de ser estabelecido de acordo com a perspetiva do cliente.

De seguida, é preciso identificar todas as etapas do fluxo de valor para cada família de produtos, eliminando sempre que possível as etapas que não acrescentam valor ao produto.

Consequentemente tem de se eliminar o desperdício de forma a proporcionar o fluxo dos produtos sem interrupção. O desperdício perturba o fluxo normal de um processo. Uma “*lean flow*” é alcançada minimizando obstáculos e desconexões em todo o processo. Estes obstáculos e desconexões estão presentes nas máquinas que trabalham mais tempo do que o necessário, na falta de formação dos colaboradores, na falta de informação e orientação, no atraso na entrega dos materiais e insuficiente qualidade dos mesmos.

Em quarto lugar, apenas produzir o que o cliente encomenda. A produção *Just in Time* (JIT) é essencial para produzir o estritamente necessário.

O quinto aspeto é o aperfeiçoamento que deverá ser um alvo através de melhorias contínuas. Cada etapa num processo é valiosa, capaz, disponível, adequada, flexível, e ligada por um fluxo contínuo. Isto significa que o processo cria valor para o cliente, potencia a produção, qualidade desejadas e não causa atrasos (Womack e Jones, 2003).

No entanto os cinco princípios apresentam algumas lacunas: consideram apenas a cadeia de valor do cliente pelo que o desafio não está na criação de valor, mas sim de valores. “Uma outra limitação é que estes tendem a levar as organizações a entrar em ciclos intermináveis de redução de desperdícios, ignorando a crucial atividade de criar valor através da inovação dos serviços e produtos” (Pinto, 2009, p.19).

Para evitar que as empresas caiam em histerismos de redução de desperdícios, a CLT (2014) propôs a revisão dos princípios sugerindo a adoção de mais dois princípios, como mostra a Figura 2:

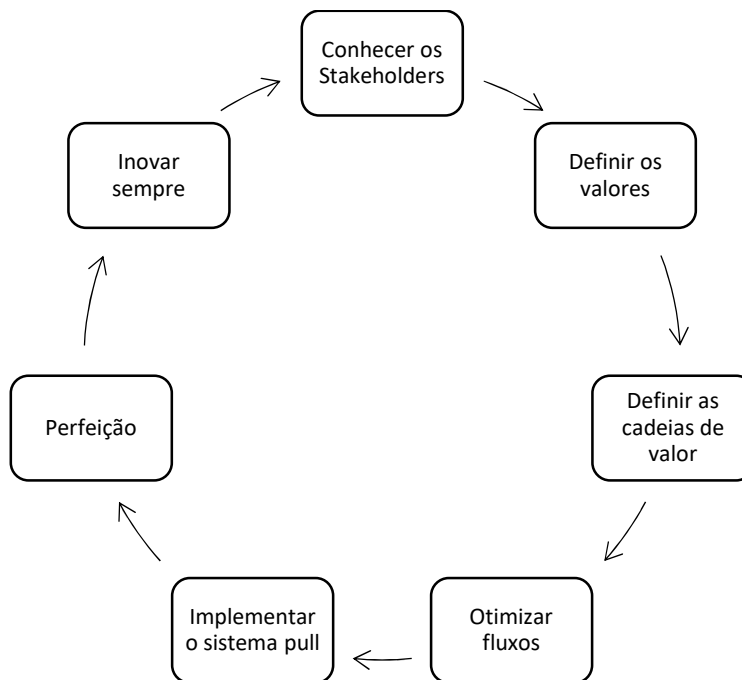


Figura 2 - Os sete princípios *Lean thinking* (adaptado de CLT, 2014)

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*

Para possibilitar a implementação da filosofia *Lean* numa organização, é necessário, além do envolvimento dos trabalhadores, a aplicação de metodologias, técnicas e ferramentas (Borris, 2006). O uso de ferramentas *Lean* é uma maneira simples e de baixo custo para alcançar produtividade e lucro, usando um foco contínuo na eliminação de desperdícios em toda a organização (Oliveira et al. 2017).

Algumas das ferramentas que poderão ser integradas neste trabalho são:

- 1) 5S - Combina cinco etapas que permitem a organização e padronização do espaço. Os 5S são cinco práticas a serem adotadas no local de trabalho (Costa et al. 2018): *Seiri* (utilização) - Separe o necessário do que não é necessário no local de trabalho; *Seiton* (organização) - Um local designado para cada coisa e colocar tudo no devido lugar; *Seiso* (limpeza) - Um local de trabalho limpo incentiva os colaboradores e a vontade de mantê-lo assim; *Seiketsu* (Standardizar) – Manter as práticas de organização que garantam as etapas anteriores; *Shitsuke* (Disciplina) – Praticar os princípios de organização, sistematização e limpeza.
- 2) Gestão visual – “Expressão que designa um princípio e uma ferramenta. Enquanto ferramenta, consiste em transformar toda a informação importante para o trabalho em imagens de fácil apreensão” (Coimbra, 2016, p.5).

- 3) SMED (*single minute Exchange of die*) - Esta ferramenta permite que se reduza o tempo de *setup*. Shingo (1985) divide as operações em duas categorias: operações internas e operações externas. As operações internas são aquelas que só podem ser realizadas quando a máquina está parada, as operações externas são as que podem ser feitas enquanto a máquina está em funcionamento. As primeiras operações devem ser separadas e, quando possível, as operações internas devem ser convertidas em externas e, finalmente, todas as operações devem ser simplificadas (Shingo, 1985).
- 4) O *Value Stream Mapping* (VSM) é um método desenvolvido por Rother e Shook (2003) que permite visualizar o percurso (ou mapa) de um produto ao longo de toda a cadeia de valor (desde a obtenção do pedido até à expedição do produto final). Segundo Abdulmalek e Rajgopal (2007) este mapa é usado para identificar fontes de desperdícios e identificar ferramentas *Lean* para os reduzir.
- 5) *Standard Work* (SW)- é uma ferramenta *Lean* desenvolvida por Onho nos anos cinquenta. “Uniformizar ou normalizar significa fazerem todos do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações” (Pinto, 2009, p.91).
- 6) *Kaizen* – é uma palavra de origem japonesa que significa melhoria contínua. “Todas as atividades levadas a cabo pelos colaboradores no sentido da melhoria do desempenho dos processos” (Pinto, 2009, p.312)

Um dos indicadores mais usados em gestão de operações é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Usando o OEE para fins de medição de desempenho é comum na indústria em todo o mundo e a comunidade científica valorizou o OEE, referindo que era parte do *Lean* (Andersson e Bellgran, 2015).

O OEE é um indicador que mede o desempenho de uma forma “tri-dimensional” pois tem em consideração:

- quanto tempo útil o equipamento tem para funcionar/produzir;
- a eficiência demonstrada durante o funcionamento, isto é a capacidade de produzir à cadência nominal;
- a qualidade do produto obtida pelo processo em que o equipamento está inserido.

Segundo Nakajima (1988), a avaliação do OEE é uma maneira eficaz de analisar a eficiência de uma única máquina ou de um sistema de fabrico integrado. É uma função da disponibilidade, desempenho e taxa de qualidade. Um OEE de 100% significa que apenas peças boas são produzidas (100% de qualidade), na velocidade máxima (desempenho de 100%) e sem interrupção (disponibilidade de 100%).

2.2. Ergonomia

As empresas falham em perceber que a integração da ergonomia durante a implementação do *Lean* tem o potencial de obter ganhos substanciais de produtividade e melhorar simultaneamente as condições de trabalho (Nunes, 2015).

Segundo Pheasant e Haslegrave (2005), a Ergonomia é definida como a ciência do trabalho, das pessoas que o executam e das formas como ele é executado, as ferramentas e o equipamento usado, os postos de trabalho e os aspetos psicológicos (Pheasant e Haslegrave, 2005). Tortorella et al. (2017) afirmam que a integração entre *Lean* e Ergonomia contribui para a eficácia do ambiente organizacional.

A Ergonomia pode ajudar os engenheiros industriais a perceber como podem aumentar a produtividade sem danos físicos para os trabalhadores (Kim, 2015).

Santos, Vieira e Balbinotti (2015) referiram que a integração da ergonomia durante a implementação do *Lean* tem o potencial de reduzir o absentismo e conduzir a ganhos substanciais na produtividade.

Marras e Karwowski (2006) referem que os fatores humanos e a ergonomia desempenham um papel fundamental na redução de riscos ergonómicos e na melhoria contínua. Essa evolução está apresentada na Figura 3.

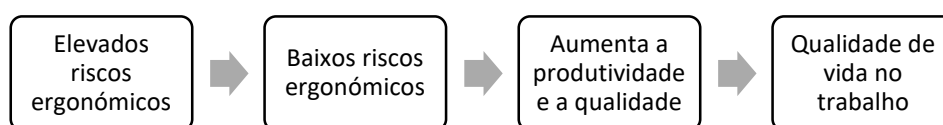


Figura 3 - Evolução dos fatores humanos e melhoria contínua (adaptado de Marras e Karwowski, 2006)

Segundo Yasdani et al. (2018), as organizações devem apresentar programas de prevenção de distúrbios músculo-esqueléticos como componentes significativos das suas práticas de gestão.

Jarebrant et al. (2015) propuseram a aplicação do Mapeamento Ergonómico do Fluxo de Valor (ErgoVSM), uma ferramenta que visa melhorar as condições ergonómicas sem descurar o desempenho produtivo. Este trabalho visa proporcionar a estudantes e profissionais uma ferramenta capaz de satisfazer as necessidades atuais em relação à ergonomia. A implementação do ErgoVSM é um esforço para reconhecer a importância de avaliar os riscos de saúde em cada posto de trabalho nas empresas (Jarebrant et al., 2015).

Para Gonçalves e Salotinis (2017), a avaliação do *design* do PT deve-se concentrar nos aspetos do *Lean* mas também ergonómicos. A avaliação *Lean* tende a reduzir o desperdício nos PT e uma avaliação ergonómica garante a segurança e o conforto dos funcionários. Essa relação é essencial para o sucesso a longo prazo. Os sete requisitos principais para a avaliação dos PT foram: “saúde e segurança”, “ambiente de trabalho limpo e organizado”, “eliminação de desperdícios”, “logística de *stock* e materiais”, “flexibilidade”, “gestão visual” e, por fim, “qualidade” (Gonçalves e Salotinis, 2017). Estes autores desenvolveram um modelo de avaliação e uma ferramenta para avaliar cada requisito baseado em aspetos *Lean* e ergonómicos específicos para o *design* dos PT. Este modelo

resulta de uma *check list*, baseada nas melhores práticas atuais em projetos de linhas de montagem. A ferramenta de avaliação foi validada numa linha de montagem do sector automóvel e as melhorias foram nas áreas de "eliminação de desperdícios" e na "logística de *stock* e material". Embora esta ferramenta reúna os elementos de segurança, ergonomia e *Lean*, é mais direcionado ao *design* dos PT e não tem em consideração outros requisitos importantes, como outros indicadores de desempenho, melhoria contínua, entre outros.

Botti et al. (2018) propuseram um modelo matemático para abordar o *layout* das linhas de produção em modelos híbridos com PT manuais e automáticos de forma a considerar a avaliação do risco ergonómico e seguindo os princípios da produção *Lean*.

A diferença entre estas ferramentas e o instrumento de avaliação proposto nesta dissertação é na avaliação da combinação de vários indicadores de desempenho tais como: melhoria contínua, produtividade, segurança, ergonomia, qualidade, gestão visual, *standard work* e fluxo de materiais.

2.3. Saúde e Segurança

A segurança nas instalações de fabrico é vital para todos os níveis da organização. A segurança geral de um sistema é importante para todos os colaboradores, especialmente quando há um aumento do risco de ocorrência de acidentes. Estes acidentes num sistema podem causar danos de propriedade, meio ambiente ou pessoas (Appicharla, 2006).

Atualmente, o departamento de trabalho dos EUA está a colocar cada vez mais ênfase na segurança dos postos de trabalho. A Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (OSHA) está a liderar o caminho para a saúde e segurança dos colaboradores. A OSHA estabeleceu alguns elementos essenciais que são necessários para a melhoria contínua e segurança dos programas. Estes elementos chave incluem: "Gestão da liderança e participação dos colaboradores, identificação e avaliação de perigos, prevenção e controlo de perigos, informações e avaliação da eficácia do programa (Administração de Segurança e Saúde Ocupacional, 2012)."

As empresas reconhecem que um bom ambiente de saúde e segurança resultará numa redução de lesões relacionadas com o trabalho, métodos de trabalho mais eficientes, custos mais baixos de remuneração dos trabalhadores, aumento da produtividade do trabalhador (OSHA, 2002).

Os métodos de gestão de segurança e saúde convencionais não têm sido efetivos para a diminuição dos acidentes de trabalho, principalmente porque não mudam a cultura, que muitas vezes já está enraizada no local. É preciso utilizar novos modelos para obtenção de melhorias e o *Lean* apresenta-se como uma excelente alternativa de integração de todos os processos (Carvalho et al. 2016).

Para além da saúde e segurança dos trabalhadores, é importante incluir a satisfação dos colaboradores pois segundo (Ferreira et al. 2010) manter os colaboradores satisfeitos no local de trabalho é uma condição essencial para ter uma organização eficaz e eficiente. A valorização do ser humano no ambiente laboral é um dos itens que dão suporte ao sucesso de uma organização (Almeida et al. 2013).

Existem muitos fatores que influenciam os níveis de satisfação dos colaboradores tais como estilos de gestão e cultura da empresa, bem como envolvimento dos funcionários, capacitação e independência (Vidal, 2007). Esses fatores podem ser divididos em duas componentes: fatores ambientais e individuais.

As melhorias ergonômicas podem ajudar a reduzir ou eliminar tensões físicas. Por sua vez, isso influencia a satisfação dos funcionários devido às contribuições para a saúde e segurança. Está provado que pessoas saudáveis são capazes de produzir mais e executar melhor o seu trabalho (Marras e Karwowski, 2006).

2.4. Relação entre *Lean*, Ergonomia e Segurança

Algumas pesquisas anteriores sugerem que há efeitos negativos sobre a satisfação dos colaboradores, ergonomia e segurança após a implementação dos princípios *Lean*.

O estudo de Parker (2003) mostrou que os funcionários envolvidos na implementação *Lean* reduziram o comprometimento organizacional e a autoeficácia e, assim, aumentou a depressão no trabalho. A análise também mostrou que os efeitos negativos observados na produção *Lean* estavam ligados a reduções nas características do trabalho tais como autonomia no trabalho, utilização de habilidades e participação na tomada de decisões.

O estudo de Vidal (2007) sobre a produção *Lean*, capacitação/fortalecimento do trabalhador e satisfação no trabalho também produziram resultados divergentes. A pesquisa constatou que os trabalhadores podem estar satisfeitos com um ambiente tradicional de fabricação *Lean* e que um aumento no envolvimento dos funcionários nem sempre está relacionado com um aumento na satisfação.

Outras pesquisas anteriores ditam que há efeitos positivos sobre a relação entre o *Lean* e a ergonomia bem como da segurança e satisfação dos trabalhadores, após a implementação dos princípios *Lean*.

Ao investigar os conceitos de Ergonomia e *Lean*, eles aparentam estar conectados entre si (Walder et al. 2007). Por exemplo, implementar carrinhos de suporte com os materiais permitem que o trabalhador tenha acesso a todas as ferramentas evitando tempos de espera e movimentações desnecessárias. Estes processos variam entre simples elevadores a suportes complexos, mas todos alcançam os mesmos objetivos, aumentam a produtividade, diminuindo a fadiga do trabalhador e melhorando os processos (Walder et al., 2007).

Embora o LM e a ergonomia possam ter diferentes intenções e propósitos, podem complementar-se, reciprocamente, num local de trabalho de forma a torná-lo mais eficiente e seguro através de trabalhos em equipa e avaliações cooperativas (Sandalwood, 2016).

De acordo com um estudo realizado por Brannmark e Hakansson (2012) existe uma tendência para o aumento do risco de lesões músculo-esqueléticas associada à implementação de sistemas *Lean*. Este aumento é acentuado se o processo de implementação não incluir um programa de intervenção ergonômica.

Os desperdícios geralmente são vistos em máquinas que demoram mais que o necessário, ausência da formação dos colaboradores, informações e orientações limitadas, atraso de fornecedores e má qualidade dos materiais. Quando uma empresa produz um produto com melhor qualidade, geralmente há menos retrabalho. Os funcionários apresentam menos frustrações relacionadas com o seu trabalho e são mais felizes (Kelleher, 2010).

Os processos de *Kaizen* (melhoria contínua) esforçam-se para encontrar uma solução de baixo custo e alto impacto nas empresas (Smith, 2002). As avaliações de ergonomia podem ajudar a aprimorar

e motivar os colaboradores durante os eventos *Kaizen*. A integração ergonômica num evento *Kaizen* estabelece que o objetivo é melhorar continuamente os PT e as condições de trabalho para uma melhor produtividade (Smith, 2002). A pesquisa realizada por Bentley e Tappin (2010) mostra que a Ergonomia pode desempenhar um papel importante na melhoria dos processos quando certos aspetos do desempenho humano são essenciais para melhorar o *design* e a implementação do sistema.

O uso do *Kaizen* como ferramenta para integrar a ergonomia e os princípios *Lean* pode melhorar o resultado de projetos de melhoria contínua nos processos de uma empresa (Marras e Karwowski, 2006).

De acordo com vários estudos, os conceitos *Lean*, Ergonomia e Segurança dos trabalhadores estão interligados para melhorar processos e melhorar a produtividade e o bem-estar dos trabalhadores como se refere na Figura 4 (Brito et al. 2019a).

