



## **Desenvolvimento de uma APP de avaliação de postos de trabalho, integrando o desempenho com a saúde e bem-estar do trabalhador**

**PEDRO DA COSTA RIBEIRO**

novembro de 2021

POLITÉCNICO DO PORTO  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

---

**Desenvolvimento de uma APP de  
avaliação de postos de trabalho,  
integrando o desempenho com a saúde  
e bem-estar do trabalhador**

---

**Pedro Costa Ribeiro**

Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA  
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Novembro, 2021



*Esta dissertação satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial.*

**Candidato:** Pedro Costa Ribeiro, Nº 1161503, 1161503@isep.ipp.pt

**Orientação Científica:** Marlene Ferreira Brito, mab@isep.ipp.pt

**Coorientação Científica:** Ana Luísa Ramos, aramos@ua.pt



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA  
Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto

Novembro, 2021



# Agradecimentos

Antes de tudo, gostava de agradecer aos meus pais, irmã e todos os familiares que me apoiaram, incentivaram e ajudaram a ultrapassar as minhas dificuldades ao longo deste percurso académico.

Agradecer à Professora Doutora Marlene Brito pela oportunidade de realizar este projeto e pela disponibilidade de ser minha orientadora e esclarecer todas as minhas dúvidas. Agradecer também à Professora Doutora Ana Ramos pela coorientação e disponibilidade para responder às minhas questões.

Agradecer ao Professor Doutor Luís Ferreira por se ter disponibilizado para me guiar até este projeto e ao Eng.º Alfredo Silva pelo acompanhamento e sugestão de melhorias no desenvolvimento da aplicação.

Por último, agradeço a todos os amigos que estiveram presentes durante esta etapa.



# Resumo

Atualmente, o termo produtividade está presente de forma exaustiva no mundo industrial. A necessidade de aproximar o produto final ao desejado pelo cliente, ou seja, produzir com mais qualidade, o querer ser mais eficiente e a vontade de melhorar processos constantemente reduzindo os desperdícios, são fatores que estão associados à produtividade e que devem constar nas políticas de gestão de uma organização.

Apesar disso, os fatores que diferenciam as atuais organizações são aqueles que consideram o homem como um elemento fundamental no processo produtivo. Assim, conceitos como ergonomia e saúde e segurança no trabalho devem ser aliados à produtividade.

Posto isto, o principal objetivo desta tese/dissertação é o desenvolvimento de uma aplicação móvel inspirada numa ferramenta de avaliação de postos de trabalho que integra o desempenho com a saúde e bem-estar do trabalhador. Este desenvolvimento consiste numa melhoria da ferramenta, adaptando-a a um contexto mais atual, promovendo o comodismo e eficácia da mesma.

A ferramenta designa-se por ErgoSafeCI e é constituída por dez itens que se consideram fundamentais para ter um posto de trabalho produtivo, seguro e ergonómico. Este instrumento de avaliação serve de apoio à implementação de projetos de melhoria contínua, mais concretamente implementação da filosofia *Lean*. Com esta ferramenta é possível realizar um acompanhamento ao longo de todo o processo e decidir quais os focos de melhoria naquele momento.

São enunciados vários métodos e ferramentas associadas à filosofia *Lean*, assim como, o surgimento e a aplicabilidade da mesma.

**Palavras-Chave:** *Lean Manufacturing*, Auditorias baseadas em *Lean*, Ferramentas *Lean*, Ergonomia, Saúde e Segurança, Aplicação móvel, Avaliação de postos de trabalho.



# Abstract

Currently, productivity is present in an exhaustive way in the industrial environment. The need to bring the final product closer to what the customer wants, that is, produce with more quality, the desire to be more efficient and constantly improve processes by reducing waste, are factors that are associated with productivity and must be included in the management policies of a organization.

Nevertheless, the factors that differentiate current organizations are those that consider the human being a fundamental element in the production process. Thus, concepts such as ergonomics and health and safety at work must be combined with productivity.

The main objective of this thesis/dissertation is the development of a mobile application inspired by a workstation assessment tool that integrates performance with the worker's health and well-being. This development consists of an improvement of the tool, adapting it to a more current context, promoting its convenience and effectiveness.

The tool is called ErgoSafeCI and consists of ten items that are considered essential to have a lean, safe and ergonomic workplace. This assessment instrument supports the implementation of continuous improvement projects, specifically the implementation of the Lean philosophy. This tool helps practitioners assess the implementation of lean principles and the safety issues in their processes. It also allows managers to evaluate their business and identify the priority areas to improve according to the previously defined company's aims.

Is outlined the emergence and applicability of lean philosophy, as well as methods and tools based on it.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Lean-based audits, Lean assessment tools, Ergonomics, Health and Safety, Mobile application, Workstation assessment.



# Índice

<b>Lista de Figuras</b>	<b>vii</b>
<b>Listagens</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Acrónimos</b>	<b>xi</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
1.1 Contextualização . . . . .	1
1.2 Definição do Problema . . . . .	3
1.2.1 Objetivos . . . . .	3
1.3 Plano de Trabalho . . . . .	3
1.4 Organização da Dissertação . . . . .	5
<b>2 Enquadramento Teórico</b>	<b>7</b>
2.1 História e desenvolvimento da metodologia <i>Lean</i> . . . . .	7
2.1.1 <i>Toyota Production System</i> . . . . .	7
2.1.2 <i>Lean Manufacturing</i> . . . . .	8
2.1.3 <i>Lean Management</i> . . . . .	13
2.2 Ferramentas <i>Lean</i> . . . . .	14
2.3 Auditorias baseadas em ferramentas <i>Lean</i> . . . . .	16
2.4 Ergonomia, Saúde e Segurança . . . . .	17
2.4.1 Auditorias baseadas em ferramentas <i>Lean</i> que integram os fa- tores humanos . . . . .	18
<b>3 Desenvolvimento</b>	<b>21</b>
3.1 Apresentação e análise da ferramenta . . . . .	21
3.1.1 Folha excel . . . . .	22
3.1.2 <i>Userforms</i> . . . . .	25
3.2 Planeamento de melhorias a implementar . . . . .	27
3.3 Modelação da APP . . . . .	28
3.4 Desenvolvimento da APP . . . . .	30
3.4.1 Escolha do <i>software</i> e linguagem de programação . . . . .	31
3.4.2 Criação dos <i>layouts</i> e desenvolvimento do código . . . . .	31
3.4.3 Implementação do histórico de auditorias . . . . .	40

<b>4 Conclusões</b>	<b>43</b>
4.1 Conclusões do trabalho realizado . . . . .	43
4.2 Trabalho Futuro . . . . .	44
<b>Referências</b>	<b>46</b>
<b>Anexo A Associação das perguntas aos domínios a trabalhar</b>	<b>53</b>
<b>Anexo B Manual de Utilizador</b>	<b>61</b>
<b>Anexo C Artigo Científico</b>	<b>67</b>

# Lista de Figuras

1.1	Diagrama de Gantt com o plano de trabalho. . . . .	4
2.1	Os sete princípios <i>Lean Thinking</i> (adaptado de Pinto, 2014) [19]. . .	9
2.2	Benefícios da redução de desperdícios (adaptado de Werkema, 2006) [22]. . . . .	11
2.3	Os benefícios do <i>Lean</i> (adaptado de Melton, 2005) [23]. . . . .	12
3.1	Parametrização inicial. . . . .	22
3.2	Item 1 - Indicadores de Performance/Eficiência. . . . .	22
3.3	Item 2 - Melhoria Contínua. . . . .	22
3.4	Item 3 - Higiene e segurança no trabalho . . . . .	23
3.5	Item 4 - Standards e gestão visual. . . . .	23
3.6	Item 5 - Operação e processo. . . . .	23
3.7	Item 6 - Fluxo de material e produto. . . . .	23
3.8	Item 7 - Zero defeitos. . . . .	24
3.9	Item 8 - Ergonomia física. . . . .	24
3.10	Item 9 - Ergonomia organizacional e cognitiva. . . . .	24
3.11	Item 10 - Disciplina/Sustentabilidade. . . . .	24
3.12	<i>Userform</i> dos parâmetros iniciais. . . . .	25
3.13	<i>Userform</i> do item Indicadores Performance/Eficiência . . . . .	25
3.14	Exemplo de <i>userform</i> de uma pergunta. . . . .	26
3.15	<i>Userform</i> do item Disciplina/Sustentabilidade. . . . .	26
3.16	Resultados da auditoria ao posto. . . . .	27
3.17	Caso de uso Unified Modeling Language (UML). . . . .	28
3.18	Diagrama de classe UML. . . . .	29
3.19	Modelo de layout para a aplicação móvel. . . . .	30
3.20	<i>Layouts</i> das páginas iniciar sessão, registar e menu. . . . .	32
3.21	<i>Layout</i> do questionário. . . . .	33
3.22	<i>Layout</i> dos resultados. . . . .	37
3.23	<i>Layout</i> do glossário para apoio às áreas a trabalhar. . . . .	37
3.24	<i>Layout</i> da lista de auditorias. . . . .	39
3.25	<i>Layout</i> do histórico de auditorias. . . . .	40



# Listagens

3.1	Verificação das respostas às questões. . . . .	34
3.2	Pontuação e domínios a trabalhar. . . . .	35
3.3	Função adicionador. . . . .	36
3.4	Apresentação dos resultados. . . . .	38
3.5	Função lista. . . . .	39
3.6	Função registo. . . . .	40



# Lista de Acrónimos

<b>APP</b>	Aplicação Móvel
<b>ISEP</b>	Instituto Superior de Engenharia do Porto
<b>JIT</b>	Just In Time
<b>LEAP</b>	Lean Processing Program
<b>MEEC</b>	Mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores
<b>NA</b>	Não Aplicável
<b>REBA</b>	Rapid Entire Body Assessment
<b>RULA</b>	Rapid Upper Limb Assessment
<b>SI</b>	Strain Index
<b>SMED</b>	Single Minute Exchange of Die
<b>TPM</b>	Total Productive Maintenance
<b>TPS</b>	Toyota Production System
<b>UML</b>	Unified Modeling Language
<b>VSM</b>	Value Stream Mapping
<b>WIP</b>	Work In Progress



# Capítulo 1

## Introdução

*O presente documento enquadra-se no âmbito da unidade curricular Tese/Dissertação, do 2º ano do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores (MEEC), ramo Sistemas e Planeamento Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), tendo como principal objetivo o desenvolvimento de uma aplicação móvel baseada na ferramenta de avaliação de postos de trabalho ErgoSafeCI. Neste capítulo apresenta-se o enquadramento e a motivação do tema, os objetivos, o plano de trabalho e a organização da dissertação.*

### 1.1 Contextualização

Hoje em dia, as empresas estão sob enorme pressão para serem competitivas nos mercados onde se inserem. As condições desses mercados desafiam as empresas a fortalecer e a manter as suas capacidades de modo a conseguirem se destacar e ser competitivas. Para enfrentar esses desafios, muitas empresas mudam o seu estilo tradicional de gestão adotando métodos que levam a melhorias de custo, qualidade, produtividade e desempenho operacional, como o *Lean Manufacturing* [1, 2]. As práticas e ferramentas desta metodologia ajudam os gestores e engenheiros a manter a competitividade num mercado global em expansão [3].

De acordo com Womack e Jones [4], a produção *Lean* é “*Lean*” porque utiliza menos recursos em comparação com a produção em massa, especificando que é utilizado metade do esforço humano numa fábrica, metade do espaço de produção, metade do investimento em ferramentas e metade das horas despendidas para desenvolver um

novo produto. Além disso, requer uma quantidade muito inferior de *stock* necessário no local, o que resulta, significativamente, em menos defeitos e maior variedade de produtos. Os mesmos autores definiram cinco princípios *Lean* para eliminar o desperdício nas organizações: especificar o valor, identificar do fluxo de valor, otimizar o fluxo, implementar o sistema “*Pull*” e procurar a perfeição [5].

A definição *Lean* de desperdício inclui *Work In Progress (WIP)*, defeitos e tempo sem valor agregado, como por exemplo, o tempo que o trabalhador perde à espera de produtos ou a executar movimentos desnecessários. O pensamento *Lean* visa a realização de processos flexíveis e a redução de sobrecargas e *stress*, que geram desperdícios [6].

Algumas empresas concentram-se no processo de melhoria contínua através do uso da filosofia *Lean Manufacturing*, que se refere à criação de um fluxo de valor. No entanto, é necessária uma metodologia de intervenção voltada para a correta aplicação dos conceitos *Lean Manufacturing*, sob a premissa de obter resultados sem descuidar o fator humano [7]. Garantir condições de segurança no trabalho é um fator essencial para a capacitação dos trabalhadores. Apesar deste fator ser evidenciado na descrição de indústria sustentável, na verdade, poucas empresas contemplam ou desenvolvem essa estratégia dentro dos seus planos de sustentabilidade [8].

A intervenção ergonômica pode ser usada como uma ferramenta para reduzir o desperdício associado a movimentos desnecessários, através da identificação de fatores de risco ergonômicos durante o trabalho. Os movimentos que geram desperdício em ergonomia, como alongamento, flexão e posturas inadequadas, podem ter um impacto negativo na segurança e saúde dos trabalhadores como também reduzir a produtividade e a eficiência [9]. A ergonomia tem o potencial de diminuir o *lead time* e aumentar o rendimento, removendo o desperdício de movimentos e atividades não produtivas [10]. Além disso, a ergonomia pode apoiar uma transformação *Lean* e uma transformação *Lean* pode aumentar a produtividade, reduzir acidentes de trabalho e melhorar o *design* e *layout* do posto de trabalho [11].

A implementação *Lean* deve ser vista como um processo de longo prazo, sem um estado final. Uma empresa que implementa a filosofia *Lean* deve ser monitorizada continuamente para identificar o nível atual de *leanness* e o processo de melhoria futuro. A empresa deve saber “por onde começar” e “como proceder”, além de estar ciente das ferramentas disponíveis [12]. Existe um enorme conjunto de ferramentas *Lean*, no entanto, escolher as ferramentas certas para aplicar no lugar certo e no momento certo requer um amplo conhecimento e experiência de implementação *Lean* [13]. Várias organizações focam-se na implementação apenas de ferramentas e técnicas de “*hard Lean*” e negligenciam práticas de “*soft Lean*” (práticas relacionadas com humanos) [14, 15]. Esta falha resulta da consideração do *Lean* como uma estratégia ou processo de produção, ao invés de uma filosofia de longo prazo [16].

## 1.2 Definição do Problema

O *design* dos postos de trabalho é um processo crucial para garantir eficácia, personalização, automatização e competitividade em ambientes de produção de grande volume, utilizando menos tempo, espaço, custo e *stocks*. Por isso, os postos de trabalho desempenham um papel crítico no processo produtivo, devendo ser projetados na perspectiva dos funcionários com foco na minimização dos desperdícios.

As empresas têm dificuldade em identificar quais as áreas mais críticas no estado atual e priorizá-las antes das intervenções de melhoria. Na verdade, não é fácil definir metas futuras se não tivermos as ferramentas adequadas para medir o presente. A ferramenta ErgoSafeCI avalia os postos/áreas de trabalho das organizações simultaneamente em três dimensões: *Lean*, segurança e ergonomia. Assim, com esta ferramenta de avaliação é possível realizar auditorias integrando o desempenho com a saúde e bem-estar do trabalhador.

### 1.2.1 Objetivos

O principal objetivo passa pela melhoria/transformação da ferramenta ErgoSafeCI numa aplicação móvel, tornando-a mais *user friendly*, o que por sua vez irá tornar o processo de auditoria aos postos/áreas de trabalho mais cómodo, fácil e eficiente, contribuindo para a redução de desperdícios e aumento da produtividade. Além do objetivo de implementar melhorias relacionadas com a experiência do utilizador, também será um objetivo criar um histórico de auditorias que permita consultar todos os dados referentes a auditorias passadas, sem a necessidade de armazenar ficheiros. Este recurso será útil na medida em que a finalidade da ferramenta prende-se com a avaliação sistemática dos postos, permitindo realizar comparações rapidamente.

## 1.3 Plano de Trabalho

O diagrama de Gantt apresentado na Figura 1.1 representa o plano de trabalho deste projeto. Nele, são descritas todas as tarefas realizadas e as datas de início e término das mesmas.

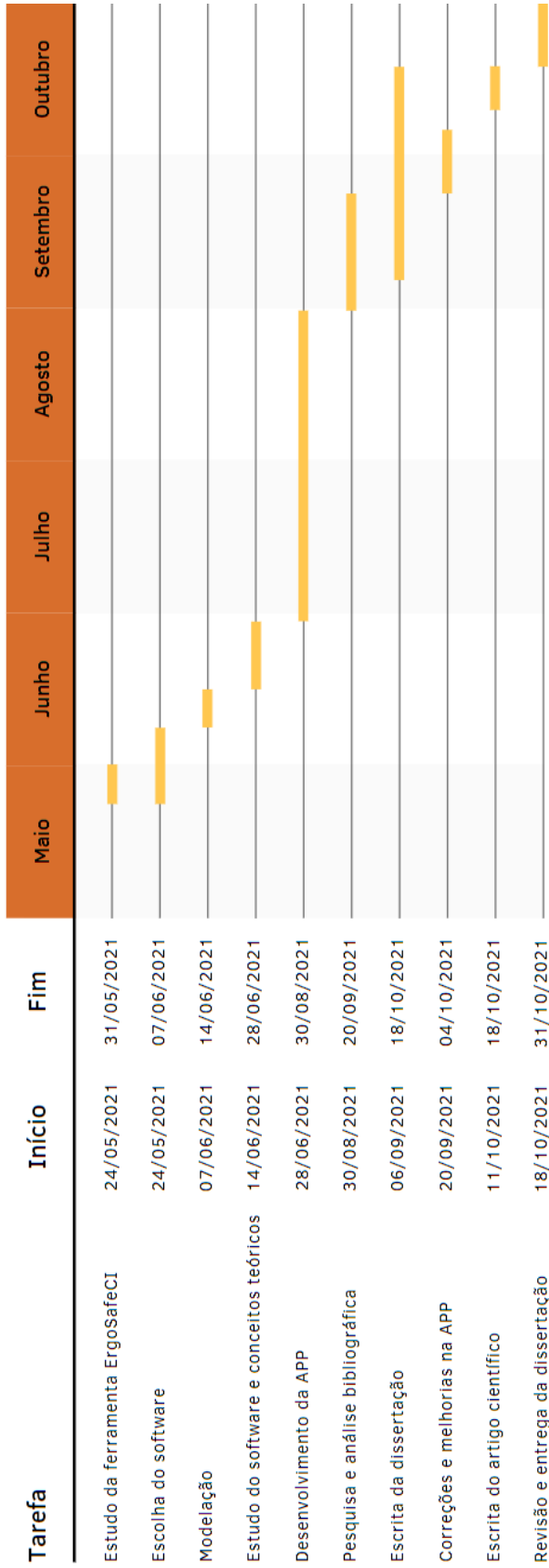


Figura 1.1: Diagrama de Gantt com o plano de trabalho.