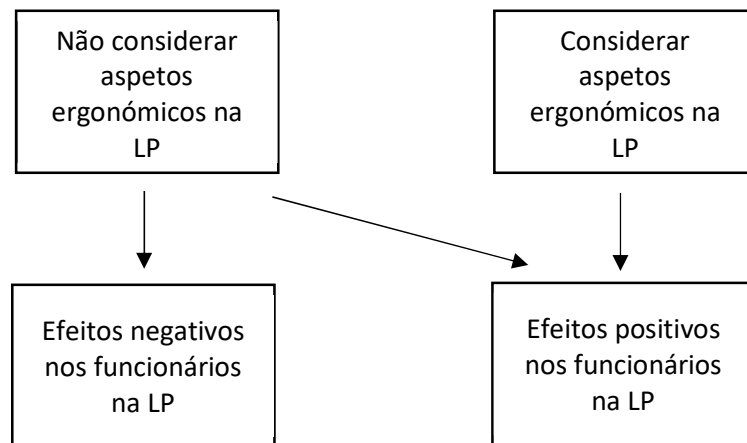


Figura 4 – Efeitos do *Lean* com aspetos ergonômicos

3. MÉTODOS E APLICAÇÃO

Neste capítulo apresenta-se a metodologia usada bem como todo o processo de aplicação da ferramenta ErgoSafeCI. De seguida, é apresentada a ferramenta ao pormenor e descritos alguns métodos que foram utilizados.

3.1. Metodologia aplicada

A metodologia implementada foi a investigação-ação, como referido no subcapítulo 1.3., e seguiu os seguintes passos:

1. **Avaliar** a situação inicial: avaliar a ferramenta ErgoSafeCI tornando-a mais fácil de usar, análise e melhoria da ferramenta e avaliação dos postos usando a ferramenta melhorada;
2. **Planear** as ações a implementar: análise dos resultados da ferramenta ErgoSafeCI, identificação das áreas mais críticas e respetivos problemas, escolha das ferramentas *Lean* (5'S, SMED, etc) com recurso a avaliações ergonómicas;
3. **Implementar** as ideias de melhoria: de acordo com os problemas apresentados foram sugeridas algumas propostas de melhoria sendo que nem todas foram possíveis de implementar;
4. **Avaliar** essas melhorias: reutilização da ferramenta ErgoSafeCI;
5. **Concluir**: decisão se a ferramenta é ou não um bom apoio à decisão.

A atividade “Ação” no Ciclo de Investigação corresponde às atividades descritas anteriormente. Ou seja, enquanto identifica e estrutura os problemas associados a cada uma das áreas de produção, o investigador estará a executar a ação de investigação através do método Investigação-Ação, pois ao longo deste processo refletiu sobre cada problema e procurou desenvolver melhorias para atingir os seus objetivos de investigação. No Ciclo de Investigação a implementação ocorreu através de reuniões informais com os colaboradores e com base nas queixas que apresentavam.

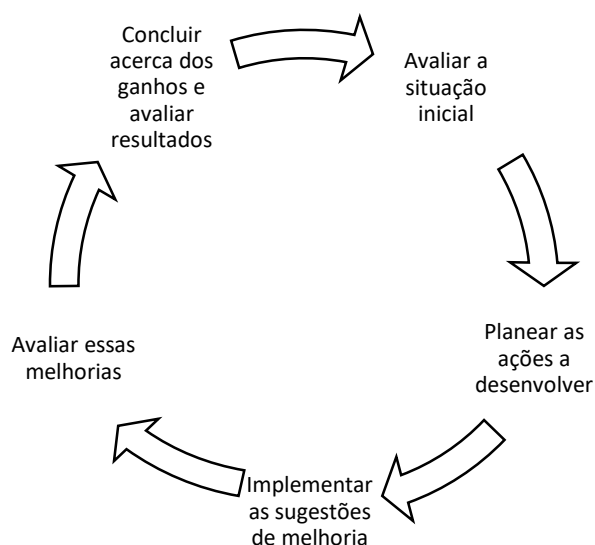


Figura 5 - Processo da ferramenta ErgoSafeCI de acordo com a metodologia

Para Wang e Chen (2009), uma ferramenta eficaz para avaliação da implementação do *Lean* deve conter, entre outras, as seguintes características:

- 1) Alcançar o estado atual do sistema;
- 2) Identificar as áreas com maior necessidade de melhoria;
- 3) Fornecer orientações para ações de melhoria;
- 4) Prover indicadores de desempenho quantitativos que possam ser monitorizados e comparados com registos anteriores de desempenho ou outros sistemas.
- 5) Possa ser atualizável quer nos indicadores, quer nos critérios de avaliação, em resposta às estratégias de gestão das várias empresas.
- 6) Seja simples de usar e manter.

A ferramenta ErgoSafeCI segue os padrões das características acima referidos e sofreu algumas alterações com o intuito de se tornar mais útil e fácil de usar. As alterações serão apresentadas de seguida.

A unidade fabril em que o projeto foi implementado, possui vários setores entre os quais estão divididos em: extrusão, impressão e corte. A fábrica funciona em 3 turnos diários e é suportada por diversos departamentos. Em cada turno existe um chefe de turno que monitoriza os processos, presta apoio aos operadores, ajuda na preparação dos *setups* e executa funções ao nível da qualidade como a verificação dos parâmetros de máquina de acordo com as Ordens de Fabrico (OF).

O primeiro passo foi a análise e melhoria da ferramenta e, em seguida, a eleição da equipa de projeto. A equipa era composta por operadores de produção, um engenheiro de produção, dois supervisores de produção e uma engenheira industrial. Em alguns casos, outros foram solicitados a ingressar na equipa, por exemplo, membros do departamento de manutenção. O próximo passo foi treinar os membros da equipa na ferramenta ErgoSafeCI e, em seguida, o sistema foi avaliado. O último passo foi a análise dos resultados.

Foi solicitado aos membros da equipa que analisassem minuciosamente o processo dessas áreas críticas e sugerissem algumas mudanças que poderiam melhorar as condições de ergonomia e segurança e, simultaneamente, melhorar os indicadores usando os princípios do *Lean*, como a redução de desperdícios.

A melhoria da ferramenta consistiu em 3 fases:

- 1) A primeira fase foi a análise de todas as questões da ferramenta para entender se elas deveriam ser adaptadas ou não à realidade produtiva da empresa.

No entanto, nesta fase, não foi necessário fazer nenhuma adaptação.

- 2) A segunda fase consistiu numa revisão bibliográfica sobre *Lean*, Segurança e Ergonomia, com o objetivo de melhorar as questões da ferramenta com base em Grandjean (1981) e Alexander et al. (1982). Sendo o stress, depressão e *burnout* as principais causas do absentismo daí a importância de separar a área da ergonomia em duas partes:

- Ergonomia física;
- Ergonomia organizacional e cognitiva.

Essa separação foi importante na análise dos resultados e na identificação de melhorias.

Houve também a necessidade de adicionar algumas perguntas com o objetivo de melhorar a avaliação do PT. Na secção de saúde e segurança, foram adicionadas as seguintes perguntas:

- Existiram acidentes neste PT e consultas médicas?
- O layout do local de trabalho é propício a acidentes?

Na ergonomia física, foram adicionadas as seguintes perguntas:

- O trabalhador necessita do uso de uma cadeira não ajustável?
- O trabalho requer o uso ou manipulação frequente de ferramentas manuais?

Por fim, a secção de ergonomia organizacional e cognitiva foi a que sofreu mais alterações de modo a obtermos uma avaliação mais correta e assertiva, com as seguintes perguntas adicionadas:

- O ritmo de trabalho é controlado pelo próprio trabalhador?
- As tarefas ou métodos de trabalho são completamente restritos pelas máquinas?
- O nível de atenção exigido pelo trabalho é alto?
- Existem reclamações frequentes dos trabalhadores devido ao stress ou pressão causada pelo trabalho?
- Os erros dos trabalhadores são frequentes?
- O tempo de formação para este trabalho é muito longo?
- O trabalho é composto por tarefas com informações claramente exibidas?

3) A terceira fase consistiu em melhorar a ferramenta de *software* com o objetivo de torná-la mais “*user friendly*”.

3.2. Apresentação da ferramenta

A ferramenta ErgoSafeCI, composta por 83 questões de avaliação, é constituída por 10 indicadores: Eficiência, Melhoria contínua, Segurança, Standards e gestão visual, Processos e Operações, Fluxo de materiais, Zero defeitos, Ergonomia física, Ergonomia organizacional e cognitiva e Disciplina. Brito et al (2019b) consideram estas 10 áreas fulcrais para ter um PT produtivo, seguro, ergonómico e *Lean*. Todas as perguntas são apresentadas de seguida bem como a explicação da importância de cada indicador.

- 1) Performance/ Eficiência - A avaliação do desempenho é essencial na gestão dos processos. Inúmeros estudos mostraram que, para adotar as melhores decisões para o desenvolvimento da organização, os gestores devem ter dados precisos e atuais sobre o desempenho dos processos que ocorrem dentro da empresa (Borsos et al. 2016). Com alguma pesquisa e com base em vários estudos foi possível chegar às perguntas apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Conjunto de perguntas para o indicador de eficiência

#	1- Indicadores Performance / Eficiência	Sim	Não	NA
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 atualmente 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			

- 2) Melhoria Contínua - A melhoria contínua é uma das principais estratégias para uma empresa de excelência e é considerada vital no ambiente de negócios atual. Um conceito bem conhecido relacionado com a melhoria contínua é o *Kaizen*, com origem no Japão e que significa mudança contínua para melhorar o comprometimento de todos os funcionários (Ahmad et al. 2013).

Tabela 3 - Conjunto de perguntas para o indicador de melhoria contínua

#	2- Melhoria Contínua	Sim	Não	NA
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 ações 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) ?			

- 3) Higiene e Segurança no trabalho-As ferramentas de identificação de riscos devem ser úteis para a análise de todos os postos de trabalho. Quanto melhor a capacidade das ferramentas para identificar situações de risco, melhor a análise de gestão de riscos, tornando o processo mais eficaz (Prottes et al. 2012).

Tabela 4 - Conjunto de perguntas para o indicador de higiene e segurança no trabalho

#	3- Higiene e segurança no trabalho	Sim	Não	NA
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...) ?			

- 4) *Standards* e gestão visual - O sistema de gestão visual é um tema-chave numa operação *Lean* e essencial para garantir a padronização (Gonçalves e Salonitis, 2017). De acordo com Brito et al. (2017), gestão visual, 5S e standards são ferramentas importantes na obtenção de bons resultados em projetos de melhoria. O objetivo é permitir que os supervisores vejam de imediato se os trabalhadores estão a seguir as operações estandardizadas (Ohno, 1988). A ajuda visual é muito importante nos processos, um exemplo prático é o das cores, qualquer zona de produção identificada por cores desperta logo uma sensação de organização e identificação rápida.

Tabela 5 - Conjunto de perguntas para o indicador de standards e gestão

#	4- Standards e Gestão Visual	Sim	Não	NA
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			
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 <i>pitch</i> ?			
33	Os cartões Kanban contêm a quantidade a produzir e o tempo de produção ?			

- 5) Operação e processo - Melhorias de processo, organização do *layout* e organização do trabalho foram consideradas as principais dimensões para incentivar a implementação da produção de práticas *Lean* (Yusup et al. 2016).

Tabela 6 - Conjunto de perguntas para o indicador de Operação e processo

#	5- Operação e processo	Sim	Não	NA
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) ?			

- 6) Fluxo de material e produto - O fluxo de materiais tem um papel fundamental na implementação *Lean*. A quantidade de fluxo de material e a sua fluidez são essenciais no fornecimento de mão-de-obra e equipamentos de produção altamente disponíveis para responder rapidamente à procura dos clientes (Liu et al. 2017).

Tabela 7 - Conjunto de perguntas para o indicador de fluxo de material e produto

#	6- Fluxo de material e produto	Sim	Não	NA
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> (TackTX 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) ?			

- 7) Zero Defeitos - Os princípios da metodologia de melhoria de processos *Lean* incluem os conceitos de valor, fluxos de valor e perfeição. Um dos princípios básicos do *Lean* é o conceito de zero defeitos e à prova de erros (Glenn e Blackmore, 2014).

Tabela 8 - Conjunto de perguntas para o indicador de zero defeitos

#	7- Zero Defeitos	Sim	Não	NA
51	É o próprio trabalhador no posto que faz a inspeção 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 ?			

8) Ergonomia Física e Ergonomia organizacional e cognitiva - O *design* de PT e trabalhos ergonómicos reduzem lesões e absentismo melhorando a produtividade, a qualidade e a confiabilidade (Botti et al. 2017). Estudos anteriores mostraram que os distúrbios músculo-esqueléticos levam a perdas significativas de produtividade devido a maiores taxas de absentismo e lesões (Cheshmehgaz et al. 2012). A ergonomia compreende três áreas principais: física (postura, movimentação de carga, movimentos repetitivos, distúrbios músculo-esqueléticos, *design* de PT, segurança e saúde); cognitivo (carga de trabalho mental, tomada de decisão, interação homem-máquina, stress e formação); e organizacional (trabalho de comunicação, *design* e programação, trabalho cooperativo, cultura organizacional, gestão da qualidade) (IEA, 2000).

Depois de uma pesquisa mais aprofundada houve a necessidade de separar a ergonomia em duas áreas importantes como foi referido anteriormente.

Tabela 9 - Conjunto de perguntas para o indicador de Ergonomia Organizacional e cognitiva

#	9- Ergonomia organizacional e cognitiva	Sim	Não	NA
73	O <i>layout</i> 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 10 - Conjunto de perguntas para o indicador de ergonomia física

#	8- Ergonomia física	Sim	Não	NA
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 (sem apoio), 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 pegas 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 ?			

- 9) Disciplina - O objetivo desta seção é medir se os standards implementados estão a ser respeitados. Às vezes é fácil implementar novos procedimentos, mas é difícil mantê-los. A avaliação é numa escala de 0 a 100 como mostra na Tabela 11.

Tabela 11 - Avaliação do cumprimento dos standards

#	10- Disciplina
83	<p>Avaliar o cumprimento dos standards:</p> <p style="text-align: center;">50%</p> <p>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</p>

Após a avaliação de cada indicador, a pontuação avaliada de cada PT foi atribuída na forma de percentagem, que representa o nível de implementação *Lean*, tendo em consideração os aspetos ergonómicos e de segurança de cada um. A percentagem final foi calculada a partir da média das percentagens de cada indicador, de acordo com as respostas dadas: 100% se estivesse conforme, 0% se fosse não conforme. As perguntas com resposta Não Aplicável (NA) foram ignoradas pelo cálculo. Estas perguntas foram listadas e respondidas sob as seguintes formas: sim, não e NA. O resultado surge em forma de gráfico radial com as pontuações de todos os indicadores. Existem vários campos a preencher de modo a obtermos as informações necessárias da auditoria ao PT. No cabeçalho são indicadas as seguintes informações (Figura 6): nome dos auditores, a data de realização, o setor de avaliação bem como a última pontuação atribuída a este setor. A pontuação média atual é apresentada como a média dos dez indicadores. O objetivo é estipulado pela empresa.

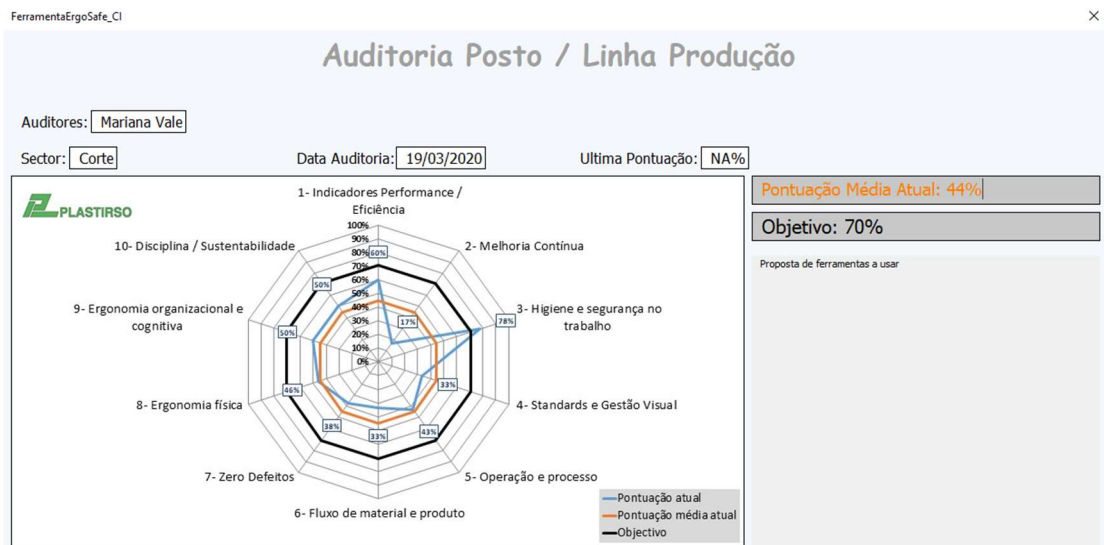


Figura 6 - Exemplo da apresentação do gráfico após uma auditoria

O objetivo principal desta ferramenta é contribuir para a melhoria contínua, por isso é um processo cíclico, o que significa que deve ser usado periodicamente.

3.3. Melhoria do software

Para tornar a ferramenta mais “*user friendly*”, tornou-se o processo de realização do questionário mais simples e intuitivo, com a introdução de processos automáticos ao invés de processos manuais, onde a probabilidade de cometer erros é maior e o tempo da realização é demorado. Também era essencial automatizar o método de obtenção do gráfico radial para que o utilizador apenas precisasse pressionar um botão para obtê-lo. O primeiro contacto que o utilizador tem com a ferramenta é a imagem de apresentação inicial que se apresenta na Figura 7:



Figura 7 - Interface inicial da ferramenta

O objetivo inicial do desenvolvimento desta ferramenta era conciliar duas ótimas ferramentas existentes, que são o *Microsoft Forms* e o Excel, por meio do uso de VBA (visual basic), macros e gráficos. A ideia inicial era usar o *Microsoft Forms* para realizar o questionário, devido ao facto de ser uma ferramenta simples, prática e de fácil acesso que pode ser usada num computador, smartphone ou tablet. A segunda etapa foi carregar os dados obtidos do formulário preenchido, por meio do *Microsoft Forms*, e depois tratá-los usando uma macro desenvolvida em visual basic, que retorna automaticamente, selecionando um botão, um gráfico radial que indica as pontuações obtidas por área, bem como a pontuação média e o objetivo a alcançar.