## 1.4 Organização da Dissertação

A presente dissertação é composta por quatro capítulos para melhor compreensão e organização da mesma.

O Capítulo 1 consiste na Introdução ao trabalho, onde se apresenta uma contextualização do tema inerente ao mesmo e define-se o problema juntamente com os objetivos e o plano de trabalho.

No Capítulo 2, relativo ao Enquadramento Teórico, definem-se temas como o *Lean Manufacturing*, o *Lean Management*, a Ergonomia e a Saúde e Segurança no trabalho, fundamentais para o desenvolvimento e entendimento do projeto.

No Capítulo 3, que diz respeito ao Desenvolvimento, apresenta-se a ferramenta ErgoSafeCI e as melhorias a implementar na mesma, assim como todo o processo de desenvolvimento da APP, desde a modelação à programação.

No Capítulo 4, o último, são apresentadas as Conclusões de todo o trabalho desenvolvido, interligando conceitos teóricos com a Aplicação Móvel (APP) concebida e referidos possíveis desenvolvimentos futuros.



## Capítulo 2

# Enquadramento Teórico

*Este capítulo destina-se à contextualização teórica das metodologias utilizadas no trabalho. Para isso, será apresentada a filosofia Lean e as respectivas ferramentas, além dos temas Ergonomia, Saúde e Segurança, fundamentais na construção da ferramenta ErgoSafeCI.*

### 2.1 História e desenvolvimento da metodologia *Lean*

O *Lean* é uma filosofia de gestão que surge depois da 2<sup>a</sup> Guerra Mundial, com origem no seu modelo de operação *Toyota Production System (TPS)*, criado pela Toyota [4].

Em 2008, devido à crise económica mundial as empresas viram-se obrigadas a mudar os seus pontos de vista para conseguirem permanecer no mercado. As empresas que menos sentiram esse colapso estavam associadas a abordagens de gestão modernas como: *Lean Management*, *Six Sigma*, *Theory Of Constraints* e *Total Quality Management* [17].

#### 2.1.1 *Toyota Production System*

As raízes do *Lean* remontam ao início do século XX. Sakichi Toyoda, fundador da *Toyota Industries Corporation*, inventou um *motor-driven loom* com um mecanismo especializado para parar no caso de o fio romper. O mecanismo tornou-se mais tarde a base para a filosofia nomeada *Jidoka* (automatização com manufatura humana). Devido à aplicação de um sensor de deteção de falhas, os defeitos decorrentes de

imperfeições de origem humana foram reduzidos e a capacidade de produção aumentada [17].

Após a segunda guerra mundial, ao contrário do que aconteceu na Europa, o Japão passou por uma escassez de recursos que não permitia produzir em massa. Kiichiro Toyoda, fundador da *Toyota Motor Corporation*, percebeu que para competir na indústria automóvel de produção em massa, já introduzida em empresas europeias e americanas, teria de mudar os métodos de produção da Toyota [4, 17]. Por isso, decidiu criar um processo de produção rápido e flexível, baseado no sistema *Just In Time (JIT)* com o objetivo de aumentar a capacidade de produção e reduzir o desperdício de forma meticulosa [17].

Na década de 1950, Eiji Toyoda em conjunto com Taiichi Ohno foram capazes de criar o sistema designado por *Toyota Production System* [4], que se fundamenta nas filosofias Jidoka e JIT [17].

Inicialmente, o TPS não despertou interesse a outras empresas, no entanto, quando a produção teve de ser reduzida os gestores dessas empresas perceberam os resultados significativos que a Toyota tinha alcançado [17]. Desde esse momento, as empresas americanas e europeias começaram a adaptar o modelo, apelidando-o de *Lean Manufacturing System* ou *JIT system* [18].

### 2.1.2 *Lean Manufacturing*

O termo *Lean Manufacturing* foi popularizado por James Womack e Daniel Jones em 1990 através da publicação do livro "*The Machine that Changed the World*" que apresenta os resultados de uma avaliação comparativa na indústria automóvel [17]. Esses resultados, mostraram que as empresas japonesas estavam muita à frente de outras empresas em todas as principais medidas de desempenho.

Em 1996, os mesmos autores, publicaram "*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*" onde definem precisamente os princípios da filosofia *Lean* para melhorar o funcionamento da empresa, aplicando instrumentos desenvolvidos pelo TPS.

De acordo com Womack e Jones [5], existem cinco princípios *Lean*:

- Especificar o valor: O valor deve ser definido apenas pelo cliente final. O valor é distorcido por organizações pré-existentes, especialmente engenheiros e especialistas, uma vez que adicionam complexidade sem interesse para o cliente;
- Identificar o fluxo de valor: O fluxo de valor são todas as ações necessárias para levar um produto ao cliente, por isso, etapas que não acrescentam valor ao produto devem ser eliminadas;

- Otimizar o fluxo: As etapas de criação de valor devem fluir. Os departamentos que executam um processo com uma única tarefa em grandes lotes devem ser eliminados;
- Implementar o sistema "Pull": Deixar o cliente "puxar" o produto, ou seja, produzir apenas o necessário;
- Procurar a perfeição: Não existe fim para o processo de redução de tempo, espaço, custo e erros.

O objetivo destes princípios é fazer mais com menos, isto é, usar o mínimo de esforço, energia, tempo, equipamentos, espaço nas instalações, materiais e capital enquanto se oferece aos clientes exatamente o que eles desejam [5].

No entanto, Pinto defende que estes princípios apresentam algumas lacunas e, por isso, juntamente com a "Comunidade Lean Thinking" propôs a adoção de mais dois princípios, com o objetivo de evitar que as organizações apenas se foquem na redução de desperdícios ignorando a criação de valor para as partes interessadas [19].

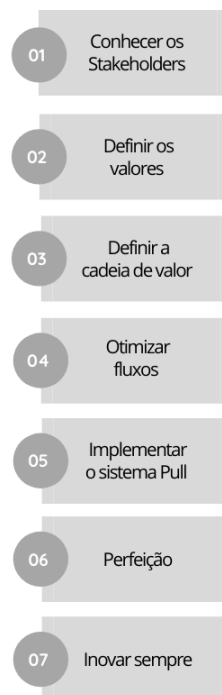


Figura 2.1: Os sete princípios *Lean Thinking* (adaptado de Pinto, 2014) [19].

Na Figura 2.1, pode observar-se os sete princípios, sendo os novos os seguintes:

- **Conhecer quem servimos**, isto é, conhecer em detalhe todos os *stakeholders* do negócio. A empresa não deverá focar-se somente na satisfação do seu cliente, negligenciando os interesses e as necessidades das restantes partes [19].

- **Inovar constantemente** para criar novos produtos, novos serviços, novos processos, e novos mercados, ou seja, criar valor [19].

Womack e Jones [5], afirmam ainda que o *Lean Thinking* é a ferramenta mais poderosa disponível para criar valor e eliminar desperdícios em qualquer organização e definem desperdício (conhecido em japonês como muda) como “qualquer atividade que consome recursos mas não cria valor”.

Uma das ferramentas mais usadas para encontrar desperdícios é o *Value Stream Mapping (VSM)*. Segundo Rother e Shock [20], “VSM é uma ferramenta de lápis e papel que ajuda a compreender o fluxo de materiais e informações à medida que um produto segue o seu fluxo de valor”. Com isto, pretendem dizer que deve-se observar o “caminho” da produção de um produto, desde o pedido do cliente ao fornecedor, e desenhar cuidadosamente uma representação visual de cada processo no fluxo de materiais e de informações. Além disso, através de um conjunto de perguntas-chave deve ser desenhado um mapa do estado futuro de como o valor deve fluir. Para Rother e Shock [20], fazer este processo repetidamente é a melhor e mais simples maneira de encontrar valor e principalmente fontes de desperdício.

Taiichi Ohno foi o primeiro a identificar os sete principais tipos de desperdício, sendo eles [21]:

- **Superprodução** de produtos desnecessária;
- **Esperas** desnecessárias pelas pessoas para iniciar a próxima etapa;
- **Transporte** desnecessário de peças em produção;
- **Processamento excessivo** do produto com etapas extra;
- **Inventário**: *stocks* de peças à espera de serem concluídas e/ou produtos acabados à espera de ser enviados;
- **Movimento** desnecessário de pessoas a trabalhar nos produtos;
- Fabrico de **peças e produtos defeituosos**.

Para Werkema [22], existem vários benefícios associados à redução de desperdícios, na Figura 2.2 são apresentados os mesmos.



Figura 2.2: Benefícios da redução de desperdícios (adaptado de Wer-kema, 2006) [22].

O propósito da eliminação de desperdício é criar um fluxo contínuo sempre que possível. Um fluxo contínuo refere-se à produção peça a peça (*one piece flow*), em que um item passa imediatamente para próxima etapa do processo sem estagnação entre etapas [20].

Converter um sistema em fluxo contínuo, utilizando a metodologia "Pull" irá [5]:

1. Duplicar a produtividade do trabalho.
2. Diminuir o tempo de produção em 90%.
3. Reduzir o *stock* em 90%.
4. Diminuir os erros em 50%.
5. Diminuir acidentes de trabalho.

Segundo Melton, os principais benefícios do *Lean* (Figura 2.3) observados nas indústrias, como a automóvel, são: a redução dos prazos de entrega para os clientes; os *stocks* reduzidos para fabricantes; um melhor conhecimento da gestão; e os processos mais robustos que diminuem os erros e portanto o "retrabalho" [23].



Figura 2.3: Os benefícios do *Lean* (adaptado de Melton, 2005) [23].

Inicialmente o *Lean* aplicava-se apenas nos processos de produção, sendo posteriormente adotado por empresas do setor da indústria e dos serviços com o objetivo de reduzir os custos dentro da organização [22]. Para isso, é essencial haver uma abordagem adequada em todas as fases de implementação do processo de mudança *Lean* e assim alcançar um desempenho sustentável [24]. Desde 2000 até 2016, os setores da indústria e da saúde têm sido o foco das pesquisas acerca das metodologias *Lean* e *Six Sigma* [25].

Raval, Kant e Shankar afirmam que existe uma grande variedade de práticas de gestão no que toca ao *Lean*, o que torna a sua implementação mais difícil em diferentes setores, uma vez que os indicadores de desempenho são demasiado genéricos. Além disso, mostram que a maior parte dos artigos sobre *Lean* são de origem académica, sendo necessário a participação de consultores e profissionais para explorarem as ferramentas e torná-las adequadas a cada setor e, com isso, clarificar os seus benefícios e diminuir as falhas na implementação desta filosofia [25].

Estas falhas na implementação do *Lean* levam à necessidade de questionar a sua aplicabilidade em todos os setores. Outros autores referem que ainda existe muita resistência à mudança e que a falta de tempo disponível para compreender as ferramentas e as metodologias *Lean* são as principais causas [23, 26].

É importante notar que o *Lean Manufacturing* é essencialmente ajustado aos processos de produção. Este método não dá muita atenção aos aspectos relacionados com a gestão dos recursos humanos. Essa é a principal diferença entre o *Lean Manufacturing* e o *Lean Management* [17].

### 2.1.3 *Lean Management*

O *Lean Management* é um método de gestão de empresas que pressupõe a adaptação às actuais condições de mercado através de alterações organizacionais e funcionais. O fundamento deste método é o ato de “polir” a empresa alterando a sua política, especialmente no que diz respeito aos ativos e estilos de gestão praticados. Além disso, o *Lean Management* concentra-se na formação profissional, na modelação das atitudes da equipa e na conservação de boas relações públicas [17].

Dekier reuniu e definiu os princípios que todos os gestores devem considerar [17]:

- Bom ambiente no local de trabalho: um ambiente positivo não só ajuda os funcionários a cumprirem as tarefas diárias, mas também estabelece laços entre os colegas de trabalho e a empresa.
- Definição de objetivos: para uma pessoa trabalhar com eficácia deve conhecer os objetivos do trabalho, assim sendo, é de grande importância definir objetivos de curto e longo prazo para os funcionários.
- Comunicação: é um dos elementos mais importantes e frequentemente esquecido na gestão de recursos humanos, os gestores de todos os níveis devem construir um sistema de troca de informações entre os funcionários de um determinado departamento e ter em conta a organização de breves reuniões diárias para elevar a qualidade da comunicação.
- Motivação: *Lean Management* é um dos estilos de gestão que aconselha os gestores a abandonarem os métodos tradicionais de motivação, que consistem num sistema de bónus e que garantem resultados meramente de curto prazo, e procurarem substituí-los por motivações internas para cada funcionário.
- Potencial humano desperdiçado: na maioria das vezes, os gestores realizam algumas alterações sem consultar os funcionários, esses tipos de processos são considerados desperdícios e recomenda-se às organizações consultar os funcionários que têm uma imagem direta do problema e que lidam regularmente com o mesmo, ao invés de contratarem empresas externas para melhorar processos.
- Desenvolvimento dos funcionários: um dos recursos mais importantes na maioria das empresas são os funcionários, por isso, os gestores devem proporcionar aos mesmos oportunidades de auto-desenvolvimento e não ser menosprezado ou simplesmente esquecido que investir em recursos humanos corresponde a investir na empresa, o que trará resultados benéficos.

- Liderança: os gestores devem aprimorar as suas habilidades pessoais para se tornarem *Lean Leaders* e, conseqüentemente, inspirar respeito, sendo inaceitável ficarem com os créditos das ações realizadas pelos funcionários ou vitimizarem os mesmos em vez de procurarem soluções para os problemas que possam existir.

Para Arezes [27], os princípios do *Lean Management* estão focados na melhoria dos ambientes de trabalho, criando locais de trabalho adequados, espírito de equipa, desafios, motivação, flexibilidade, *cross skills*, responsabilidade e autonomia. Se esses objetivos não forem alcançados, é provável que as soluções desenvolvidas não sejam realmente *Lean*.

Werkema reforça a ideia que para se ter sucesso na aplicação do *Lean* não basta ter pessoas instruídas, é fundamental ter também uma mudança de cultura organizacional [22].

## 2.2 Ferramentas *Lean*

Para aumentar a probabilidade de sucesso, na implementação do *Lean*, são utilizadas ferramentas que procuram a redução dos desperdícios ao longo de um processo de produção ou serviço, sabendo que não é o suficiente para se ter sucesso [22], uma vez que, existem outros critérios fundamentais como demonstrados anteriormente.

As principais ferramentas que serão integradas no desenvolvimento deste trabalho, além do VSM, anteriormente descrito, são:

- **5S** - A filosofia 5S foi desenvolvida no Japão e foi formalmente introduzida no final da década de 1960, enquanto a estrutura principal para compreender e aplicar 5S foi proposta por Osada e Hirano [28, 29, 30]. O 5S é a metodologia de criação e manutenção de ambientes de trabalho bem organizados, limpos, de alta eficácia e qualidade [31]. O nome 5S é o acrónimo de cinco palavras japonesas com os seguintes significados [31]:
  - *Seiri* (Utilização): triagem, organização do local de trabalho, eliminação de materiais desnecessários.
  - *Seiton* (Organização): colocar tudo no devido lugar, existe um lugar para tudo.
  - *Seiso* (Limpeza): limpar e cuidar do local de trabalho.
  - *Seiketsu* (Padronização): criar *standards*.
  - *Shitsuke* (Disciplina): realizar sempre as regras acima mencionadas.

Um local de trabalho bem organizado oferece um ambiente de produção seguro e eficiente, o que eleva a moral dos funcionários, promove o sentimento de propriedade, orgulho do seu trabalho e posse das suas responsabilidades [30].

- **Heijunka** - Heijunka vem do japonês e significa nivelamento. Este método vai alternando a produção de vários produtos, ou seja, permite que se produza na medida em que os produtos são necessários, minimizando deste modo o *stock* e o risco de superprodução [32]. Como o volume de negócios atual é volátil, a procura do cliente torna-se flutuante e leva a uma variabilidade na produção [33]. De maneira a superar essa flutuação, Bohnen, Maschek e Deuse acreditam que o nivelamento deve ser de baixo volume e grande variedade de produtos [34].
- **Kaizen** - Kaizen significa melhoria contínua e incremental [5]. Este método de gestão encoraja o envolvimento das pessoas de modo a resolver problemas e desafios, sendo que, os problemas devem ser vistos como oportunidades de melhoria, por mais pequena que seja. É importante realçar que a filosofia Kaizen não deve implicar a desvalorização da inovação visto que ambas as estratégias são essenciais para um bom desempenho da organização [19].
- **Kanban** - O Kanban foi criado para controlar os níveis de *stock*, a produção e o fornecimento de componentes [33]. Este método apresenta-se como um sistema de gestão visual que permite o controlo tanto dos fluxos como dos *stocks*, produzindo apenas o pedido pelo cliente, no tempo e quantidade necessária [35].
- **Poka-Yoke** - A ferramenta Poka-Yoke tem como objetivo identificar e prevenir a existência de possíveis erros ou defeitos durante o processo de produção. Caso seja cometido um erro, um Poka-Yoke vai evitar o defeito ou parar a máquina, não permitindo a entrega de um produto defeituoso ao processo seguinte. Com isto, é reduzido o tempo de procura de defeitos, a sua resolução e os custos associados [32].
- **Single Minute Exchange of Die (SMED)** - A metodologia de troca rápida de ferramentas, mais conhecida por SMED, foi desenvolvida por Shingo no Japão e tem como objetivo a redução dos tempos de preparação dos equipamentos com o objetivo de aumentar a eficiência dos mesmos e a flexibilidade dos processos [19, 35, 36].
- **Standardized Work** - A padronização do trabalho pode ser descrita como um conjunto de ferramentas de análise que resultam num conjunto de procedimentos operacionais padrão. O trabalho padronizado pode ser definido como o método mais seguro e eficaz para realizar um determinado trabalho [33]. O objetivo da uniformização da produção é que a mesma atividade seja feita da mesma maneira por todos os funcionários, diminuindo a variabilidade dos processos, estabilizando a produção e reduzindo os defeitos [37]. Womack e Jones definem *standard work* como “uma descrição precisa de cada atividade de

trabalho, especificando tempo de ciclo, *takt time*, sequência, *stock* e padrões” [5].

- **Total Productive Maintenance (TPM)** - A manutenção produtiva total foca-se na eficácia global do sistema produtivo, isto é, através da prática da manutenção preventiva é possível reduzir os tempos de paragem não planeados, aumentando a capacidade produtiva e a qualidade [32]. Assim sendo, esta ferramenta tem como objetivo a redução de avarias, acidentes e defeitos [32]. Segundo Womack e Jones, o TPM é uma metodologia que visa alcançar o desempenho esperado dos equipamentos, garantindo que o processo produtivo não é interrompido [5].