No entanto, concluiu-se que este passo poderia ser eliminado e integrar o próprio questionário no arquivo Excel da ferramenta, eliminando a etapa intermédia de passar os dados do questionário para o Excel. Para isso, foi necessário recorrer a uma interface, a UserForms², onde podem ser inseridas as perguntas do questionário, para que o utilizador final possa realizar o questionário de forma simples e intuitiva, assimilando-se ao processo realizado no *Microsoft Forms*.

De forma a que esta ferramenta seja utilizada por qualquer pessoa que não esteja muito por dentro do assunto, vai ser desenvolvido por um colega da área da eletrónica um método que possa interligar as perguntas com as ferramentas *Lean* e métodos de avaliação ergonómica. Assim, um utilizador menos "instruído" pode realizar uma avaliação com o objetivo de a ferramenta sugerir os métodos de avaliação ergonómica e ferramentas *Lean* para melhorar as áreas críticas, analisando o gráfico radial obtido. Com a passagem de um modelo manual para automático conseguiu-se poupar tempo (cerca de 5 min) e o processo de auditoria ficou mais apelativo e funcional.

3.4. Cálculo do OEE

A eficiência de uma unidade produtiva é habitualmente afetada por acontecimentos e vários incidentes que são chamamos de perdas (Nakajima, 1988). O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) é um indicador global da eficiência com que uma unidade produtiva (máquina, célula, linha ou fábrica) é utilizada.

O OEE é um sistema de deteção de perdas do equipamento que quantifica quanto eficaz é o equipamento na agregação de valor ao produto obtido num processo produtivo. Do mesmo modo que as perdas de produção relacionadas com os equipamentos têm três origens, o OEE é composto por três fatores representativos dessas três origens:

- Disponibilidade
- Eficiência
- Qualidade

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

Onde:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo produção}}{\text{Tempo produção} + \text{paragen}} \quad \text{Equação 2}$$

² Janela ou caixa de diálogo que faz parte da interface do utilizador de um aplicativo

$$Eficiência = \frac{Tempo\ produção\ prevista}{Tempo\ produção\ real} \quad Equação\ 3$$

$$Qualidade = \frac{Quantidade\ produzida - peças\ rejeitadas}{Quantidade\ produzida} \quad Equação\ 4$$

3.5. Aplicação de alguns métodos e ferramentas

Equação NIOSH

Existem vários métodos quantitativos para tentar definir limites seguros na MMC (movimentação manual de cargas). Um dos métodos é a equação NIOSH 91.

A equação estabelece um valor de referência de 23 kg (Constante Carga), que corresponde à capacidade de levantamento no plano sagital, de uma altura de 75 cm do solo, para um deslocamento vertical de 25 cm, segurando-se a carga a 25 cm do corpo. À constante de carga são aplicados diversos multiplicadores de valor geralmente inferior à unidade, cujo produto constitui o peso-limite recomendado (PLR). O carácter multiplicativo da equação faz com que o valor limite de peso recomendado vá diminuindo à medida que se afasta das condições ótimas de levantamento (Waters et al. 1993).

O PLR baseia-se num peso máximo recomendado que se designa por constante de carga (CC = 23 kg). A CC é ajustada através da aplicação de diferentes multiplicadores (geralmente inferiores à unidade) em função dos desvios que a tarefa apresenta em relação às condições ótimas

Os multiplicadores utilizados no cálculo analítico do PLR (Equação 5) são obtidos a partir das variáveis da tarefa que são as seguintes:

- distância horizontal (H) entre as mãos e a linha vertical que passa pelos tornozelos no início da elevação;
- distância vertical (V) das mãos ao solo no início da elevação;
- distância vertical da elevação (D) desde o ponto de início até onde é depositada a carga;
- assimetria (A), ou seja, ângulo de rotação do tronco, do movimento de elevação em relação ao plano sagital;
- tipo de pegadas (P) existentes nos objetos a elevar;
- frequência média (F) das elevações;
- duração do período com tarefas de elevação (T).

Note-se que os multiplicadores podem ser usados quando se pretende melhorar os postos de trabalho, alterando as variáveis descritas. A partir do PLR torna-se possível determinar o índice de elevação (IE) que fornece uma estimativa do stress físico associado ao trabalho manual de elevação. Este obtém-se através do quociente entre o peso da carga e o PLR, ou seja, um IE superior a 1 indica risco de LMERT (NIOSH, 2007).

$$PLR = CC \times MH \times MV \times MD \times MA \times MP \times MF \quad (Kg) \quad Equação\ 5$$

Onde:

$$Constante\ de\ carga\ CC = 23\ kg$$

$$\text{Multiplicador horizontal } MH = \frac{25}{H} \quad \text{Equação 6}$$

$$\text{Multiplicador vertical } MV = 1 - (0,003) \times |V - 75| \quad \text{Equação 7}$$

$$\text{Multiplicador de distância } MD = 0,82 + \left(\frac{4,5}{D}\right) \quad \text{Equação 8}$$

$$\text{Multiplicador de assimetria } MA = 1 - (0,0032 \times A) \quad \text{Equação 9}$$

Multiplicador de frequência MF = Valor dependente da frequência das manipulações (Ver Tabela 12)

Multiplicador de pega MP = Valor dependente da qualidade da pega (Ver Tabela 13)

Tabela 12 – Frequência das manipulações

Frequência (em elevações por minuto) ⁽¹⁾	Duração do período com tarefas de elevação					
	= 1 h		1 - 2 h		2 - 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

Tabela 13 - Qualidade da 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

SMED

O objetivo na implementação da ferramenta SMED é começar por fazer um levantamento das tarefas de *setup*, através da filmagem e posterior elaboração de uma lista de todas as tarefas presentes num *setup*.

O primeiro passo consiste na identificação de todas as tarefas presentes num *setup*, o filme começa quando a máquina pára até que volta a arrancar. Até aqui todas as tarefas são internas.

O segundo passo seria a separação de ambas, ou seja, começa-se por tentar perceber quais as tarefas do grupo do *setup* interno que podem ser feitas com a máquina a trabalhar, e que, por isso, podem passar a pertencer ao grupo do *setup* externo. Esta etapa é essencial para eliminar os tempos de espera do trabalhador e rentabilizar este tempo com a realização destas tarefas que são externas e independentes da máquina.

Finalmente os dois próximos passos sugerem que os *setups* devem ser “espremidos”, ou seja, é essencial diminuir as tarefas internas e externas ou eliminando todas as tarefas desnecessárias, minimizando o seu tempo ao máximo. Esta etapa deve ser acompanhada de uma lista de todas as melhorias e ações que se devem implementar e tempos previstos que por sua vez deve ser fixada no local do posto de trabalho e acompanhada de uma formação aos colaboradores de forma a *standardizar* o processo de *setup*.

Um dos blocos da construção do LM relaciona-se com o *setup* rápido. Quanto mais rápidos forem os tempos de *setup*, menor o tempo de inatividade dos equipamentos. A espera faz parte dos sete desperdícios de um ambiente de produção.

Na essência, os “desperdícios” a combater utilizando o SMED são:

- Tempos de espera
- Excesso de stock
- Transporte
- Excesso de produção
- Defeitos

No entanto nem sempre é possível utilizar esta ferramenta de forma individual, porque muitas das vezes o “problema” estende-se a outros campos, que influenciam e podem constituir um obstáculo à implementação do mesmo. Quando existe uma desorganização do espaço envolvente do PT torna-se mais difícil para o operador poder fazer as suas tarefas na ocorrência de um *setup*, já que vai demorar mais tempo a procurar as ferramentas para essa operação. Logo para resolver esse problema torna-se necessária a aplicação da metodologia 5’S, uma das ferramentas do LM. Em relação aos movimentos que as tarefas envolvem, constatou-se que o operador executa tarefas repetitivas durante as atividades do *setup* originando lesões por isso, fez todo o sentido uma avaliação ergonómica durante um processo SMED pois revela-se muito importante na identificação de possíveis lesões músculo-esqueléticas relacionadas com o trabalho (LMERT). Porém, existe todo o interesse em interligar as várias metodologias *Lean* com a Ergonomia retirando as vantagens que de cada uma delas advém, reduzindo ao máximo os desperdícios e, em contrapartida aumentando a rentabilidade dos equipamentos e o bem-estar dos colaboradores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo inicia-se com a apresentação e análise dos resultados obtidos através da aplicação da ferramenta em estudo bem como os problemas associados aos indicadores com as pontuações mais baixas. De seguida são apresentadas as propostas de melhoria associadas a cada problema e posteriormente realizou-se uma reavaliação dos PT usando a ferramenta após a implementação das melhorias. No fim, conclui-se se a ferramenta é ou não um bom apoio à decisão.

4.1. Apresentação e discussão de resultados

Numa primeira avaliação à empresa utilizou-se a ferramenta em três setores e obteve-se diferentes resultados para cada secção. Após a conclusão do processo, a empresa adotou os resultados obtidos nas avaliações e colocou-os em prática para ajudar a identificar as áreas mais críticas, especialmente aquelas com as piores pontuações de avaliação.

Como ponto de partida, os PT selecionados para fase de análise foram a extrusora 11, a impressora 3 e o corte 9. Esta escolha baseou-se nas máquinas que têm maior volume de encomendas e que estão sempre em funcionamento. A impressora 3 é responsável pela produção da referência de maior volume de faturação anual da empresa e a máquina que corta o tipo de saco (Figura 8) que é impresso na impressora 3. Assim, decidiu-se então optar por um estudo exaustivo a estas três máquinas, uma vez que estas estão interligadas entre si durante toda a produção, até obtenção do produto acabado para o cliente.



Figura 8 - Saco impresso do corte 9

Dada a existência de dados sobre a produção de cada secção em estudo, o autor reuniu todos os registos da produção de cada máquina, com o objetivo de calcular o OEE para cada uma pois é uma das perguntas da ferramenta. O valor do OEE é calculado por OF no sistema de registos da empresa como se pode ver na Figura 9:

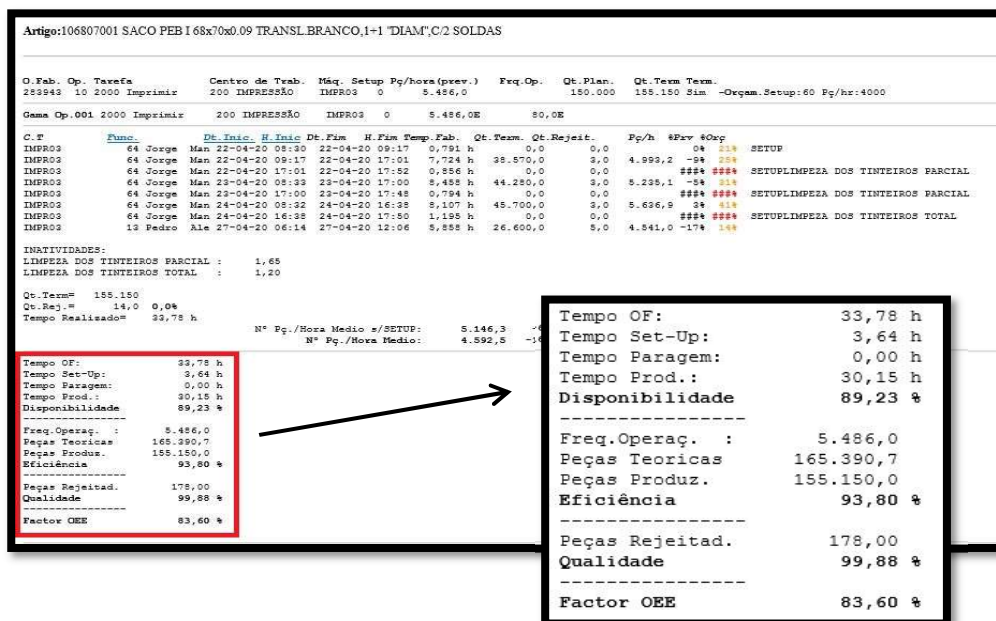


Figura 9 - Exemplo de uma OF com cálculo do OEE

Posteriormente juntou-se os dados de janeiro de 2020 e calculou-se o OEE por máquina e obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 14 - Cálculo do OEE por máquina

Máquina	Extrusora 11	Impressora 3	Corte 9
OEE	86,5%	67,4%	78,5%

Analisando os resultados obtidos constata-se que as máquinas possuem valores de eficiência razoáveis, considerando que o ótimo e desejável se situa nos 85%. Estes resultados podem ser justificados pela inexistência de *setups* na extrusão, falta de registos de avarias ou por micro paragens (inferiores a cinco minutos) que vão ocorrendo durante o processo produtivo. Na extrusão, não há registo de *setups* embora exista mudança de MP sendo efetuada com a máquina a trabalhar, constatou-se também que muitas das vezes não davam registo das avarias ocorridas por isso apresenta um OEE acima dos 85%. As velocidades reduzidas a que as máquinas de corte e impressão operam são resultantes do estado em que estas máquinas se encontram. Trata-se de duas máquinas já com alguns anos e que quando colocadas a velocidades maiores produzem defeitos. Além dos baixos rendimentos das máquinas, outro fator que pode justificar os valores de eficiência obtida é a disponibilidade real da máquina, pois uma máquina só está 100% disponível quando não existem perdas causadas pelas paragens não planeadas, perdas resultantes devido ao equipamento não funcionar à velocidade estipulada na OF e perdas de defeitos na qualidade do produto (Nakajima, 1988). Os *setups* e as avarias podem ser o fator que mais contribui para os baixos valores de disponibilidade dos equipamentos.

4.1.1. Análise dos gráficos radiais da Extrusora 11

No processo de extrusão tubular, a matéria-prima (pequenos grânulos de PP e PE) entra num cilindro (aquecido através de resistências) sobre um fuso, transportando-a para a saída de uma feira, formando um balão à base de ar e/ou água para arrefecimento do material. Consoante as especificações indicadas na OF, o material pode atravessar uma etapa de tratamento corona que tem como objetivo tornar o filme ou manga aptos para serem impressos, sendo que no final, o material é bobinado com ajuda de um veio. Durante todo o processo, o operador deve assegurar que todo o material extraído no final está em conformidade com todas as especificações e orientações indicadas nas folhas de OF, incluindo registos de parâmetros de máquina, medidas de largura e espessura do produto final. Quando um produto não está conforme, pode ser derivado a vários fatores tais como: erros de introdução de parâmetros de afinação ou simplesmente uma avaria de máquina. Muitas das vezes o material não sai tão bem bobinado devido às máquinas estarem obsoletas ou dependendo da experiência do operador ao afinar a máquina.

No setor da extrusão (Figura 10), há vários indicadores que apresentam valores baixos, nomeadamente, a melhoria contínua, fluxo de material e produto, zero defeitos e ergonomia organizacional e cognitiva. Foram analisados todos os problemas que estavam na origem destes indicadores com valores muito abaixo do objetivo para posteriormente proceder à sua melhoria. É de notar que dois dos indicadores já atingem o objetivo da empresa que é os 70%, nomeadamente a Eficiência e Operação e processo.

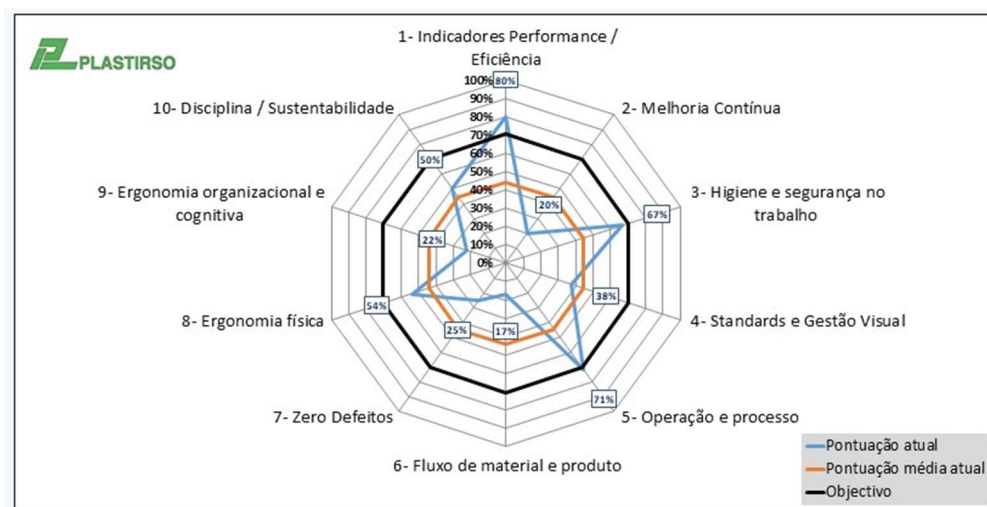


Figura 10 - Gráfico radial do setor da extrusão

A área de Ergonomia organizacional e cognitiva mostra uma baixa pontuação devido a erros na introdução de registos de produção por parte dos funcionários. Esses erros surgem devido a distrações do trabalhador, uma vez que executam várias tarefas ao mesmo tempo. Na extrusão, não existem PT fixos como no corte e impressão. Daí o operador na extrusão ser responsável por duas máquinas, no mínimo.

Depois da análise do gráfico da extrusão, foi possível descobrir os problemas e consequentemente chegar a uma conclusão das propostas de melhoria que poderiam ser implementadas de acordo com os indicadores que apresentavam as pontuações mais baixas.

Tabela 15 – Problemas detetados no setor da extrusão e propostas de melhoria

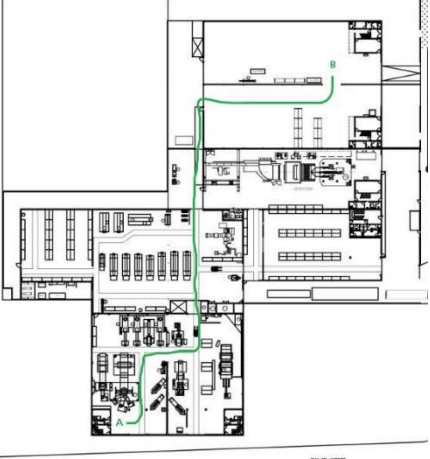

Indicador	Problema	Proposta	Ilustração do problema
Fluxo de material e produto	O fluxo de matéria-prima (MP) não está presente, uma vez que o armazém é distanciado das máquinas (Figura 11), o que origina esperas por parte do operador da máquina.	1. A colocação de silos de MP no exterior seria uma solução mais viável embora seja dispendiosa, mas trazia inúmeros benefícios para a empresa pois reduziria grande parte das deslocações feitas pelos empilhadores que só teriam de se movimentar para deslocar PA (produto acabado) ou PVF (produto em vias de fabrico).	
Zero Defeitos	Utilização de MP errada no produto que está a ser processado, uma vez que existem ocasiões em que paletes de MP com diferentes referências (Figura 12) encontram-se muitas vezes juntas uma da outra, levando ao erro de utilização por parte do operador.	2.Criação das rotas de abastecimento de modo a existir só a MP que está a ser produzida naquele momento.	

Figura 11 - Distância entre a extrusora (A) e o armazém de MP (B)



Figura 12 - Colocação da MP atrás da extrusora

Melhoria Contínua

Como se pode verificar na Figura 13, a quantidade de informação afixada nos quadros dos PT da extrusão, que são relativas a especificações dos clientes da empresa e avisos da qualidade ou da produção, é excessiva e algumas delas já se encontram desatualizadas no contexto atual da produção. Isto faz com que os trabalhadores percam demasiado tempo a procurar e a ler as informações essenciais.

3. Organização dos quadros por cores e dividindo em produção e qualidade, os avisos ou as informações mais importantes são colocados no topo, os menos importantes são colocados a meio e assim sucessivamente. As informações obsoletas ou avisos que já não se encontram em vigor eram retirados. Esta ação é um desenvolvimento futuro para os diversos setores.



Figura 13 - Quadros de informação na extrusão

4.1.2. Análise dos gráficos radiais da Impressora 3

O processo de impressão é realizado através da aplicação de clichés (espécie de carimbo) em cilindros metálicos, que em contacto com a tinta e com a passagem do filme/manga, criam a impressão final no material de acordo com os desenhos aprovados pelo cliente. No final deste processo, consoante o produto final para o cliente, o material impresso pode seguir diretamente para este, ou passar ainda para o processo de corte ou de rebobinagem. Analisando o gráfico radial do setor da impressão (Figura 14), detetou-se que o indicador que inclui o OEE era o mais baixo em relação às outras secções e que as áreas de Melhoria contínua, Ergonomia organizacional e cognitiva e as Operações e processos obtiveram pontuações muito baixas. A área de Ergonomia organizacional e cognitiva mostra uma pontuação baixa pois um dos problemas poderá estar relacionado com o facto de não haver rotação do posto de trabalho, como acontece no corte, e pausas para descanso, levando à exaustão psicológica e ao cansaço.

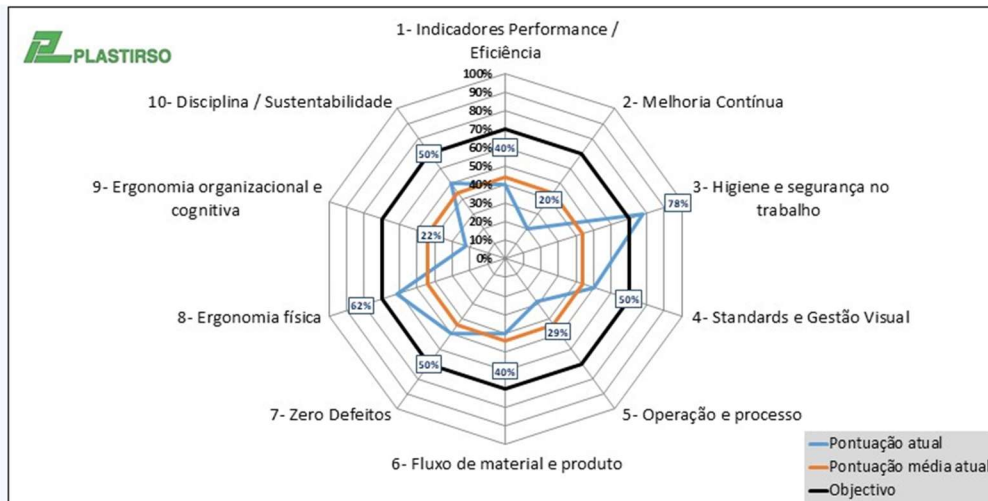


Figura 14 - Gráfico radial da secção da impressão

Depois da análise do gráfico da impressão, foi possível descobrir os problemas e consequentemente chegar a uma conclusão das propostas de melhoria que poderiam ser implementadas para aumentar os indicadores com as pontuações mais baixas.

Tabela 16 - Problemas detetados no setor da impressão e propostas de melhoria

Indicador	Problema	Proposta	Ilustração do problema
Zero Defeitos	As emendas resultantes da extrusão (Figura 15) são identificadas como amarelas e vermelhas, sendo que as vermelhas são as mais graves pois a manga ou filme está fora de medida originando paragens na produção da impressão porque o operador sempre que vê uma etiqueta destas, pára a máquina e retira o excesso de material e retoma outra vez o arranque, originando muito desperdício.	4. Em relação a este problema ainda não foi encontrada nenhuma solução. A única ação possível seria investigar uma forma de a máquina ao detetar estas etiquetas parasse de forma automática através de um sensor e um sinal sonoro de forma a libertar o operador.	

Figura 15 – Bobines com emendas

Melhoria Contínua	Relativamente à organização do posto de trabalho Figura 16, algumas coisas se encontram fora do sítio e algumas ferramentas e objetos obsoletos continuam no local sem serem usados ou identificados. A desorganização dos espaços, impossibilita o operador de circular livremente à volta da máquina.	5. Implementação da metodologia 5's no PT de forma a organizar as ferramentas e estabelecer espaços específicos para cada objeto mantendo o local sempre limpo e organizado.
-------------------	---	--

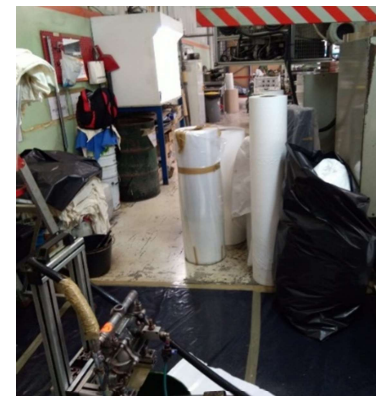


Figura 16 - Local desorganizado junto da impressora

Ergonomia física	Na Figura 17, o operador retira o veio da máquina e coloca o veio na bobine seguinte. Esta é uma tarefa cíclica e repetitiva, executando esta tarefa, em média, 13 vezes ao dia. Cada veio pesa cerca de 25kg.	6. Primeiramente foi realizada uma avaliação ergonómica aplicando a equação NIOSH para saber o risco em que o operador está sujeito. A solução aqui passaria também por colocar veios de alumínio em vez de veios de ferro.
------------------	--	---



Figura 17 - Posição do operador na manipulação do veio

Melhoria Contínua	Como foi calculado anteriormente, o setor da impressão é o que apresenta menor OEE, isto acontece derivado ao tempo gasto em <i>setups</i> devido à troca das bobinas na máquina e limpeza dos tinteiros.	7. Aplicação da metodologia SMED de forma a reduzir os tempos de <i>setup</i> .
-------------------	---	---

4.1.3. Análise dos gráficos radiais do Corte 9

O corte consiste na produção de diversos tipos de sacos ou folhas a partir de bobines cortadas nas medidas estabelecidas com ou sem soldaduras.

Analisando os indicadores de desempenho na secção do corte (Figura 18) o que apresenta menor pontuação é a área da melhoria contínua. Com estes resultados, foram debatidos vários pontos para possíveis intervenções tendo em conta as necessidades e prioridades para a empresa. De acordo com as queixas dos trabalhadores, foi possível juntamente com ferramentas *Lean*, uma tentativa de melhoria do local de trabalho para o bem-estar dos colaboradores. Optou-se então por investigar quais os problemas associados a este indicador que apresentava um valor tão baixo.

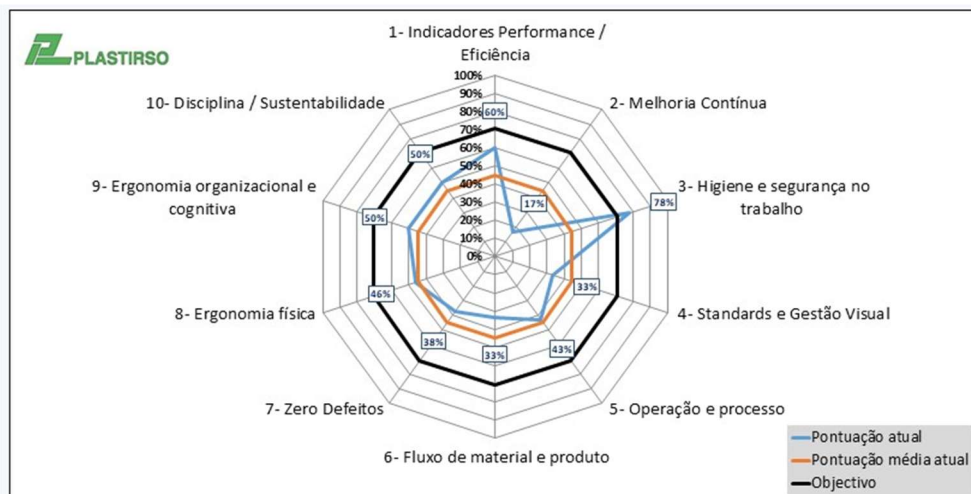




Figura 18 - Gráfico radial do setor do corte

Depois da análise do gráfico do corte, foi possível descobrir alguns problemas e consequentemente chegar a uma conclusão das propostas de melhoria que poderiam ser implementadas. De acordo com o indicador mais baixo surge de seguida os problemas associados a este indicador de forma a melhorá-lo.

Tabela 17 - Problemas detetados no setor do corte e propostas de melhoria

Indicador	Problema	Proposta	Ilustração do problema
Melhoria Contínua	Relativamente à secção do corte, os operadores apresentavam bastantes queixas em relação ao tempo que perdiam em encontrar materiais e ferramentas para afinar as máquinas tais como: parafusos, anilhas, furos e cortantes. A falta de identificação de material e material obsoleto é visível através da Figura 19.	8.Implementação da metodologia 5's na secção de ferramentas de forma a estabelecer espaços para cada coisa e manter o local sempre limpo e organizado.	 <p>Figura 19 - Secção das ferramentas do corte</p>
Melhoria Contínua	Um dos problemas detetados no setor de corte e impressão era o tempo de espera entre o operador e o chefe de turno, devido a dificuldades na procura do material para produção, o material encontrava-se espalhado pela fábrica sem localização nas estantes como se verifica na Figura 20.	9.Realização da organização dos armazéns e um sistema de localização de estantes.	 <p>Figura 20 - Material espalhado pelo chão de fábrica</p>

De seguida apresenta-se uma tabela resumo dos problemas identificados em todos os setores e os tipos de desperdícios associados.

Tabela 18 - Resumo dos problemas identificados

Setor	Problema	Tipo de desperdício
Todos os setores	Falta de aplicação dos 5S	Esperas
Impressão e Corte	Falta de rotatividade	Não aproveitamento do potencial humano
Extrusão	Falta de controlo prévio na qualidade	Defeitos
Extrusão	Elevadas distâncias percorridas para buscar materiais	Movimentações desnecessárias
Todos os setores	Erros nos registos de produção	Sobre processamento
Impressão e Corte	Material sem localização	Esperas

4.2. Propostas de melhoria implementadas

Das nove propostas de melhoria, só três foram implementadas por falta de tempo e disponibilidade por parte da equipa do projeto. Todas as propostas estão presentes no Apêndice A.

4.2.1. SMED

Relativamente à proposta 7, realizou-se a aplicação da metodologia SMED. Na impressora 3 são realizadas sete operações: colocação dos tinteiros na máquina, colocação da tinta nos tinteiros, aplicação de clichés em cilindros, colocação de cilindros com clichés na impressora, mudança de bobines e por fim a impressão.

Este setor apresentava os seguintes “problemas”:

- Tempos de *setup* muito elevados;
- Operações realizadas não normalizadas;
- Operações realizadas internamente passíveis de serem externas;
- Operações efetivamente internas não otimizadas;
- Tempos de espera entre o operador e chefe de turno.

Constatou-se que os tempos de operação de *setups* têm tendência a variar segundo a OF que vai ser iniciada e a que acabou de ser produzida, havendo assim *setups* mais prolongados do que outros. Foi também possível verificar que as operações são realizadas de maneira diferente pelos operadores, ou seja, os operadores não seguem um procedimento estabelecido de forma a maximizar o tempo de *setup*. Isto faz com que cada operador faça as tarefas de forma intuitiva e conforme a disponibilidade de material, revelando um processo não normalizado, que leva à ocorrência de tempos diferentes de *setup* para cada operador para as mesmas tarefas propostas. O processo é realizado apenas pelo operador da máquina, que começa com o transporte da bobine desde o local de supermercado até ao local da máquina com o auxílio de um carrinho de transporte. O operador cola os clichés nos cilindros e posteriormente coloca as tintas no tinteiro ou vice-versa. A bobine é colocada nos veios da máquina, com a utilização da grua. Posteriormente, começa o

desenrolamento da bobine e à medida que a bobine desenrola, é passada por um cliché que imprime na bobine. No fim do processo retira-se a bobine impressa que sai à frente da máquina. Todo este processo está apresentado na Figura 21:



Figura 21 - Etapas do processo de setup na impressão

Foram recolhidos os dados acerca do *setup* através dos registos de produção de todos os artigos de todas as produções do ano de 2019. Constatou-se que os dados de *setup* eram muito irregulares como se pode ver na (Figura 22), devido a artigos com elevadas cores em que o tempo de lavagem de tinteiros é elevada.

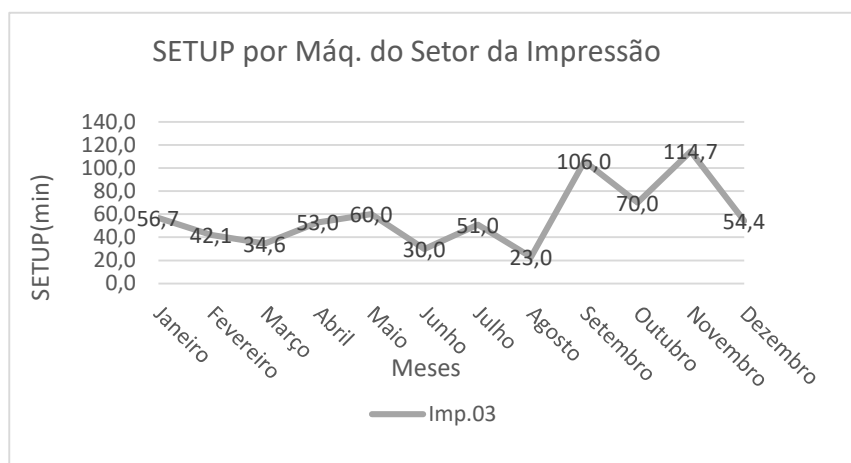


Figura 22 - Média dos tempos de *setup* do ano de 2019

Foi possível observar que as operações realizadas nos *setups* podem variar segundo a OF que vai entrar e aquela que acabou de ser produzida, existindo por isso *setups* mais prolongados do que outros. O valor médio gasto em *setup* são 58 min. É de notar que a máquina só trabalha, no máximo, dois turnos por dia.

Aplicação da metodologia SMED

1ª fase – Identificar as tarefas internas

O primeiro passo foram as filmagens dos tempos de *setup*, por forma a captar os tempos respetivos de cada tarefa. Após a filmagem, procedeu-se à identificação das tarefas presentes num *setup* bem como a média dos tempos registados (Tabela 19).

Tabela 19 - Identificação das tarefas presentes num *setup*

Tarefas	Média(min)
Tubos cortados	5
Carrinhos dos desperdícios	1
Paletes para o PA	1
Colocar o material (Mangas ou Filmes)	2
Ver a medida do cilindro conforme OF	1
Colocar os clichés ³ nos cilindros	10
Ir buscar latas das tintas ao exterior	5
Afinar a cor conforme pantone ⁴	5
Introduzir as tintas na máquina	5
Colocar os cilindros na máquina	10
Verificar velocidade conforme OF	1
Trocar bobines (entrada e saída)	5
Limpar os tinteiros	20
Total	71

2ª fase – Separação das tarefas internas e externas

Após a identificação das atividades do *setup*, passou-se para a separação das mesmas, colocando as atividades externas antes do *setup*, ficando apenas as internas durante o *setup*. No entanto, o *setup* era efetuado, na sua grande parte, apenas pelo operador. Uma das soluções encontradas ao analisar-se esta situação, foi a introdução da ajuda do chefe de turno (responsável também por outras linhas) na preparação de todos os *setups*, em conjunto com o operador da máquina. Na Tabela 20, e após algumas tentativas no acerto das atividades a realizar pelo operador (1) e pelo chefe de turno (2), encontra-se o novo método delineado.