### 2.3 Auditorias baseadas em ferramentas *Lean*

A globalização das implementações *Lean* nas organizações deu origem ao desenvolvimento de vários mecanismos e metodologias capazes de realizar uma avaliação para perceber a eficácia dessas mesmas implementações [38]. No entanto, a maioria das ferramentas *Lean* existentes focam-se em como tornar o processo mais *Lean*, em vez de saber o quão *Lean* é o processo [39]. De acordo com Wan e Chen [39], as técnicas de mapeamento de fluxo de valor (VSM), as ferramentas de avaliação *Lean* e os indicadores *Lean* são as três principais categorias que definem o nível de *leanness*. Apesar disso, o número de estudos de avaliação *leanness* é baixo em comparação ao de implementações *Lean* [40].

Ao longo dos últimos anos, foram desenvolvidos alguns modelos, programas e ferramentas com o intuito de avaliar a implementação do *Lean*.

Em 1996, Karlsson e Ahlstrom desenvolveram uma ferramenta de avaliação *Lean* na qual identificaram nove variáveis a serem avaliadas: eliminação de desperdícios, melhoria contínua, sistema *pull*, equipas multifuncionais, descentralização, integração de funções e sistemas verticais de informação [41].

Em 1997, Hines e Rich propuseram o *Lean Processing Program (LEAP)* composto por sete ferramentas e uma abordagem de cinco estágios, no entanto, veio a revelar-se uma abordagem bastante complexa [42].

Em 2000, Detty e Yingling usaram modelos de simulação com vários indicadores de desempenho para quantificar os benefícios potenciais da implementação *Lean* [43].

Em 2001, Sanchez e Perez desenvolveram uma *checklist* com trinta e seis indicadores *Lean* divididos por seis grupos para avaliar as mudanças relativas ao *Lean* [44].

Em 2002, Goodson criou uma das ferramentas de avaliação de instalações mais conhecidas e úteis, que visa avaliar se uma fábrica é realmente *Lean* em apenas 30 minutos, designada por “*Rapid Plant Assessment*” [45].

Em 2006, Srinivasaraghavan e Allada propuseram um modelo que avalia a diferença entre o estado atual do sistema e um desempenho referência, por isso, o resultado depende muito da qualidade da referência. Este modelo fornece uma medida do nível de *leanness*, no entanto, o desempenho referência para a avaliação comparativa necessita de ser obtido entre colegas e concorrentes [46].

Em 2008, Wan e Chen propuseram uma metodologia para quantificar o nível de *leanness* de sistemas produtivos com base numa referência ideal de *leanness* obtida a partir de dados históricos [39]. Os mesmos autores, também desenvolveram uma avaliação *Lean* adaptativa que mostra uma maneira eficaz de guiar o processo de implementação *Lean*. O principal objetivo desta ferramenta é responder às questões “quão *Lean* é o processo?” e “como tornar o processo mais *Lean*?” [13].

Em 2011, Saurin, Marodin e Ribeiro notaram que os modelos existentes foram projetados principalmente para avaliar o nível de implementação *Lean* na fábrica como um todo, e não em unidades específicas do sistema de produção, como postos de trabalho ou linhas de montagem. Por isso, introduziram uma estrutura para avaliar o uso das práticas de produção *Lean* nessas unidades específicas [47].

Mais recentemente, em 2019, foi desenvolvido por vários autores um protocolo de auditoria para a indústria da construção civil. O protocolo é baseado em revisões bibliográficas e tem como objetivo avaliar o nível de implementação *Lean*. Este mesmo protocolo foi aplicado em quatro empresas construtoras e feito de maneira a aumentar a sua qualidade e precisão. Além disso, o protocolo final visa apoiar a implementação do *Lean* fornecendo um diagnóstico do estado atual e as direções que devem ser seguidas [48].

## 2.4 Ergonomia, Saúde e Segurança

“A ergonomia é entendida como o domínio científico e tecnológico interdisciplinar que se ocupa da otimização das condições de trabalho visando de forma integrada, a saúde e o bem estar do trabalhador e o aumento da produtividade” (Departamento de Ergonomia da Faculdade de Motricidade Humana) [49].

Fernandez [50], defende que o objetivo da ergonomia é adequar a tarefa ao indivíduo e não o indivíduo à tarefa. Em 1995, afirmou que ergonomia não seria mais uma “palavra da moda” porque começava a fazer parte do mundo industrial. Além disso, as empresas estavam a perceber que fazer mudanças ergonómicas antes da ocorrência de grandes acidentes de trabalho (ergonomia proativa) era rentável quando comparado a fazer mudanças ergonómicas após a ocorrência de grandes acidentes de trabalho (ergonomia reativa) [50].

A inclusão da ergonomia no processo de melhoria contínua é muito importante uma vez que as intervenções tradicionais dos sistemas *Lean*, ao tentar maximizar a produtividade minimizando recursos, podem facilmente perder as limitações e

necessidades do fator humano no processo produtivo. No entanto, as empresas não percebem que se os princípios ergonômicos forem integrados e implementados simultaneamente com os sistemas *Lean* existe potencial para melhorar ainda mais os ganhos de produtividade [51].

Totorella, Vergara e Ferreira afirmam que a filosofia *Lean* apresenta o elemento humano como fator fundamental para a sustentabilidade da melhoria contínua [52]. De uma perspectiva *Lean*, a ergonomia melhora a produtividade, remove barreiras à qualidade e melhora o desempenho humano [52]. Santos, Vieira e Balbinotti acreditam que a integração da ergonomia durante a implementação do *Lean* tem o potencial de reduzir o absentismo além dos ganhos substanciais de produtividade [53].

Segundo Wilson [54], a equipa de implementação *Lean* deve considerar os fatores ergonomia e segurança como valores centrais do processo *Lean*, juntamente com a redução de desperdícios e a criação de valor.

Resumindo, a aplicação de princípios ergonômicos no local de trabalho pode resultar no seguinte [50]:

- Produtividade aumentada;
- Saúde e segurança dos trabalhadores melhorada;
- Menos pedidos de indemnização dos trabalhadores;
- Conformidade com regulamentos governamentais;
- Satisfação no trabalho;
- Aumento da qualidade do trabalho;
- Menor rotatividade de trabalhadores;
- Menos tempo perdido no trabalho;
- Aumento da moral dos trabalhadores;
- Diminuição da taxa de absentismo.

De acordo com Yazdani et al. [55], as organizações devem apresentar a ergonomia e a prevenção de distúrbios músculo-esqueléticos como componentes significativas das práticas de gestão utilizadas na empresa.

#### **2.4.1 Auditorias baseadas em ferramentas *Lean* que integram os fatores humanos**

Em 2014, Wong, Ignatius e Soh desenvolveram um índice *Lean* para avaliar o nível de *leanness* de uma organização na sustentação da transformação *Lean* com base

numa perspectiva sociotécnica que considerou a relação entre humanos, sistemas e tecnologia [56]. Al-Zuheri, Luong e Xing desenvolveram uma estrutura baseada na aplicação simultânea de técnicas matemáticas e meta-heurísticas para requisitos de produtividade e ergonomia num projeto de uma linha de montagem [57].

Em 2016, Jarebrant et al. propuseram a aplicação do mapeamento do fluxo de valor ergonómico (“*ErgoVSM*”), ferramenta que visa melhorar as condições ergonómicas sem deixar de lado os indicadores de desempenho produtivo. A implementação desta ferramenta é um esforço para reconhecer a importância da avaliação de riscos de saúde, em cada posto de trabalho [58].

Em 2017, Gonçalves e Salonitis afirmaram que a avaliação do *design* do posto de trabalho deve focar-se nos aspectos *Lean* e ergonómicos. A avaliação *Lean* reduz o desperdício nos postos de trabalho e uma avaliação ergonómica protege a segurança e o conforto do funcionário, sendo essa relação essencial para o sucesso a longo prazo. Os requisitos para a avaliação do posto de trabalho são: saúde e segurança; ambiente de trabalho limpo e organizado; eliminação de desperdícios; logística de *stocks* e materiais; flexibilidade; gestão visual; e qualidade [59].

Em 2018, Botti et al. propuseram um modelo matemático para abordar o projeto de linhas de montagem multimodelo híbridas, com estações de trabalho manuais e automáticas, considerando a avaliação do risco ergonómico e seguindo os princípios de produção *Lean* [60].

Todas estas ferramentas e outras relacionadas com segurança e ergonomia, como “*Ergonomic Workplace Analysis*” [61], *Rapid Entire Body Assessment (REBA)* [62], *Strain Index (SI)* [63], e *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)* [64], foram analisadas detalhadamente e serviram de *input* na construção da ferramenta ErgoSafeCI desenvolvida por Brito, Ramos, Carneiro e Gonçalves [40]. A diferença entre estas ferramentas e a ErgoSafeCI está na avaliação dos postos de trabalho através da combinação dos fatores chave: melhoria contínua, produtividade, segurança, ergonomia, qualidade, gestão visual, organização do trabalho e fluxo de materiais [40].



## Capítulo 3

# Desenvolvimento

*Este capítulo destina-se à apresentação do desenvolvimento da ferramenta ErgoSafeCI como aplicação móvel. Para isso, será apresentada a ferramenta e as melhorias a implementar, assim como, a modelação e o processo de criação da APP.*

### 3.1 Apresentação e análise da ferramenta

O principal objetivo da ferramenta ErgoSafeCI é auxiliar profissionais e investigadores a priorizar e avaliar implementações *Lean*, como também condições ergonómicas e de segurança, de forma integrada [40].