Tabela 20 – Separação das atividades internas das externas

	Tarefas		E/I	Média(min)
Pré - <i>setup</i>	Tubos cortados	2	E	5
	Carrinhos dos desperdícios	2	E	1
	Paletes para o PA	2	E	1
	Ir buscar o material (Mangas ou Filmes)	2	E	2

³ Chapas flexíveis de fotos polímero

⁴ Linguagem universal de cores

	Ver a medida do cilindro conforme OF	1	E	1
	Colocar os clichés nos cilindros	1	E	10
	Ir buscar latas das tintas ao exterior	1	E	5
	Afinar a cor conforme pantone	1	E	5
<i>Setup</i>	Introduzir as tintas nos tinteiros	1	I	5
	Colocar os cilindros na máquina	1 e 2	I	10
	Verificar velocidade conforme OF	1	I	1
	Trocar bobines (entrada e saída)	1 e 2	I	5
	Limpar os tinteiros	1	I	20
	Total			71

3ª fase – Converter tarefas internas em externas

O objetivo desta etapa, passou por alterar as atividades internas para externas, colocando-as antes ou depois do *setup*. No entanto, e após uma análise profunda ao setor e ao modo como funciona, concluiu-se que era impossível passar qualquer uma das atividades internas para externas, pois a tecnologia da máquina e o próprio *design* da mesma não permitia a sua aplicabilidade. Como exemplo, pode-se indicar a atividade interna “introduzir as tintas na máquina”, ao considerar-se impossível a sua passagem para externa, uma vez que é necessária a presença das cores que estão a ser usadas naquele momento para o artigo em produção.

4ª fase – Reduzir o número e o tempo das tarefas internas

Esta etapa teve como propósito diminuir ou eliminar as tarefas internas. Após um estudo das diversas ações possíveis, constatou-se que nenhuma era possível de completar, ou por falta de tempo ou porque o *design* ou tecnologia da máquina não o permitiu, como por exemplo, a colocação dos cilindros na máquina ocorrer de forma automática de modo a facilitar o manuseamento das bobines e a limpeza dos tinteiros passar de manual a automática. Relativamente à troca de bobines, a solução passaria por colocar um sensor na saída da máquina de modo a avisar o operador que a bobine acabou facilitando o trabalho do operador em estar sempre a parar a máquina para troca de bobine e produzir a consequente paragem automática da máquina. Este sensor devia emitir um sinal sonoro e visual de modo a alertar o operador. A aplicação destes sensores permite reduzir e acelerar a troca de bobines, uma vez que evita que os operadores vigiem o final das bobines para parar a máquina. Em relação à lavagem de tinteiros é a atividade mais demorada devido à complexidade do processo. Nesta operação os operadores lavam com diluente os tinteiros, os rolos anilox (cilindros) e as bombas utilizadas no bombeamento da tinta para os tinteiros das ordens de fabrico anteriores, de modo a que não fique nenhum resíduo da tinta utilizada. Neste momento, esta é uma operação manual que deve ser repetida tantas vezes quantas as necessárias para que não fique quaisquer vestígios de tinta, uma das ações poderia ser a troca das bicas dos tinteiros por umas mais largas tornando o esvaziamento mais rápido e reduzindo, por isso, o tempo que este procedimento necessita. No entanto, esta máquina não apresenta condições necessárias para esta lavagem ocorrer de forma automática. Contudo, o resultado destas ações levaria à diminuição do tempo de ambas as atividades, tornando o *setup* mais rápido e também mais ergonómico para os operadores.

5ª fase – Diminuir as tarefas externas

A quinta e última etapa da metodologia SMED, teve por objetivo a redução ou eliminação das atividades consideradas externas. Uma das ações com maior impacto foi a ajuda do chefe de turno que passa pela colocação das latas de tinta antes de cada OF entrar à máquina, eliminando a atividade externa designada por “Ir buscar latas de tintas (que neste caso era ao exterior)”, conseguiu-se diminuir o tempo de pré-*setup* em aproximadamente 5 minutos. Outra das ações implementadas seria a colocação de suportes em todos os carrinhos de transporte de cilindros (Figura 23) de forma a ajudar na preparação dos clichés, é de notar que dos seis carrinhos existentes na fábrica só dois têm o suporte. Esta atividade também seria reduzida em cinco minutos.



Figura 23 - Colocação das tintas e colocação de suportes em todos os carrinhos

Todo o procedimento de *setup* foi normalizado e está presente no Apêndice B.

A aplicação da metodologia SMED tem como objetivo a diminuição dos tempos de *setup* do setor da impressão. A redução do tempo necessário em cada *setup* interno ocorre principalmente através da conversão de operações atualmente internas em externas e da racionalização das operações. Além disso, a eliminação de movimentações e transportes considerados desnecessários contribuem de forma positiva para esta redução. Através da análise das várias operações constituintes do processo de mudança de fabrico e da implementação das várias fases da metodologia SMED seria possível reduzir significativamente os tempos de paragem de máquina. A Tabela 21 evidencia as diferenças encontradas entre os tempos realizados atualmente e aqueles que seriam obtidos após a implementação da metodologia.

Tabela 21 - Tempos atuais e Tempos da proposta

Tarefa	Tempo atual (min)	Tempo proposta (min)	Ganho de tempo (%)
Tubos cortados	5	0	100
Carrinhos dos desperdícios	1	0	100
Paletes	1	0	100
Colocar o material (Mangas ou Filmes)	2	0	100
Ver a medida do cilindro conforme OF	1	0	100
Colocar os clichés nos cilindros	10	0	100
Ir buscar latas das tintas	5	0	100
Afinar a cor conforme pantone	5	0	100

Introduzir as tintas nos tinteiros	5	-	-
Colocar os cilindros na máquina	10	-	-
Verificar velocidade conforme OF	1	-	-
Trocar bobines (entrada e saída)	5	-	-
Limpar os tinteiros	20	10	50

Analisando a tabela é visível que a implementação da metodologia SMED permite reduzir os tempos de *setup* interno até 50% em relação ao que acontece atualmente. Esta redução é resultado das conversões de tarefas internas para externas, poupando cerca de 30 minutos. Note-se que, no caso das operações externas, o ganho é de 100%, pois todos os procedimentos afetos a estas operações podem ser realizados com a máquina em funcionamento. É também notória a diferença encontrada na operação “limpar os tinteiros” que com as conversões efetuadas regista um ganho de tempo de 50%. Assim, com a implementação da metodologia SMED espera-se uma diminuição significativa dos *setups* internos (50%), o que permite o aumento da disponibilidade das máquinas para produção e o conseqüente aumento dos ganhos da empresa.

Sendo um dos objetivos a reavaliação do PT após as melhorias só foi possível realizar no sector de impressão devido aos constrangimentos anteriormente referidos.

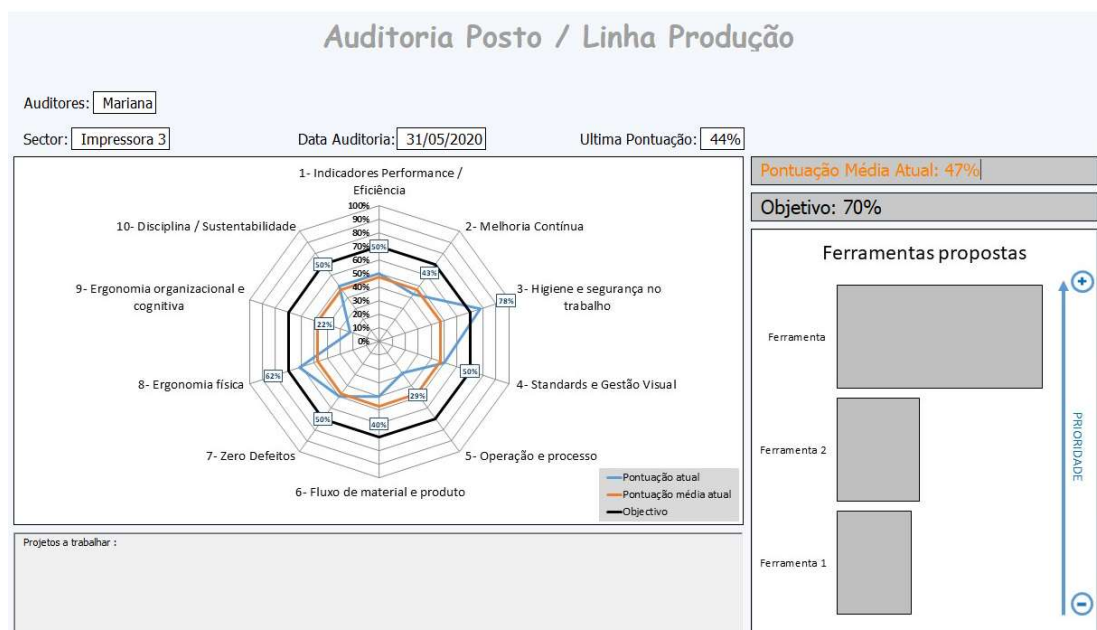


Figura 24 - Apresentação da ferramenta após as melhorias

Ao analisar de novo o PT após as melhorias, embora a média atual tenha subido ligeiramente, o indicador de melhoria contínua subiu de 20% para 43%, o que significa que houve um aumento de mais de 50%. A ideia de incluir as ferramentas do lado inferior direito da Figura 24, é de ajudar o auditor a priorizar as áreas mais críticas e aplicar as ferramentas mais apropriadas.

Com a implementação da metodologia SMED foi possível reduzir os tempos de *setup*, principalmente na passagem de tarefas internas para externas reduzindo bastante o tempo necessário das máquinas paradas. A recorrência a mecanismos ao invés de operações manuais visa obter rapidez e eficácia nos processos e libertar o operador para outras tarefas. A quarta fase da metodologia SMED referiu-se à diminuição das tarefas internas, mas todas as propostas ficaram

pendentes porque o *design* ou tecnologia da máquina não permitiu fazer essas mudanças. As entrevistas informais e o *know-how* dos operadores foram determinantes para uma maior compreensão do método que envolve cada *setup*, as suas etapas e particularidades.

4.2.2. Análise Ergonómica no PT da impressão

Equação NIOSH

Esta operação representada na Figura 25 consiste no seguinte: Retirar o veio da máquina, retirar o tubo (onde é pousado no degrau) e inserir na bobine seguinte. O operador revelou várias queixas em relação a esta tarefa originando muitas dores nas costas ao fim de um dia de trabalho. Relativamente à proposta 6 foi realizada uma avaliação ergonómica aplicando a equação de NIOSH de modo a analisar o risco a que o operador está sujeito, visto que a realiza cerca de 13 vezes por dia.



Figura 25 - Posição do operador na manipulação do veio

Observando a figura onde $H=30$ cm sendo a distância entre a carga e o corpo, $V=50$ cm a distância da carga ao chão no momento de elevação, $D=40$ cm distância percorrida da carga na elevação e $A=30^\circ$ foi possível calcular a equação 5:

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

$$= 23 \times 0.83 \times 0.925 \times 0.932 \times 0.904 \times 1 \times 0.85 = 12.6 \text{ Kg}$$

Onde:

$$CC = 23 \text{ kg}$$

$$MH = \frac{25}{30} = 0.83$$

$$MV = 1 - (0,003) \times |50 - 75| = 0.925$$

$$MD = 0,82 + \left(\frac{4,5}{40}\right) = 0.932$$

$$MA = 1 - (0,0032 \times 30) = 0.904$$

$$MF = 0.85 \text{ onde } F = \frac{13}{8 \times 60} = 0.03$$

$$IE = \frac{25}{12.6} = 1.98$$

Como o IE é superior a 1, o operador apresenta risco de LMERT (Lesões Músculo-Esqueléticas Relacionadas com o Trabalho).

Para contrair este risco foram apresentadas algumas melhorias:

- Reduzir o peso a manipular;
- Introduzir dispositivos mecânicos de ajuda à elevação de cargas;
- Reduzir o tempo de manipulação da carga.

Introdução de veios de alumínio

Considerando a substituição por veios de alumínio, visto que pesam cerca de 10 kg, o risco seria:

$$IE = \frac{10}{12.6} = 0.79$$

Como o IE é inferior a 1, o operador não apresenta risco de LMERT.

As aplicações de ferramentas de avaliação ergonômica foram importantes no sentido de detetar medidas de melhorias, com vista a contribuir para a diminuição do nível de risco de desenvolvimento de LMERT para níveis aceitáveis. Foi ainda possível identificar melhorias que poderiam ser implementadas como veios de alumínio que, como foi referido, diminuiria a carga que o operador tem de suportar. Pelo que, na opinião da autora, deve ser dada continuidade da proposta de troca de veios e diminuir o tempo total de carga.

4.2.3. Organização dos armazéns

Em relação à proposta 9 realizou-se uma organização dos armazéns em relação ao stock e PA. A fábrica contém 8 armazéns intitulados da letra A à H. Os armazéns foram divididos da seguinte forma:

Tabela 22 - Organização dos armazéns

Armazém	Material
A	PP tubular p/clientes PP Cast 12
B	PP tubular PP Cast consumo interno Supermercado corte e impressão
C	Caixas de corte
D	Armazém de PA
E	PP Cast 9
F	PE
G	PE
H	MP

Para isso foi preciso desenvolver uma aplicação, com a ajuda do informático da empresa, do sistema de localização das estantes. Cada empilhador tem um *tablet* onde o operador de armazém ou chefe de turno indica a posição em que quer colocar o material e o número do artigo e de seguida clica em adicionar como se pode ver na Figura 26.



Figura 26 - Interface da aplicação dos armazéns

Os tempos de espera reduziram muito pois a identificação do material tornou-se muito mais clara e concisa. Cada armazém tem um *placard* como mostra a (Figura 27) para os operadores de armazém e chefes de turno saberem onde está o material e colocarem no sítio correto. Foi efetuado também duas listas onde contemplam o pessoal autorizado para conduzir empilhadores e o pessoal autorizado a ir às estantes. Esta lista viu-se reduzida só a pessoal do armazém e chefes de turno pois assim impedia outros operadores de irem buscar o material e assim reduzia-se os erros e a quantidade de pessoas a circular no armazém.

Foram definidas regras de paletização onde aparece no canto superior esquerdo da Figura 27 que consistem no seguinte:

- Para stock interno é obrigatório o uso de Euro paletes de forma a otimizar o espaço nas estantes;
- Para clientes usa-se paletes grandes (americanas) mas encomendas até 300 kg pode-se usar Euro paletes;

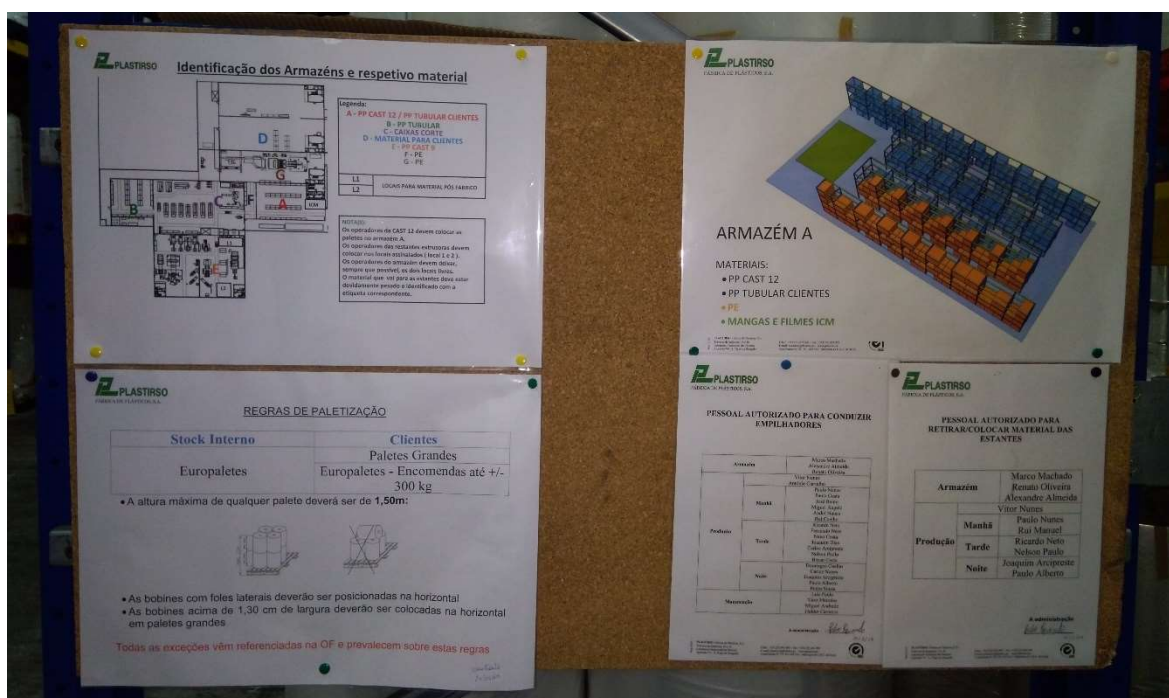


Figura 27 - Esquema de localização de material num dos armazéns

Com a organização dos armazéns o feedback foi bastante positivo pois todo o material que se encontrava em vias de fabrico bem como o produto acabado passou a ter o seu devido lugar e encontra-se localizado no sistema de localização de estantes da empresa (Figura 28). Neste sistema dá para visualizar quando o artigo foi inserido e a data em que foi feita esta localização. Ao introduzir um artigo numa determinada localização, o sistema alerta dizendo que existe mais que um artigo ali registado, isto implica que haja só um artigo por localização.



Figura 28 – Exemplo de um dos armazéns organizados

Relativamente às propostas referidas ao longo do relatório, a implementação de 5's em todos os setores ia permitir reduzir tempos na procura de ferramentas e materiais necessários para a afinação das máquinas e simplificar toda a informação exposta em todos os setores.

Todas as propostas não teriam sido possíveis sem *brainstorming* com os operadores dos diferentes setores, o chefe de produção e a ajuda da ferramenta ErgosafeCI. Portanto, conclui-se que esta ferramenta é um bom apoio à decisão de análise de PT, no entanto nem todos os objetivos iniciais foram cumpridos.

5. CONCLUSÃO

Neste capítulo vão ser apresentados todos os resultados que decorreram deste trabalho e dos dados apresentados ao longo do trabalho, sendo depois formuladas as conclusões mais relevantes. Para além da apresentação das conclusões mais importantes, também vão ser referidos todos os constrangimentos e limitações identificados ao longo do trabalho bem como questões que ficaram em aberto e que poderão ser abordadas em trabalhos futuros.

5.1. Conclusões finais

Durante este estudo, houve a oportunidade de aplicar e melhorar a ferramenta ErgoSafeCI tornando-a mais “*user friendly*” e também apoiar estudos realizados anteriormente, demonstrando que riscos ergonómicos podem levar a desperdícios *Lean* e vice-versa, o que significa que a ergonomia do PT e a filosofia *Lean* estão intimamente ligadas entre si (Baptista et al. 2019).

Morgado et al. (2019) afirmam que é necessário incentivar as empresas a refletir sobre o OSHMS (Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional) e que a sua influência nas empresas podem garantir o seu sucesso e sustentabilidade.

A ergonomia pode ser a base para uma transformação *Lean* e uma transformação *Lean*, por sua vez, pode resultar na redução do risco ergonómico Aqlan et al. (2013). De facto, este trabalho permitiu provar que, através da implementação de ferramentas *Lean* e considerando os aspetos ergonómicos, é possível melhorar a produtividade de uma empresa e as condições de trabalho do trabalhador. A partir dos resultados, pode-se concluir que certas melhorias podem reduzir o tempo de *setup* em 50%, o que se traduz num aumento de produtividade, alterando algumas metodologias de trabalho.

A ferramenta ErgoSafeCI passou por várias fases de aperfeiçoamento, as operações manuais tornaram-se automáticas para simplificar o trabalho do auditor. O processo de realização da avaliação no PT tornou-se mais simples e intuitivo, reduzindo o tempo de cerca de 15 minutos para 10 minutos (que se traduz em 34%) e reduzindo possíveis erros de entrada de resposta na avaliação. No entanto, é necessário validá-la noutros setores produtivos e não produtivos.

Esta ferramenta não deve apenas mostrar os resultados, mas também orientar o utilizador na escolha das ferramentas ou métodos a serem utilizados para melhorar as áreas críticas, ou seja, os indicadores com as pontuações mais baixas. Uma solução possível seria a ferramenta sugerir outras ferramentas *Lean* ou métodos mais específicos de análise ergonómica.

Respondendo à questão de investigação, esta ferramenta torna-se assim num bom apoio à decisão quanto à análise de PT e em garantir as condições ergonómicas favoráveis ao bom desempenho físico e psicológico do trabalhador. Nem todos os objetivos foram atingidos na medida em que só houve reavaliação do PT da impressão. As propostas de melhoria não foram implementadas a tempo de saber o estado atual do PT do corte e extrusão.

A gestão de topo tem assim um papel fundamental ao fornecer as condições para um canal de comunicação privilegiado com os trabalhadores. Estes sentem-se assim parte integrante da empresa quando fazem as suas sugestões de melhoria, tendo um sentimento de pertença a uma comunidade que é a empresa que acrescenta valor a produtos, mas também a pessoas.

Este trabalho também teve uma contribuição para conhecimento científico através da escrita de um artigo com base nesta dissertação que já se encontra aprovado para publicação. O espírito de equipa e entreatajuda estiveram presentes para a concretização deste artigo que se encontra no apêndice C.

5.2. Limitações e investigação futura

Devido à pandemia de Covid-19, verificaram-se alguns impedimentos quanto à conclusão de certos pontos estipulados como objetivos finais deste trabalho. A Plastirso foi bastante afetada na sua produção geral e como tal a redução de trabalho e de pessoal fez com que não fossem atingidos os resultados esperados.

No futuro, pretende-se que sejam aplicadas algumas melhorias a nível de ergonomia no trabalho principalmente no setor da extrusão onde realizam mais esforço e onde existe mais risco de acidentes de trabalho tais como queimaduras e cortes. As informações fornecidas aos colaboradores da fábrica devem ser o mais clara possível e devem manter a organização dos armazéns de MP e produto final.

Uma das sugestões futuras seria a implementação de OF vermelhas (Figura 29) de modo a alertar os operadores de que aquele artigo já foi alvo de reclamação por parte do cliente e deste modo não pode voltar a ocorrer determinados erros que antes cometiam.



Figura 29 - Colocação de OF vermelhas na produção

Um dos pontos a aprimorar seria a realização de reuniões semanais e diárias de forma a solucionar os problemas que têm ocorrido. Assim os operadores podiam expressar os problemas do dia a dia, seria uma boa ferramenta para a gestão visual, pois assim a empresa não esqueceria os problemas que foram encontrados e procuraria solucioná-los para que não volte a acontecer.

Assim, sugere-se a implementação das propostas de melhoria formuladas durante o desenvolvimento deste estudo, que ainda não o foram, nomeadamente, as aplicações das ferramentas e metodologias SMED, 5S no setor do corte e extrusão, e que esta implementação seja alargada às restantes secções da empresa. Mais especificamente relacionado com o SMED, sugere-se que seja analisada junto dos fornecedores e fabricantes das impressoras a hipótese de retirar tintas dos tinteiros que não sejam utilizados na OF seguinte já com a máquina em funcionamento, de modo a possibilitar mais uma redução nos tempos de *setup*. A empresa pretende utilizar esta ferramenta como apoio à decisão, estando previsto uma auditoria mensal a todos os PT de modo a contribuir para a melhoria contínua dos processos e o bem-estar dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Ahmad, M. F., Zakuan, N., Jusoh, A., Tasir, Z., & Takala, J. (2013). Meta-analysis of the relationship between TQM and Business Performance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 46(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/46/1/012020>
- Alayón, C., Säfsten, K., & Johansson, G. (2017). Conceptual sustainable production principles in practice: Do they reflect what companies do? *Journal of Cleaner Production*, 141, 693–701. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.079>
- Alexander, D., D., & Smith. (1982). *Estudo Ergonómico de Postos de Trabalho*. <https://doi.org/10.2307/j.ctv233q35.12>
- 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*.
- Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.12.003>
- Appicharla, S. (2006). *6 System for Investigation of Railway Interfaces (SIRI)*. Obtido de www.intechopen.com
- Aqlan, F., Lam, S. S., Testani, M., & Ramakrishnan, S. (2013). Ergonomic Risk Reduction to Enhance Lean Transformation. *IIE Annual Conference and Expo 2013*, 989–997.
- Arezes, P. M., Dinis-Carvalho, J., & Alves, A. C. (2010). Threats and Opportunities for Workplace Ergonomics in Lean Environments. *17th International Annual EurOMA Conference - Managing Operations in Service Economics*, 10.
- Bamber, L., & Dale, B. G. (2010). Lean production: A study of application in a traditional manufacturing environment. *Production Planning & Control*, 11(3), 291–298. <https://doi.org/10.1080/095372800232252>
- Baptista, A., Pinto, G., & Silva, F. J. G. (2019). *Lean and Ergonomics: How to Increase the Productivity Improving the Wellbeing of the Workers – A Case Study*. Nova Science Publishers, pp.478.
- Bentley, T., & Tappin, D. (2010). Incorporating organisational safety culture within ergonomics practice. *Ergonomics*, 53(10), 1167–1174. <https://doi.org/10.1080/00140139.2010.512981>
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. *International Journal of Operations and Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Borris, S. (2006). *Total productive maintenance*. McGraw-Hill.
- Borsos, G., Iacob, C. C., & Calefariu, G. (2016). The use KPI's to determine the waste in production process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(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. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 13993–13997. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2420>

- Botti, L., Mora, C., Piana, F., & Regattieri, A. (2018). The Impact of Ergonomics on the Design of Hybrid Multi-model Production Lines in Lean Manufacturing. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 606(October), 168–178. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60474-9>
- Branmark, M., & Hakansson, M. (2012). Lean production and work-related musculoskeletal disorders: Overviews of international and Swedish studies. *Work*, 41(SUPPL.1), 2321–2328. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0459-2321>
- 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. *Procedia Manufacturing*, 13, 1112–1119. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.172>
- Brito, Marlene, Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2019a). *Ergonomic Analysis in Lean Manufacturing and Industry 4.0 - A systematic review*.
- Brito, Marlene, Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2019b, Janeiro 1). A continuous improvement assessment tool, considering lean, safety and ergonomics. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2017-0144>
- Carvalho, K., Picchi, F., Camarini, G., & Chamon, E. M. (2016). *BENEFÍCIOS PARA A SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL EM PRÁTICAS LEAN-ESTUDO DE CASO NA SIDERURGIA*.
- Carvalho, R., Alves, A., & Lopes, I. (2011). *Principles and Practices of Lean Production applied in a Metal Structures Production System*. Newswood Ltd.
- Chauhan, G., & Singh, T. P. (2012). Measuring parameters of lean manufacturing realization. *Measuring Business Excellence*, 16(3), 57–71. <https://doi.org/10.1108/13683041211257411>
- Cheshmehgaz, H., Haron, H., Kazemipour, F., & Desa, M. I. (2012). Accumulated risk of body postures in assembly line balancing problem and modeling through a multi-criteria fuzzy-genetic algorithm. *Computers and Industrial Engineering*, 63(2), 503–512. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2012.03.017>
- CLT. (2014). Comunidade Lean Thinking. Obtido 23 de Janeiro de 2020, de https://pt.slideshare.net/Comunidade_Lean_Thinking/introduo-ao-lean-thinking
- Coimbra, E. A. (2016). *KAIZEN - uma estratégia de melhoria, crescimento e rentabilidade*. McGraw-Hill Education.
- Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company*. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations and Production Management*, 22(2), 220–240. <https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Detty, R. B., & Yingling, J. C. (2000). Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study. *International Journal of Production Research*, 38(2), 429–445. <https://doi.org/10.1080/002075400189509>
- Eden, C., & Huxham, C. (1996). Action research for management research. *British Journal of Management*, 7(1), 75–86. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8551.1996.tb00107.x>
- Ferreira, J., Fernandes, R., Santos, E., & Peiro, J. (2010). Contributo para o estudo psicométrico da versão portuguesa do Cuestionario de Satisfacción Laboral S20/23. *Psychologica*, 52, 7–34.
- Fisher, D., & Torbert, W. R. (1995). *Personal and organizational transformations : the true challenge of continual quality improvement*. McGraw-Hill.
- Galante, J. J. (2014). *Lean Ergonomics*.
- Glenn, L., & Blackmore, C. (2014). Improving quality through lean process improvement: The

- example of clinical decision support. Em *Radiological Safety and Quality: Paradigms in Leadership and Innovation* (pp. 279–289). https://doi.org/10.1007/978-94-007-7256-4_16
- Gonçalves, M. T., & 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>
- Grandjean, E. (1981). *Estudo Ergonómico de Postos de Trabalho*.
- IEA. (2000). The International Ergonomics Association is a global federation of human factors/ergonomics societies, registered as a nonprofit organization in Geneva, Switzerland. | International Ergonomics Association. Obtido 20 de Maio de 2020, de <https://iea.cc/>
- Jarebrant, C., Winkel, J., Johansson Hanse, J., Mathiassen, S. E., & Öjmertz, B. (2015). *ErgoVSM: A Tool for Integrating Value Stream Mapping and Ergonomics in Manufacturing*.
- 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>
- Kelleher, B. (2010). 10 Steps to Improve Employee Engagement and Drive Results. Obtido 23 de Março de 2020, de <https://www.beckershospitalreview.com/hospital-management-administration/10-steps-to-improve-employee-engagement-and-drive-results.html>
- Kilpatrick, J. (2003). Lean Principles. *Transportation*, 1–5.
- Kim, I. (2015). Musculoskeletal Disorders and Ergonomic Interventions. *Journal of Ergonomics*, s4. <https://doi.org/10.4172/2165-7556.s4-e002>
- 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. S., & Karwowski, W. (2006). *Interventions, Controls, and Applications in Occupational Ergonomics The Occupational Ergonomics Handbook Second Edition*.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Morgado, L., Silva, F. J. G., & Fonseca, L. M. (2019). Mapping Occupational Health and Safety Management Systems in Portugal: outlook for ISO 45001:2018 adoption. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 755–764. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.103>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Narang, R. V. (2008). Some issues to consider in lean production. *Proceedings - 1st International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, ICETET 2008*, 749–753. <https://doi.org/10.1109/ICETET.2008.113>
- Naranjo-Flores, A. A., & Ramírez-Cárdenas, E. (2014). *Human Factors and Ergonomics for Lean Manufacturing Applications*.
- NIOSH. (2007). Ergonomic guidelines for manual material handling. *USA: Centers for Disease Control and Prevention*.
- Nunes, I. L. (2015). Integration of Ergonomics and Lean Six Sigma. A Model Proposal. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 890–897. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.124>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, Portland, Oregon.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An

- application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- OSHA. (2002). *OSHA*.
- 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., & Haslegrave, C. M. (2005). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work* (3rd ed.).
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - a filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel, Edições Técnicas, Lda.
- Plastirso. (2003). Plastirso. Obtido 10 de Janeiro de 2020, de http://www.plastirso.pt/_historia.php
- Prottes, V., Oliveira, N., & Andrade, A. (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>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see - Value stream mapping to create value and eliminate muda*.
- Sá, J. C., Dinis-Carvalho, J., & Sousa, R. M. (2011). *Waste Identification Diagram* (INEGI 2011). 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia -3º Congresso de Engenharia de Moçambique, Moçambique, Maputo.
- Sandalwood. (2016). Lean Manufacturing and Ergonomics, An Unlikely Pair. Obtido de <https://sandalwood.com/lean-manufacturing-and-ergonomics-an-unlikely-pair/>
- Santos, Z. G. dos, Vieira, L., & Balbinotti, G. (2015). Lean Manufacturing and Ergonomic Working Conditions in the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 3, 5947–5954.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.687>
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing : the SMED system*. Obtido de <https://www.toolshero.com/quality-management/smed/>
- Smith, S. (2002). Ergonomics and Manufacturing Excellence | EHS Today. Obtido 25 de Março de 2020, de <https://www.ehstoday.com/health/article/21912199/ergonomics-and-manufacturing-excellence>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611–622.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Tortorella, G. L., Fettermann, D. C., Vergara, L. G. L., & Fries, C. E. (2017). The adoption of socio-technical and JIT practices and its relationship with the performance of quality and workers' health. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, (Lm), 585–596.
- 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>
- Walder, J., Karlin, J., & Kerk, C. (2007). *Integrated Lean Thinking and Ergonomics: Utilizing*




- Material Handling Assist Device Solutions for a Productive Workplace*. 1–20.
<https://doi.org/800-345-1815/704-676-1190>
- 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., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. Rawson Associates.
- 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>
- Yusuff, R. M., & Abdullah, N. S. (2016). Ergonomics as a lean manufacturing tool for improvements in a manufacturing company. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 8-10 March, 581–588.
- 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*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2015-0010>

APÊNDICE A

N.º	Ação a implementar	Índice Prioridade (M;MI;I;R;PR)	Responsável	Plano de Implementação 2019/2020						Implementação		Observações e justificações	Verificação	Observações e justificações
				Jun/jul	Ago/set	Out/nov	Dez/jan	Fev/mar	Abr/mai	Concluída	Pendente			
1	Metodologia 5´S na secção de ferramentas do corte (eliminar material obsoleto e identificação do material necessário para a execução da afinação das máquinas)	I	Mariana					x		--/--/----	16/03/2020	Falta de tempo e disponibilidade	--/--/----	
2	Metodologia 5´S na impressão (eliminar material obsoleto e identificação do material necessário para a execução das tarefas do operador durante a impressão)	I	Mariana						x	--/--/----	08/04/2020	Falta de tempo e disponibilidade	--/--/----	
3	Implementação da metodologia SMED na impressão	MI	Mariana, Jorge e Paulo				x	x		9/04/2020	--/--/----		15/04/2020	Redução de 50% nos tempos de <i>setup</i>
4	Análise da introdução de veios de alumínio em vez de veios de ferro na impressão	MI	Mariana						x	--/--/----	15/05/2020	Falta de tempo e disponibilidade	--/--/----	
M-Máxima		MI-Muito Importante		I- Importante						R-Relevante		PR-Pouco Relevante		

N.º	Ação a implementar	Índice Prioridade (M;MI;I;R;PR)	Responsável	Plano de Implementação 2019/2020						Implementação		Observações ou justificações	Verificação	Observações ou justificações	
				Jun/jul	Ago/set	Out/nov	Dez/jan	Fev/mar	Abr/mai	Concluída	Pendente				
5	Colocação de silos de MP no exterior para as máquinas de extrusão	I	Mariana					x			--/--/----	16/03/2020	Falta de um estudo mais pormenorizado	--/--/----	
6	Organização dos armazéns e introdução de um sistema de localização de estantes	MI	Chefe de produção			x	x				23/01/2020	--/--/----		27/01/2020	Colocação de tablets nos empilhadores
7	Organização dos quadros de informação na extrusão	I	Mariana						x		--/--/----	24/04/2020	Falta de tempo e disponibilidade	--/--/----	
8	Colocação de um sensor acompanhado de um sinal sonoro na máquina de impressão para detetar as etiquetas de forma automática	I	Miguel					x			--/--/----	27/02/2020	Falta de análise de mercado	--/--/----	
M-Máxima		MI-Muito Importante		I- Importante				R-Relevante		PR-Pouco Relevante					

APÊNDICE B

	Procedimento SETUP IMPRESSORA 3		15/04/2020	
<p style="text-align: center; font-weight: bold;">Antes</p> 	Fazer antes da mudança de OF	Tubos cortados	30 min antes	Operador + chefe de turno
Carrinhos dos desperdícios				
Paletes				
Ir buscar a matéria-prima (Mangas ou Filmes)				
Ver a medida do cilindro conforme OF				
Colar os clichés (carimbos) nos cilindros				
Ir buscar latas das tintas				
<p style="text-align: center; font-weight: bold;">Durante</p> 	Operações que só podem ser feitas com a máquina parada	Introduzir as tintas nos tinteiros		
Colocar os cilindros na máquina		Operador + chefe de turno		
Verificar velocidade conforme OF				
Trocar bobines		Operador + chefe de turno		
Limpar os tinteiros				



APÊNDICE C

30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing
(FAIM2020) 14-17 September 2020, Athens, Greece.