A sua versão mais atual é composta por oitenta e oito questões divididas em dez itens: Indicadores de performance/Eficiência, Melhoria contínua, Higiene e Segurança no trabalho, Standards e Gestão visual, Operação e Processo, Fluxo de material e produto, Zero defeitos, Ergonomia física, Ergonomia organizacional e cognitiva e Disciplina.

É possível realizar uma auditoria ao posto/área de trabalho respondendo ao questionário diretamente no ficheiro Microsoft Excel ou através de *userforms* que estão associadas a um código desenvolvido em Visual Basic que permite registar as respostas, sendo que, responder ao questionário desta forma torna-se mais simples e intuitivo, permitindo uma melhor experiência ao utilizador. As vantagens mais reconhecidas são a menor probabilidade de cometer erros e a redução do tempo de realização de uma auditoria.

No final, para facilitar a interpretação e comparação de resultados pode-se observar a pontuação atual de cada item, a pontuação média e o objetivo para uma futura auditoria num gráfico radial. Além disso, é apresentada uma tabela auxiliar com apoio/ajuda à melhoria do posto de trabalho.

De seguida, são apresentadas as duas formas, anteriormente descritas, de como responder ao questionário, todas as questões presentes no mesmo e os itens a que estão associadas. Estes itens foram identificados como imprescindíveis para se alcançar um posto de trabalho produtivo, seguro, ergonómico e *Lean* [40].

### 3.1.1 Folha excel

Numa fase inicial são descritos os auditores, o setor/posto, a data e se aplicável a pontuação da última auditoria como se pode observar na Figura 3.1.

Auditores:	Sector:	Data:	Última Pontuação:
Pedro	Exemplo	24/09/2021	45%

Figura 3.1: Parametrização inicial.

Procede-se então ao preenchimento do questionário onde é possível responder Sim, Não ou Não Aplicável (NA) a cada pergunta (Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 e 3.10) com excepção do último item em que a resposta é dada inserindo o valor pretendido (Figura 3.11).

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

Figura 3.2: Item 1 - Indicadores de Performance/Eficiência.

#	<b>2- Melhoria Contínua</b>			
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 ( <i>VSM</i> ) do produto ou família do produto em análise ?			
9	O trabalhador ou equipa tem conhecimentos na área lean (reconhece a diferença entre valor e desperdício e identifica as características de um posto lean em termos de fluxo, gestão visual, standards, etc.) ?			
10	Todos se sentem responsáveis pela melhoria contínua e participam activamente dando ideias de melhoria?			
11	O trabalhador foi envolvido em acções de melhoria nos últimos 6 meses ?			
12	Estão previstas reuniões diárias, de forma formal ou informal, dedicadas à melhoria contínua? (ex: reuniões diárias Kaizen de 10min) ?			

Figura 3.3: Item 2 - Melhoria Contínua.

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

Figura 3.4: Item 3 - Higiene e segurança no trabalho

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

Figura 3.5: Item 4 - Standards e gestão visual.

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

Figura 3.6: Item 5 - Operação e processo.

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

Figura 3.7: Item 6 - Fluxo de material e produto.

#	7- Zero Defeitos			
55	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 ?			
56	A operação produz peças Nok de sucata ou rework ?			
57	Os defeitos são reparados dentro da linha pelo próprio trabalhador que o cometeu ?			
58	Todos os problemas ou desvios aos standards têm um plano de acções associado (PDCA) ?			
59	O trabalhador ou a equipa ajuda a descobrir a raiz do problema (exemplo: usando os 5 porquês) ?			
60	O problema é corrigido na origem e eliminado para que não volte a ocorrer ?			
61	Existem sistemas anti-erro (poka-yokes) ?			
62	O cumprimento do Fifo é garantido?			
63	A empresa elabora planos de controlo onde define as metodologias de controlo? (Requisitos, meios, formas, fases, frequencias, etc..)			

Figura 3.8: Item 7 - Zero defeitos.

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

Figura 3.9: Item 8 - Ergonomia física.

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

Figura 3.10: Item 9 - Ergonomia organizacional e cognitiva.

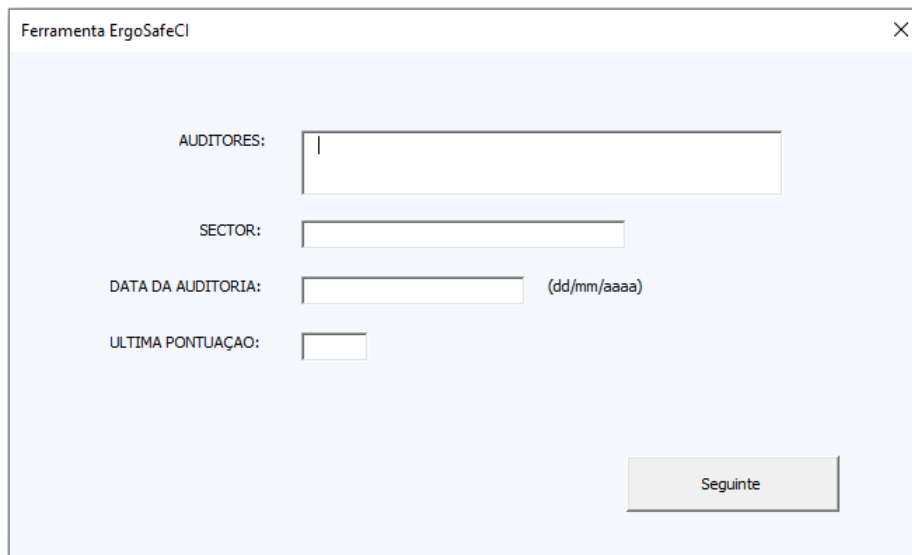
#	10- Disciplina / Sustentabilidade
88	Avaliar o cumprimento dos standards: <b>0</b> - nenhum standard é cumprido <b>25</b> - 25% dos standards são cumpridos <b>50</b> - 50% dos standards são cumpridos <b>75</b> - 75% dos standards são cumpridos <b>100</b> - 100% dos standards são cumpridos

Figura 3.11: Item 10 - Disciplina/Sustentabilidade.

No Anexo A é possível ver a associação das perguntas aos domínios a trabalhar.

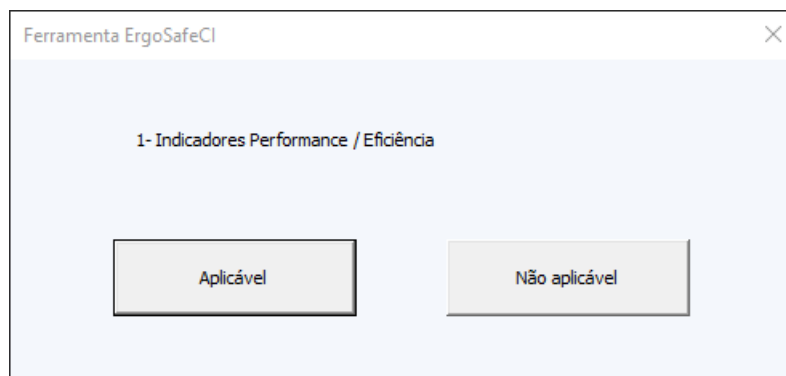
### 3.1.2 *Userforms*

Se o utilizador pretender responder ao questionário através de *userforms* o procedimento será idêntico. São preenchidos os parâmetros iniciais (Figura 3.12) e de seguida é selecionado se o item é aplicável ou não ao posto de trabalho (Figura 3.13). Desta forma, se o item não for aplicável, ignoram-se todas as perguntas do mesmo e passa-se para o próximo item.



The screenshot shows a window titled 'Ferramenta ErgoSafeCI' with a close button in the top right corner. The window contains four input fields and a button. The fields are labeled: 'AUDITORES:' with a long text input field; 'SECTOR:' with a shorter text input field; 'DATA DA AUDITORIA:' with a date input field and the format '(dd/mm/aaaa)' to its right; and 'ULTIMA PONTUAÇÃO:' with a small text input field. A 'Seguinte' button is located at the bottom right of the form area.

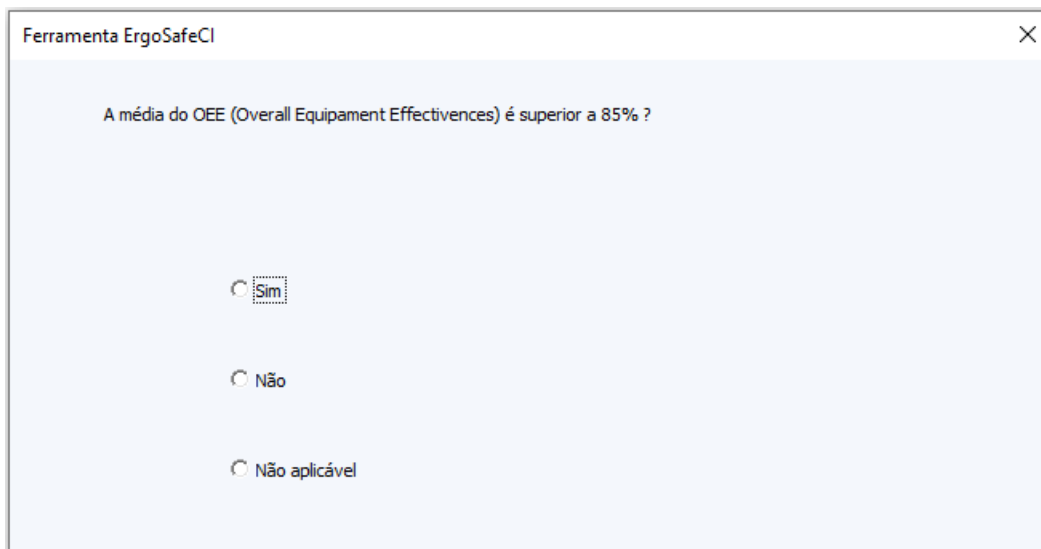
Figura 3.12: *Userform* dos parâmetros iniciais.



The screenshot shows a window titled 'Ferramenta ErgoSafeCI' with a close button in the top right corner. The window displays the text '1- Indicadores Performance / Eficiência' centered. Below this text are two buttons: 'Aplicável' on the left and 'Não aplicável' on the right.

Figura 3.13: *Userform* do item Indicadores Performance/Eficiência

No caso de ser aplicável o utilizador responde às perguntas selecionando a opção pretendida. As Figuras 3.14 e 3.15 são um exemplo.



Ferramenta ErgoSafeCI

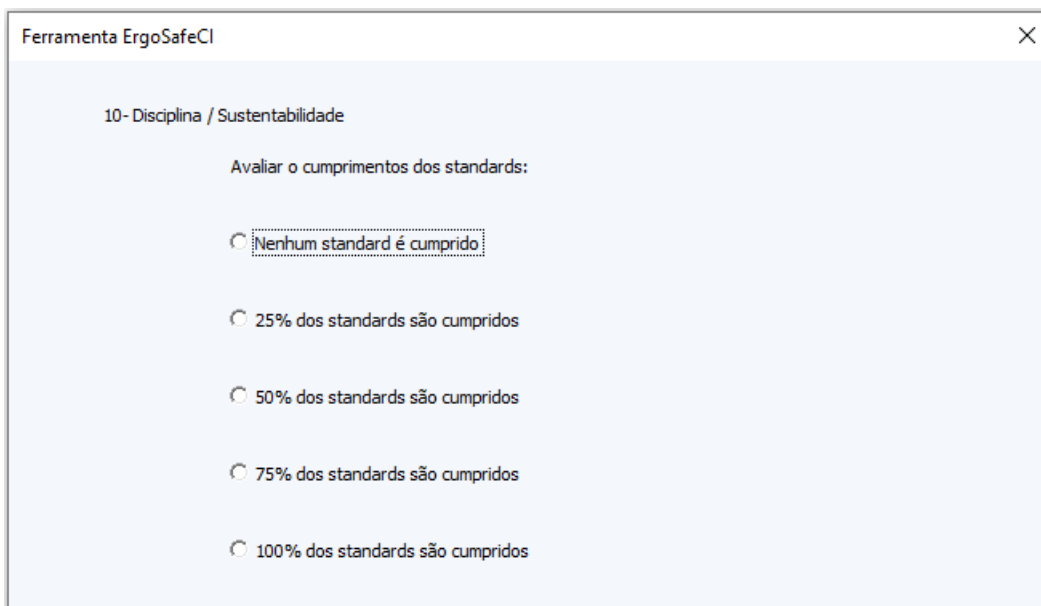
A média do OEE (Overall Equipment Effectiveness) é superior a 85% ?

Sim

Não

Não aplicável

Figura 3.14: Exemplo de *userform* de uma pergunta.



Ferramenta ErgoSafeCI

10- Disciplina / Sustentabilidade

Avaliar o cumprimento dos standards:

Nenhum standard é cumprido

25% dos standards são cumpridos

50% dos standards são cumpridos

75% dos standards são cumpridos

100% dos standards são cumpridos

Figura 3.15: *Userform* do item Disciplina/Sustentabilidade.

Realizado o questionário, seja na folha excel ou através de *userforms*, são apresentados automaticamente os resultados da auditoria, ou seja, a pontuação individual de cada item, a pontuação média, a pontuação objetivo e os domínios a trabalhar, como mostra a Figura 3.16.



### 3.3 Modelação da APP

Com o objetivo de clarificar e facilitar o desenvolvimento da aplicação móvel realizaram-se alguns modelos que explicam as características de funcionamento e comportamento do *software*. Esta modelação tornou-se bastante útil para evitar erros de programação e aumentar a produtividade, uma vez que, ao iniciar a fase de desenvolvimento já era conhecido o formato da solução.

Primeiramente, desenhou-se um caso de uso *Unified Modeling Language (UML)*, representado na Figura 3.17, para descrever as funcionalidades do sistema.

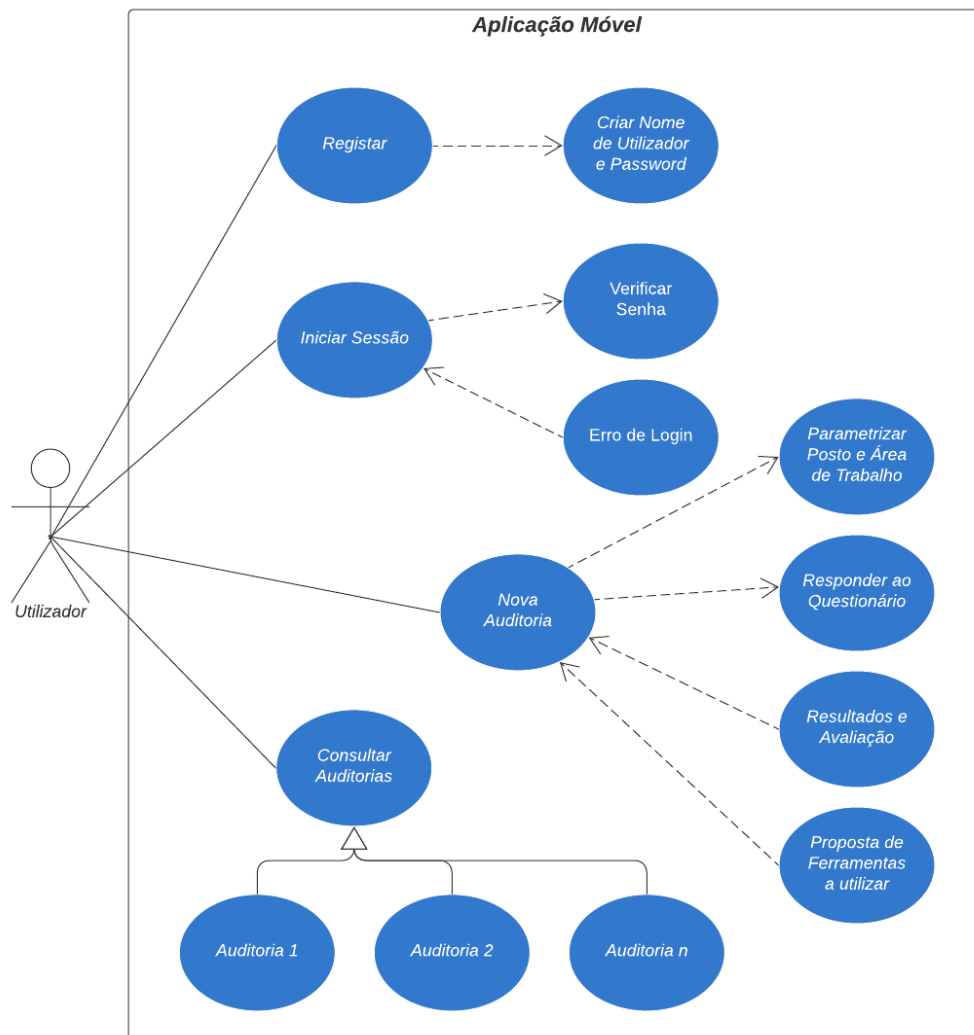


Figura 3.17: Caso de uso UML.

As funcionalidades base são: registar um utilizador na aplicação através de um nome e uma palavra-passe; iniciar sessão com um utilizador registado que, por sua vez, será verificado; realizar auditorias; e consultar auditorias.

Seguidamente, projetou-se um diagrama de classe UML (Figura 3.18) que representa a estrutura e a relação das classes que deverão ser criadas.