Lean and Ergonomics decision support tool assessment in a plastic packaging company

M. Brito^{a*}, M. Vale^a, J. Leão^a, L. P. Ferreira^a, F. J. G. Silva^a, M. A. Gonçalves^a

^aISEP – School of Engineering, Polytechnic of Porto, Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, Porto 4200-072, Portugal

*Corresponding author. Tel.: +351 22 83 40 500 ; fax: +351 22 832 1159 . *E-mail address*: mab@isep.ipp.pt

Abstract

This paper intends to apply and improve a workstation assessment tool called ErgoSafeCI. Lean manufacturing methods and guidelines, together with safety and ergonomics aspects, were thoroughly researched with the ultimate objective of finding a way to improve the workplace by considering the efficiency and well-being of workers. The assessment tool was applied in the plastics packaging sector, in a process which relied on both practical and theoretical ideas. This tool originates in the notion that for a successful Lean implementation, managers should start the Lean process with a Lean assessment which is then repeated on a regular basis. In addition, it is also important to integrate ergonomic conditions in this journey because ergonomic risks can sometimes result in Lean wastes and vice versa, so workplace ergonomics and Lean manufacturing are to a great extent inter-related. This tool aids practitioners in the assessment of the implementation of Lean principles and safety matters in their processes.

© 2020 The Authors. Published by Elsevier Ltd.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Peer-review under responsibility of the scientific committee of the FAIM 2020.

Keywords: Lean Manufacturing, Process improvements, SMED, Ergonomics, Packaging industry, Model application

Introduction

Nowadays, due to globalization, strong competition and demanding customers, every industry and business which wants to achieve excellence is committed to making and delivering flawless products, solutions or services, promoting first-time-right production and the zero defects concept, training people and motivating staff, keeping environmental protection integrated in every activity and involving staff members [1,2]. To confront these challenges, many companies update their traditional management style [3] and adopt methods that lead to improvements in cost, quality, productivity and operational performance, such as Lean manufacturing (LM) [4]. LM is based on consistent elimination of wastes. It is characterised as a system that uses less from the viewpoint of all inputs to generate similar deliverables as made possible by a conventional mass production system, with more variants for the client [5]. Liker and Rother [6] pointed out that numerous Lean programs have not succeeded as a result of the superficial approach of the organizations. Numerous organizations focused on the implementation of only hard Lean tools and techniques and neglected soft Lean practices (human-related practices) [6, 7]. Gupta and Kundra [8] claimed that this failure has to do with the consideration of Lean as a manufacturing strategy or process, instead of as a long-term philosophy. Some other factors for Lean failure are the underestimation of Lean by the top management [9,10]; resistance to change and organizational culture [11,12]; insufficient management support, inadequate training, and opposition to change [4]; and low understanding, use of incorrect tools, application of one tool to solve all the organizational problems, and a poor decision-making system [12]. Naranjo-Flores and Ramírez-Cárdenas [13] claim a methodology of intervention is needed which focuses on the correct application of Lean concepts under the premise of achieving results without forgetting the human factor. Nunes [14] argues companies do not realize the potential for further improving productivity gains if ergonomic principles are integrated and implemented at the same time as Lean Systems. The integration of the needs for effective production and a healthy workforce in the analysis and development of production systems could be the way to unblock the apparent conflict of interest between ergonomics and rationalization, according to [15]. Totorella *et al.* [16] stated that the LM approach brings forth the human element as a key factor for continuous improvement sustainability. From a Lean perspective, ergonomics leads to increases in productivity, improves quality, and

makes safe human performance greater by aligning products, tasks, and work environment to people. From an employee's point of view, taking into account ergonomic issues having to do with workstation design, such as access to materials, equipment and tools and communication between workers, is absolutely essential for operator safety while working in the cell [17]. The Lean team has to view ergonomics and safety, in the same way as waste reduction and value creation, as basic values of the Lean process [18] for instance, by bringing risk assessments into the value stream mapping process [19] and thinking of ergonomics values in the context of a Lean implementation process in a Kaizen event [20]. Among the gigantic group of Lean tools, the majority were created to solve specific issues, namely high work-in-process levels, low availability of equipment or long setup times. Not more than a few of these (e.g. value stream mapping and Lean assessment tools) support Lean practitioners in pinpointing problematic areas to be worked on [21]. According to Wan and Chen [21], more attention has been given to the efforts made to address "how to become leaner" than to the matter of how Lean the system is. Liker [22] claimed that Lean implementation is at the same time a process and a journey, with no end state. He suggested that a company implementing Lean had to continuously monitor itself to identify the current level of leanness and future path of improvement: they needed to understand "where to start" and "how to proceed", as well as be aware of the available tools. With this in mind, Lean training and value stream mapping are the key actions to think about when executing a Lean implementation cycle [21]. The number of studies in the literature on leanness assessment, it must be said, cannot be compared to that in the area of Lean implementation. In the current study, an existing assessment tool, ErgoSafeCI, previously developed in the metallurgical sector, was tested and improved in the plastic packaging sector. ErgoSafeCI's goal is to improve ergonomics and safety conditions while simultaneously keeping productive performance indicators in focus [23]. It comes from the insight that when we put Lean and worker well-being together in a workstation improvement project, productivity goes up while work accidents and absenteeism go down. Brito *et al.* [23] claim that "this instrument aims to be a systematic long-term self-assessment model and was designed to be used in manufacturing companies by practitioners". To support the application and improvement of ErgoSafeCI in the plastic packaging sector, both research papers and practitioner works were examined to improve the existing tool. The questions were analysed and then the tool was used

in three workstations/production areas of a plastic packaging company. Based on the results obtained, improvements were introduced to enhance productivity and worker well-being. This study is organized in the following way: Section 2 covers the analysis of existing research articles connected with assessment audits based on Lean tools and the integration of human factors in Lean assessment audits; Section 3 details the methodology followed in this study and the assessment tool suggested; Section 4 depicts the results of the study and Section 5 highlights the conclusions of this study.

Literature Review

Hines and Rich [24] suggested seven tools and a five-stage approach, the Lean processing program (LEAP), in the UK. This toolset, however, has not gotten much attention due to the complexity of the approach. The value stream mapping (VSM) technique created by Rother and Shook [25] has, in turn, become one of the most widely used Lean tools. Current and future state maps visually show the flow of value streams along with time-based performance, which results in a sense of urgency and indicates improvement possibilities. Karlsson and Ahlstrom [26] created a Lean assessment tool in which they identified nine variables to be assessed, which were: elimination of waste (EW), continuous improvement (CI), pull of materials (PULL), multifunctional teams (MFT), decentralization (DEC), integration of functions (IF) and vertical information systems (VIS). Soriano-Meier and Forrester [27] assessed the degree of leanness of manufacturing companies by resorting to these nine variables. Several other Lean assessment surveys, among them Feld [28] and Conner [29] have been introduced to guide users through the Lean execution. The scores in these surveys indicate the differences between the current state of the system and the goal levels of several Lean indicators predefined in the survey [21]. According to Nakajima [30], OEE (Overall Equipment Effectiveness) measurement is an effective way of analyzing the efficiency of a single machine or an integrated manufacturing system. It is a function of availability, performance and quality rate. An OEE of 100% means that only good parts are produced (100% quality), at the maximum speed (100% performance), and without interruption (100% availability). Sanchez and Perez [31] formulated a checklist of 36 Lean indicators in six groups to evaluate alterations towards Lean and Allen *et al.* [32] classified the metrics (performance actions for tracking effectiveness of improvements strategies) into productivity, quality, cost and safety. These assessment Lean tools are quite familiar but its focus is on assessing the whole system and not in the evaluation of the workstation specific features.

Saurin *et al.* [33] realized that the existing systems were essentially designed to evaluate the level of Lean production implementation in the entire plant and not in specific units of the manufacturing system, such as cells, job shops or assembly lines. Thus, they brought forth a framework for evaluating the use of Lean production activities in manufacturing cells. However, until then they did not consider human aspects. Jarebrant *et al.* [34] suggested the application of the ergonomic value stream mapping (ErgoVSM), a tool whose goal is to improve ergonomic conditions while at the same time monitoring productive performance indicators. This work is directed to providing academics and practitioners with a tool capable of meeting current needs in manufacturing environments in relation to cognitive ergonomics assurance in workplaces. The use of ErgoVSM in its cognitive modality tries to acknowledge the importance of evaluating health risks within each workstation at companies. Gonçalves and Salonitis [35] state workstation design evaluation needs to focus on both Lean and ergonomic aspects. Lean assessment usually leads to waste reduction in workstations and an ergonomic assessment ensures employee safety and comfort. This link is key to long-term success. Gonçalves and Salonitis [35] listed seven workstation design considerations – “health and safety”, “work environment, cleanliness and orderliness”, “waste elimination”, “inventory and material logistics”, “Improvement assessment tool”, “exibility”, “visual management” and “quality”. These authors created an evaluation model and a tool to evaluate every requirement based on Lean and ergonomic aspects which was designed for workstation design. This model takes the form of a checklist based on the best available practices in workstation design of assembly lines. The validation of the assessment tool took place in an automotive assembly line and, taking its results into account, improvements in the associate working zones, workstation dimensions, storage areas or parts feeding system, were implemented to improve “waste elimination” and “inventory and material logistics.” Although this tool connects the elements of safety, ergonomics and Lean, its main use is the design of the workstation and it does not consider some other key requirements, namely indicators of performance and continuous improvement [23]. Totorella *et al.* [16] devised a method that consists in a combination of techniques which make possible the identification of deficiencies connected with the adoption of Lean manufacturing practices which may support socio-technical practice implementation, indicating which improvement opportunities should be prioritized to better sustain them. The divergence between these tools and the ErgoSafeCI assessment is in the assessment of jobs

by resorting to a combination of these basic dimensions: continuous improvement, productivity, safety, ergonomics, quality, visual management, work organization, and materials flow [23].

Methodology

The Action-Research methodology was selected for this work, which is now routinely used amongst researchers because of its ability to involve all the intervening parties in the problem-solving process, which is very important to all [35]. It differs from other methodologies in its practical section, given that it is described as research in action rather than research about action [36]. The Action-Research methodology can be executed in a project through a cycle consisting of five main phases [37]: Diagnosis, in which analysis of the detected problems and data collection takes place; (2) Action Planning, where the improvement measures to be taken are identified; (3) Implementation of measures, during which the planned actions are put into practice so as to resolve the problems identified beforehand; (4) Evaluation, where the outcome of the implementation phase is looked through; and finally, (5) Conclusions, in which the changes derived from the implemented improvements are pinpointed, and an assessment of the learning and difficulties during the process of research is undertaken. Fig. 1 shows the Action-Research spiral.

During the study it was also necessary to use the ErgoSMED tool, developed by [39] to support the implementation of SMED (Single Minute Exchange of Die) considering ergonomic aspects.

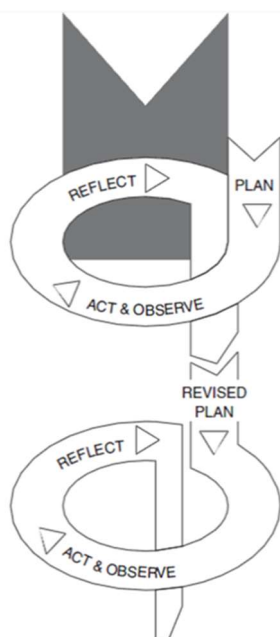


Fig. 1. Action Research Spiral [38].

Results

The application of this tool was in a plastic packaging company. This is a plastic material processing company which is dedicated to the production of Polypropylene Film (PP) Cast, Polyethylene Sleeve (PE) in High and Low Density and also plastic packaging for different applications. Currently works for different markets (food, textiles, among others). The production area is divided into three sectors: extrusion, printing and cutting. The results were divided into two phases. First, ErgoSafeCI tool was analysed in order to adapt it to this sector and improve it through a bibliographic review. The second step was the application of the tool in the three productive sections of this company.

4.1. ErgoSafeCI tool improvement and review

This tool was developed with the ultimate goal of finding a way to improve the workplace, taking into account the efficiency and well-being of workers.

ErgoSafeCI, which consists of 83 evaluation questions, consists of 10 sections: efficiency, continuous improvement, safety, standards and visual management, process and operations, material flow, zero defects, physical ergonomics, organizational and cognitive ergonomics and discipline. Brito *et al.* [23] state these nine requirements where each one is considered as a way to have a productive, safe, ergonomic and Lean workstation.

The answers to these questions resulted in a visual indicator in the form of a radial graph with the score of each evaluation element. This tool aims to be a systematic long-term self-assessment model and was designed to be used in manufacturing companies by professionals.

The improvement of the tool consisted of three phases:

- The first phase was the analysis of all questions in the tool in order to understand whether they should be adapted or not to the productive reality of the plastics packaging sector. However, at this stage it was not necessary to make any adaptation;
- The second phase consisted of a bibliographic review on Lean, safety and ergonomics with a view to improve the tool's questions. This analysis led to the separation of ergonomics into two parts:
 - physical ergonomics;

- organizational and cognitive ergonomics.

This separation was important in analysing the results and identifying improvements.

There was also a need to add some questions with the aim of improving workstation evaluation. In the health and safety section, the following questions were added:

- Have there been accidents or medical appointments?
- Is the layout of the workplace likely to cause accidents?

In the physical ergonomics the following questions were added:

- Does the worker have to use a non-adjustable chair?
- Does the job require the frequent use or manipulation of hand tools?

Finally, the organizational and cognitive ergonomics section suffered the most changes, with the following questions added:

- Is the work rate controlled by the worker himself/herself?
- Are work tasks or methods completely restricted by machines?
- Is the level of attention required by the job high?
- Are there frequent complaints from workers due to stress or pressure caused by work?
- Are workers' mistakes frequent?
- Is the training time for this job too long?
- Is the work made up of unambiguous tasks with information clearly displayed?

The third phase consisted of improving the software tool with the aim of making it more user friendly.

In order to make the tool more user friendly, it was necessary to make the process of conducting the questionnaire simpler and more intuitive, with the introduction of automatic processes and leaving aside “manual” processes, where the probability of making mistakes is greater as well as the time of accomplishment. It was also essential to automate the method of obtaining the radial graph so that the user only needs to press a button to obtain it.

The initial purpose for the development of this tool was to conciliate two great existing tools, which are Microsoft® Forms and MS Excel® through the use of VBA (visual basic), macros and graphs. The initial idea was to use the Microsoft® Forms to realize the questionnaire at *Gemba*, due to the fact that it is a simple, practical and easy to access tool that can be used on a desktop computer, smartphone or tablet. The second step was to load the data obtained from the completed form, through Microsoft® Forms, and then make the treatment of them using a macro developed in VBA, which automatically returns, by selecting a button, a spider graph that indicates the scores

obtained by área as well as the average score and the goal to achieve. Fig. 2 shows an example of the interface used in Microsoft Forms.



Fig. 2 Microsoft® Forms interface.

Visual Basic is a programming language created by Microsoft®, which differs from the others by the fact that it is a more visual language in contrast to the textual aspect of the others. The commands used in Visual Basic® are extended to meet the needs of an application oriented to graphic environments. This programming language is considered a revolution in the computer world due to its versatility and relative ease of learning when compared to other languages. However, even though the applications created by VBA be more friendly to the final user, these are more difficult to make from the point of view of those who create them.

A macro (Fig. 3) is nothing more than a sequence of commands and functions stored in a VBA module, being used as a kind of shortcut to repetitive tasks, aiming to achieve a lesser “loss” of time in long stages through its automation. The macro recorded in MS Excel®, stores the information related to each step performed as a series of commands is executed. There are two ways to create a macro, one of them using the “Macro Recorder” in the MS Excel® menu, consisting of a process in which several steps are recorded, which the macro is intended to do and then it automatically performs these steps itself. Another way is to use a VBA code, creating a programming code that performs the intended tasks. After the macro is realized, it is possible to associate it with a “button” to facilitate its execution.

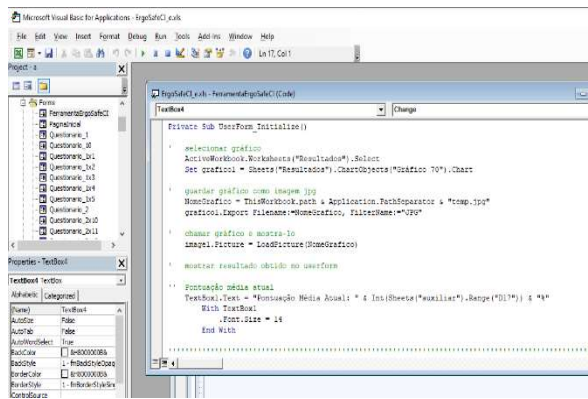


Fig. 3. Example of a macro.

With the conclusion of the initial idea for reconciling the Microsoft® Forms tool with a macro (MS Excel®) to handle the data, it was found that the transfer of the data obtained from the questionnaire to the MS Excel® tool, makes the process slower, which does not fit in the Lean mentality. This combination submits the user to more laborious tasks, and they do not add extra value to the “final product”.

Thus, it was concluded that it would be better to integrate the questionnaire itself in the file of the MS Excel® tool, eliminating the intermediate step of transferring data from the questionnaire to MS Excel®. For this, it was necessary to resort to UserForms, where the end user can carry out the questionnaire in a simple and intuitive way, assimilating to the process performed in Microsoft® Forms.

A UserForm is a window or dialog box that makes up part of an application's user interface and also makes a user data entry more controllable and easier to use. Fig. 4 shows the interface with the evaluation results.

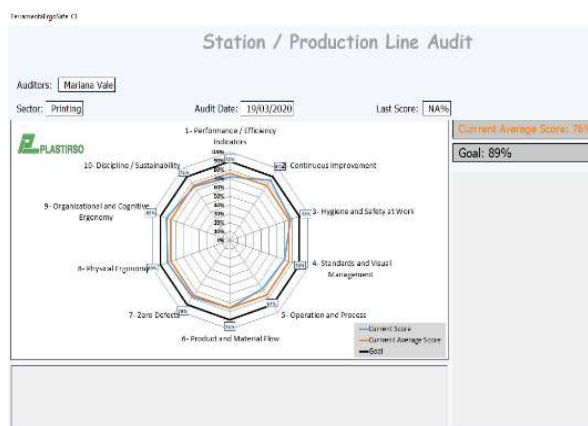


Fig. 4. Interface with the evaluation results.

After a few attempts it was then possible to achieve a cleaner and user friendly tool, thus, any user less "instructed" can carry out an assessment to an industrial sector and identify its strengths and

points to improve, using the obtained radial graph.

4.2 ErgoSafeCI tool application

The score of the workstation /production area assessed was given in the form of a percentage, which represented the level of Lean implementation considering safety and ergonomic aspects. The final percentage was calculated from the average of the percentages of each item, according to the answers given: 100% if it was OK, 0% if it was NOK. In case of a not applicable question, this question was ignored for the calculation.

After improving the ErgoSafeCI tool, it was used to evaluate the three production areas in the plastic packaging company.

After the process was concluded, the company took the results obtained in the assessments and put them in practice to help identify the most critical areas, especially the ones with the worst assessment scores. The members of the assessment team, were then asked to analyse the process of these critical production areas, thoroughly and suggest some changes which could improve ergonomics and safety conditions, and simultaneously improve indicators using Lean principles, such as reducing wastes. To do this, it was important to analyze the radial graph of each section (Fig. 5, 6 and 7).

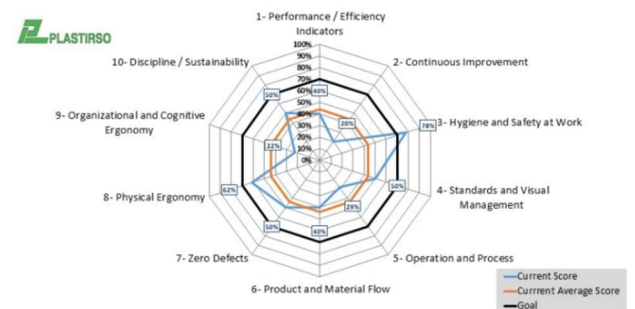


Fig. 5. Radial graphic of printing.

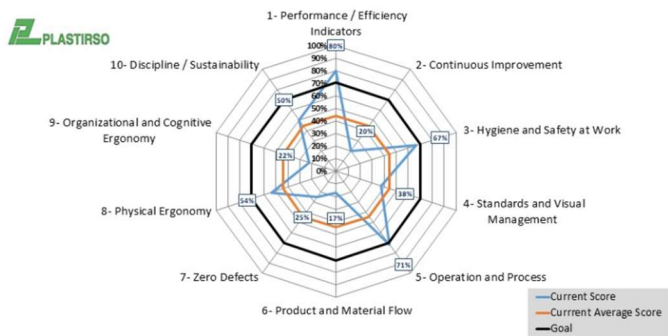


Fig. 6. Radial graphic of extrusion

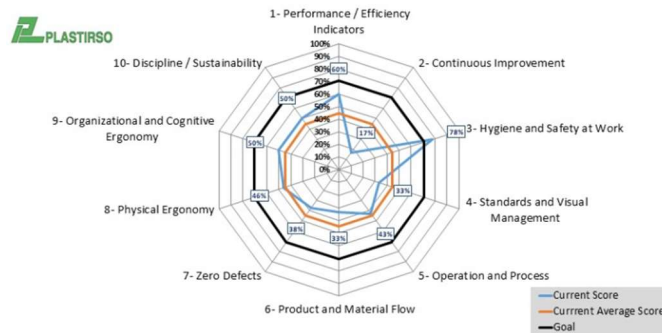


Fig. 7. Radial graphic of cutting.

As the three areas had the same score, the indicators with the lowest score were analyzed. OEE indicator is one of the indicators evaluated in the tool and it is calculated by machine through the average of the six previous months, considering quality, velocity and availability. OEE in the printing sector is presented as the lowest of the three items, so it was selected this area for optimizing. Analyzing the radial graph of this sector, it is detected that the areas of Continuous Improvement, Organizational and Cognitive Ergonomy and the Operations and Processes obtained low scores. The area of organizational and cognitive ergonomics shows also a low score due to errors in the introduction of production records on tablets. These errors arise due to worker distractions, because they are doing several tasks at the same time. One of the problems is also linked to the fact that there is no job rotation and no rest breaks, leading to psychological exhaustion and tiredness. Other problems were also identified after an analysis of the current situation:

- Execution of external tasks during the setup, which includes the preparation of raw materials, preparation of clichés and ink;
- Time lag between the operator and the shift manager leading to waits. The shift manager took too long to search for the material, as there were no locations in the

warehouse, the material was scattered throughout the factory.

In order to reduce these kind of wastes, reduce the setup time, and improve the working conditions at the same time, the team proposed the use of the ErgoSMED tool.

The equipment selected to implement this tool was Imp.03 because it had the longest setup time (Fig. 8) and it is also responsible for producing the reference with the highest current volume.

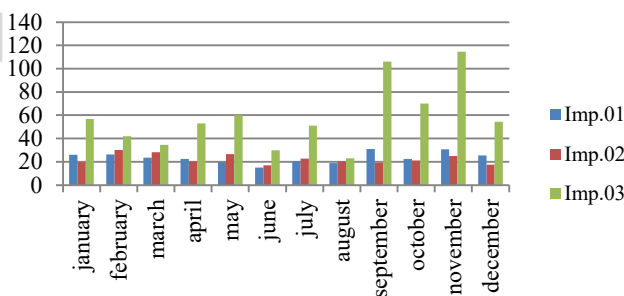


Fig. 8. Average Setup time (min) of the Impression machines.

Before the implementation of the ErgoSMED tool, the project team held some training sessions in the classroom, within the scope of several Lean Manufacturing concepts and Ergonomics. The first step was the separation of the internal and external tasks of the setup [41,42]. It was identified a total of 13 tasks, 8 external and 5 internal tasks (Table 1).

Table 1 - Distribution of changeover time in external and internal activities

Tasks	Percentage	Time (min)
External	42%	29.5
Internal	58%	41
Total		70.5

Next step was the implementation of measures to reduce the time of the internal tasks by automate several manual tasks, such as: placing the cylinders in the machine and cleaning the ink cartridges. In this step, the team used the ErgoSMED tool in order to improve productivity by reducing the setup time, considering ergonomic aspects at the same time.

After the implementation of these improvements, there was a 50% reduction in setup time (Table 2).

Table 2 – Results of the setup stime after improvements

Tasks	Percentage	Time (min)
External	49%	29.5
Internal	51%	31
Total		60.5

The final step was the implementation of

standards in this area, such as: Work Instructions and 5S Audits. The team returned to use the ErgoSafeCI tool in the printing area, to verify if the score exceeded in the areas where the improvements were made (Fig. 9). The score went up to 51%, through the implementation of Continuous Improvement, Physical Ergonomics and Operations and Process areas. Next step will be the implementation of increasing measures in Organization and Cognitive Ergonomics, the area with the lowest score at the moment.

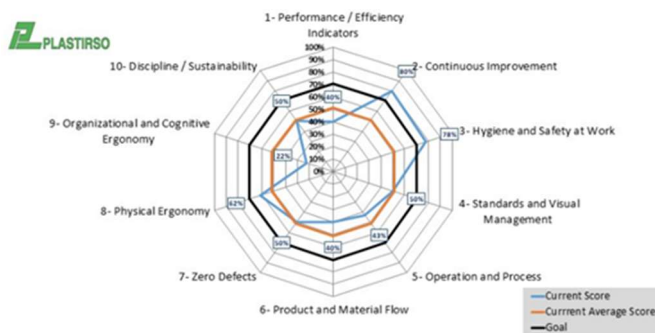


Fig. 9. Radial graphic of Impression after improvements

5. Discussion and Conclusions

Aqlan et al. [43] claim ergonomics can be the basis for Lean transformation by cutting the related wastes, and Lean transformation can lead to the lowering of ergonomic risk. Effective ergonomics methods can increase productivity, lower work injuries and make workstation design and layout better. Ergonomic intervention may at the same time be seen as a tool in bringing wasteful motion levels down, through identifying ergonomic risk factors while working [44]. “Waste” motions in ergonomics, for instance stretching, bending, awkward postures and extreme reaches may not only impact the safety and health of workers negatively but at the same time reduce productivity and efficiency Yusuff et al [45]. During this study, there was an opportunity to apply and improve the ErgoSafeCI tool (shorter assessment execution time, more user friendly and more cleaner) and also support studies previously carried out, which demonstrated that ergonomic risks could lead to Lean wastes and vice versa, which means that workplace ergonomics and Lean manufacturing are very closely connected to one another [44]. From the results, it can be concluded that certain improvements can reduce the setup time by 15% which translates into an increase in productivity by changing some work methodologies.

Correia et al. [46] state that there are many residues that can be eliminated with simple and dry tools. It is not very complicated, but it would bring essential benefits.

Ergonomics can be the basis for a Lean transformation and a Lean transformation can in turn result in the reduction of ergonomic risk [43]. In fact, this work made it possible to prove that through the implementation of Lean tools and considering the ergonomic aspects it is possible to improve a company's productivity as well as the work conditions of the worker.

Morgado et al. [47] state that it is necessary to encourage companies to reflect on OSHMS (Occupational Safety and Health Management System) and its influence on the company can guarantee its success and sustainability.

The ErgoSafeCI tool has gone through several improvement cycles, manual operations have become automatic to simplify the auditor's work. The process of carrying out the assessment in the workplace becomes simpler, reducing the time of about 15 min to 10 min and also reducing or even cross off potential response input errors in the evaluation survey. It was also possible, during this work, to improve the assessment tool. However, it is necessary to validate it in other productive and non-productive sectors at same time. The team also identified some areas for improvement in the tool. It should not only show results but also guide the user in choosing the tools or methods to be used to improve critical sectors, that is, the ones evaluated with the lowest scores. One possible solution would be for the tool to suggest other Lean tools or more specific methods of ergonomic analysis.

References

- [1] Jasti NVK, Kodali R. A literature review of empirical research methodology in Lean manufacturing. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 2014;34(8):1080-122.
- [2] Pugna RNA. Using Six Sigma Methodology to Improve the Assembly Process in an Automotive Company. *Procedia Soc Behav Sci.* 2016;221:308-16.
- [3] Shamah RAM. A model for applying Lean thinking to value creation. *Int. J. Lean Six Sigma* 2013;4(2):204-24.
- [4] Sharma V, Dixit AR, Qadri MA. Modeling Lean implementation for manufacturing sector. *J. Model. Manag.* 2016;11(2):405-26.
- [5] Womack JP, Jones DT, Roos D. *The Machine That Changed the World.* New York, NY, USA, Macmillan, 1990.
- [6] Liker J, Rother M. *Why lean programs fail.* Lean Enterprise Institute. 2011; 1-5.
- [7] Bortolotti T, Boscari S, Danese P. Successful lean implementation: organizational culture and soft lean practices. *Int. J. Prod. Econ.* 2015; 160: 182-201.
- [8] Gupta A, Kundra TK. A review of designing machine tool for leanness. *Sadhana.* 2012;37 (2):241-259.
- [9] Ahmad A, Mehra S, Pletcher M. The perceived impact of JIT implementation on firms' financial/growth performance. *J. Manuf. Technol. Manag.* 2004;15(2):118-130.
- [10] Zhu X, Lin Y. Does lean manufacturing improve firm value? *J. Manuf. Technol. Manag.* 2017;28(4):422-437.
- [11] Bhasin S, Burcher P. Lean viewed as a philosophy. *J. Manuf. Technol. Manag.* 2006;17(1):56-72.

- [12] Bhamu J, Sangwan KS. Lean manufacturing: literature review and research issues. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 2014;34(7): 876-940.
- [13] Naranjo-Flores AA, Ramírez-Cárdenas E. Human factors and ergonomics for lean manufacturing applications. *Lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America*, Springer, Cham. 2014;281-299.
- [14] Nunes IL. Integration of ergonomics and lean six sigma: a model proposal. *Procedia Manuf.* 2015; 3:890-897.
- [15] Westgaard RH, Winkel J. Occupational musculoskeletal and mental health: significance of rationalization and opportunities to create sustainable production systems – a systematic review. *Appl. Ergon.* 2011;42(2): 261-296.
- [16] Totorella GL, Vergara LGL, Ferreira EP. Lean manufacturing implementation: an assessment method with regards to socio-technical and ergonomics practices adoption. *Int. J. Adv. Manuf. Tech.* 2017; 89;3407-3418.
- [17] Fiore C. *Lean Execution: The Basic Implementation Guide for Maximizing Process Performance*. CRC Press, Taylor and Francis Group. 2016.
- [18] Wilson R. Guarding the LINE. *Industrial Engineer.* 2005; 37(4):46-49.
- [19] Kester J. A lean look at ergonomics. *Industrial Engineer.* 2013;4(3):28-32.
- [20] Scheel C, Zimmermann CL. Lean ergonomics - successful implementation within a kaizen event. 5th Annual lean Management Solutions, Conference and Exposition Conference Proceedings 2005.
- [21] Wan H, Chen FF. Decision support for lean practitioners: a web-based adaptive assessment approach. *Computers in Industry.*2009;60(4):277-283.
- [22] Liker J.K. *Becoming lean: Inside Stories of US Manufacturers* Productivity Press, New York, NY. 1997.
- [23] Brito M, Ramos AL, Carneiro P, Gonçalves MA. An operational tool for assess continuous improvement. *Inter. J. Lean Six Sigma.* 2019.
- [24] Hines P, Rich N. The seven value stream mapping tools. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 1997;17(1):46-64.
- [25] Rother M, Shook J. *Learning to See – Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. The lean Enterprise Institute, Brookline, MA. 1998.
- [26] Karlsson C, Ahlstrom P. Assessing changes towards lean production. *Int. J. Oper. Prod. Manag.*1996;16(2):22-41.
- [27] Soriano-Meier H, Forrester PL. A model for evaluating the degree of leanness of manufacturing firms. *Integr. Manuf. Syst.* 2002;13(2):104-109.
- [28] Feld WM. *Lean Manufacturing: Tools, Techniques, and How to Use Them*. St. Lucie Press, Alexandria, VA. 2000.
- [29] Conner G. *Lean Manufacturing for the Small Shop*, Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, MI. 2001.
- [30] Nakajima, S. *Introduction to Total Productive Maintenance*, Cambridge, MA, Productivity Press.1988
- [31] Sanchez AM, Perez MP. Lean indicators and manufacturing strategies. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 2001;21(11):1433-1451.
- [32] Allen J, Robinson C, Stewart D. *Lean Manufacturing: A Plant Floor Guide*. Society of Manufacturing Engineers, Dearborn, MI. 2001.
- [33] Saurin TA, Marodin GA, Ribeiro JLD. A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. *Int. J. Prod. Res.* 2011;49(11):3211-3230.
- [34] Jarebrant C, Winkel J, Hanse JJ, Mathiassen SE, Ojmertz B. ErgoVSM: a tool for integrating value stream mapping and ergonomics in manufacturing. *Hum. Factor Ergon. Manuf. Service Industries.* 2016;26(2):191-204.
- [35] Gonçalves MT, Saloniis K. Lean assessment tool for workstation design of assembly lines. *Procedia CIRP.* 2017;60:386-391.
- [36] Eden C, Huxham C. Action research for management research. *Br. J. Manag.* 1996;7(1):75–86.
- [37] Coughlan P, Coughlan D. Action research for operations management. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 2002; 22 (2): 220–40.
- [38] Susman GI, Evered RD. An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Adm. Sci. Q.* 1978; 23 (4): 582-603.
- [39] Bryman A, Bell E. *Business Research Methods*. 3rd edition. Oxford University Press. 2011.
- [40] Brito M, Gonçalves MA(2019). ErgoSMED: A Methodology to Reduce Setup Times and Improve Ergonomic Conditions. 2th International Conference on Human Systems Engineering and Design: Future Trends and Applications (IHSED 2019), Munique (Germany). 2019.
- [41] Sousa E, Silva FJG, Ferreira LP, Pereira MT, Gouveia R, Silva RP. Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manuf.* 2018;17:611–22.
- [42] Rosa C, Silva FJG, Ferreira LP, Campilho R. SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manuf.* 2017;13:1034-42.
- [43] Aqlan F, Lam SS, Testani M, Ramakrishnan S. Ergonomic risk reduction to enhance lean transformation. *IIE Annual Conference and Expo 2013.* 2013;989-997.
- [44] Santos J, Silva FJG, Pinto G, Baptista A. Lean and Ergonomics: How to increase the productivity improving the wellbeing of the workers. In: *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*, Silva FJG, Ferreira LP (Eds), Nova Science Publishers, New York, U.S.A., 2019:189-224. ISBN: 978-1-53615-725-3.
- [45] Yusuff RM, Abdullah NS. Ergonomics as a lean manufacturing tool for improvements in a manufacturing company. *Proceedings of the International Conference on Ind. Eng. Operat. Manag.* 2016; 8-10:581-588.
- [46] Correia D., Silva FJG, Gouveia RM, Pereira T, Ferreira LP. Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools. *Procedia Manuf.* 2018.17: 663–671.
- [47] Morgado L, Silva FJG, Fonseca LM. Mapping Occupational Health and Safety Management Systems in Portugal: outlook for ISO 45001:2018 adoption. *Procedia Manuf.* 2019. 38:755-764.