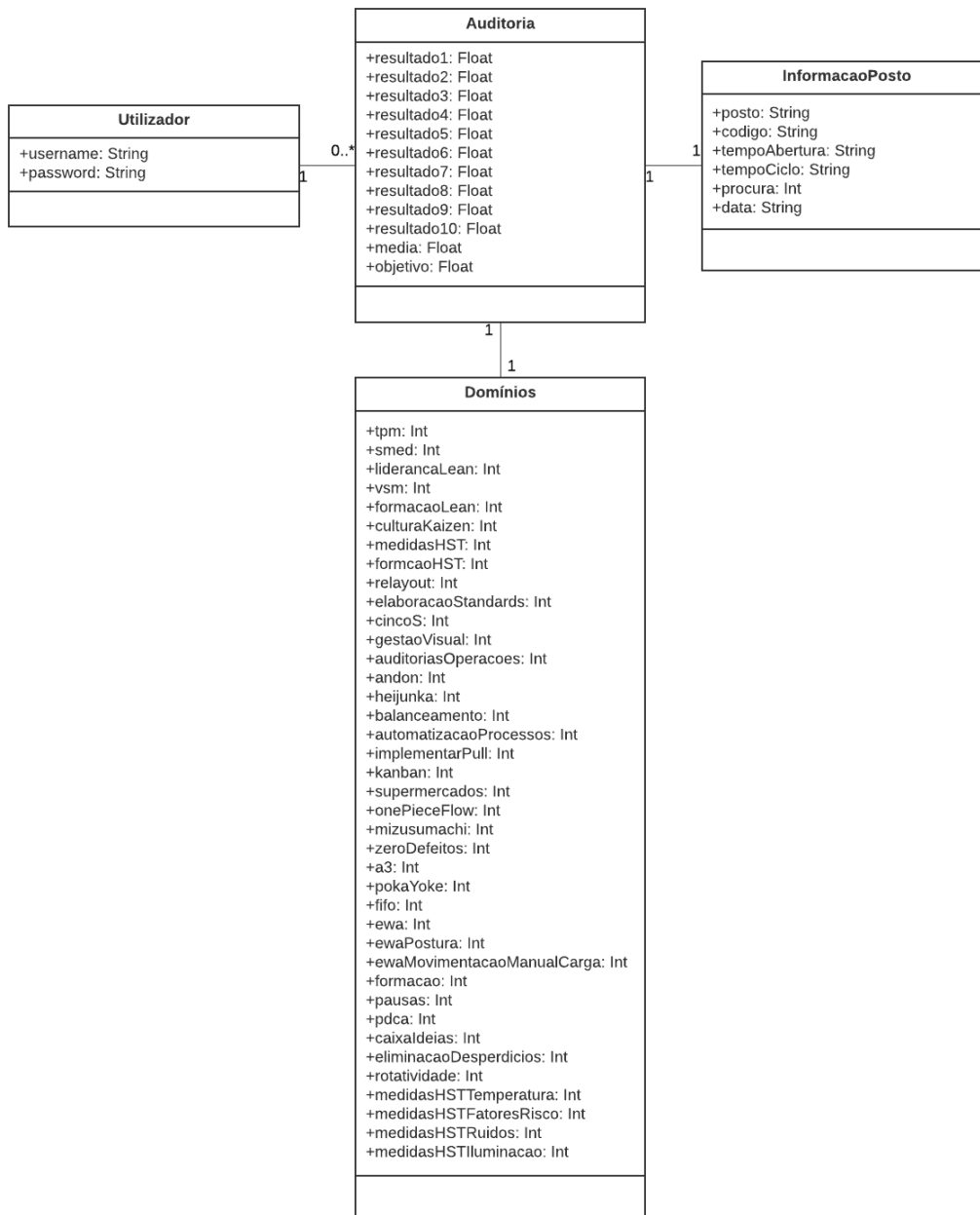


Figura 3.18: Diagrama de classe UML.

Através do diagrama pode-se constatar que a cada utilizador, composto por um nome e uma palavra-passe, poderão corresponder as auditorias que desejar, no entanto, uma auditoria apenas poderá corresponder a um utilizador. Uma auditoria será composta pelos resultados de cada item, a média desses resultados, o objetivo, a informação do posto e os domínios.

Para terminar, desenvolveu-se um *mockup* (Figura 3.19) para projetar as interfaces da aplicação e avaliar a usabilidade e o *design* das mesmas.

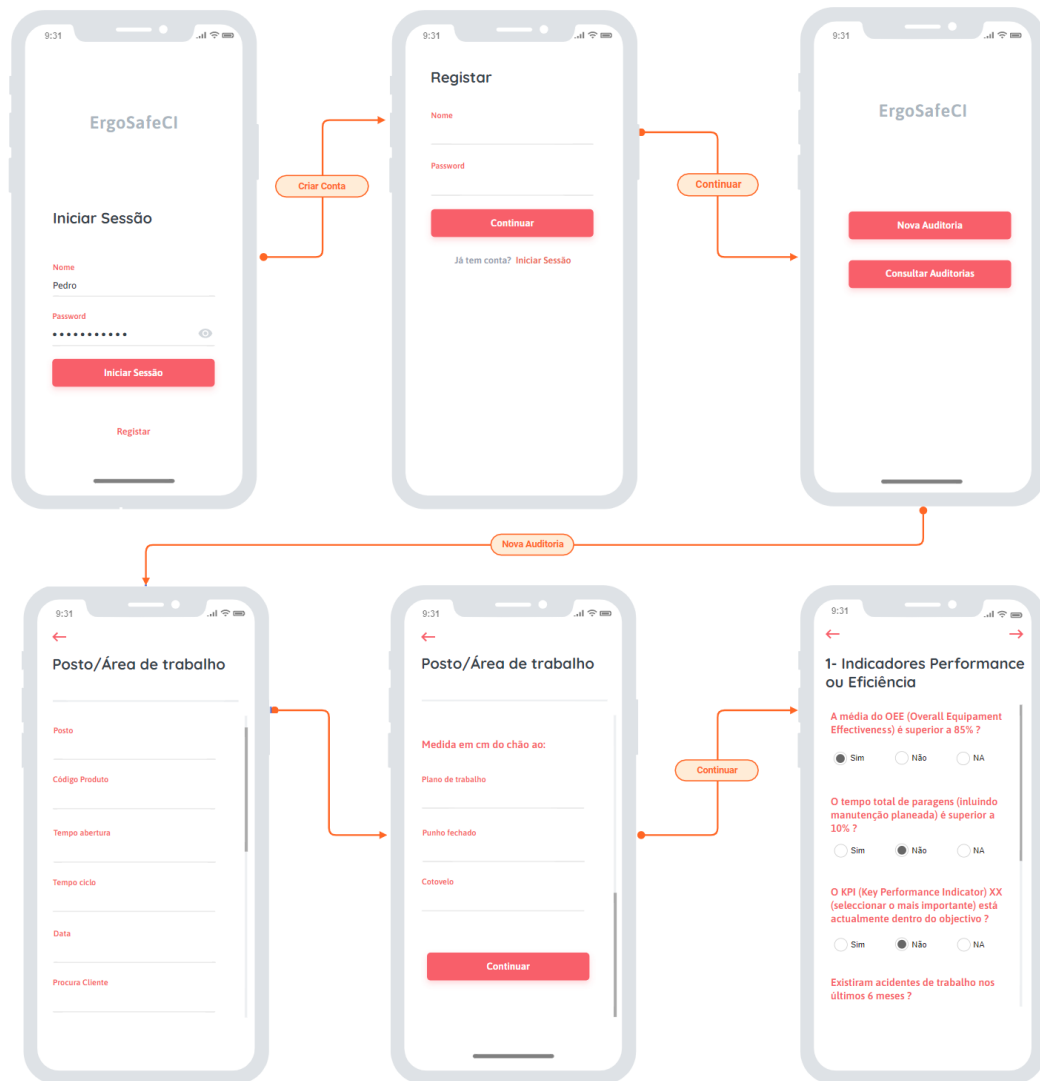


Figura 3.19: Modelo de layout para a aplicação móvel.

### 3.4 Desenvolvimento da APP

Concluídas as fases de avaliação da ferramenta, planeamento das melhorias a implementar e modelação, iniciou-se o desenvolvimento da aplicação móvel utilizando o *software* Android Studio e a linguagem de programação Kotlin. Ao longo deste subcapítulo serão demonstradas listagens com excertos do código desenvolvido, assim como, todas as interfaces da aplicação. No Anexo B é disponibilizado um manual de utilizador para melhor compreensão do funcionamento da APP.

### 3.4.1 Escolha do *software* e linguagem de programação

Inicialmente, procedeu-se à escolha do *software* para realizar o desenvolvimento da aplicação e respectiva linguagem de programação. Foram considerados vários *softwares*, como por exemplo, Unity, Android Studio e várias plataformas *low-code* (OutSystems, AppGyver, etc) prontas a serem utilizadas em qualquer *browser*.

As plataformas *low-code* acabaram por ser descartadas uma vez que requerem uma aprendizagem do próprio *software*, apesar de não ser necessário programar. Contudo, dispõem de funcionalidades fáceis e intuitivas, que corresponde exatamente ao objetivo pela qual foram criadas, no entanto, quando se trata de algo mais complexo não se torna tão compensatório o seu uso.

O motor de jogo Unity apesar de estar direcionado para o desenvolvimento de jogos e aplicações 3D foi considerado por possibilitar o funcionamento da aplicação em Android e iOS, no entanto, não era o mais apropriado ao pretendido.

A opção recaiu sobre o Android Studio, por estar disponível para os sistemas operativos Windows, macOS e Linux e ser um *software* dedicado ao desenvolvimento de aplicações Android, o que facilita na pesquisa de informação para o desenvolvimento do trabalho e na própria adaptação. Também possui um editor de *layout* visual que permite a criação de interfaces através do sistema *drag and drop*, que se revela, numa fase inicial, uma técnica mais simples e de fácil aprendizagem. As linguagens de programação disponíveis são Kotlin, Java e C, sendo que a escolhida foi Kotlin por ser uma linguagem moderna, possuir sintaxe simples e concisa e o Android Studio dispor de um editor de código inteligente que fornece “completação de código”, permitindo escrever um código com maior qualidade e ser mais produtivo. Por fim, possibilita a funcionalidade de testar o projeto através de um simulador virtual de uma forma bastante rápida sem a necessidade de um dispositivo físico.

### 3.4.2 Criação dos *layouts* e desenvolvimento do código

Primeiramente, foram criados os *layouts* para as páginas, idênticos aos idealizados nos *mockups*, e de seguida o código necessário para o funcionamento da ferramenta ErgoSafeCI.

Na Figura 3.20 podem observar-se as primeiras interfaces com que o utilizador interage ao abrir a aplicação. O utilizador poderá iniciar sessão caso o pretenda fazer, ou então, registar uma nova conta caso não possua nenhuma ou até mesmo se pretender utilizar outra conta para realizar auditorias, visto que, o histórico de auditorias esta associado a cada conta. Só desta forma é possível avançar para o próximo menu, que permite ao utilizador iniciar uma nova auditoria, consultar auditorias já realizadas ou terminar a sessão.

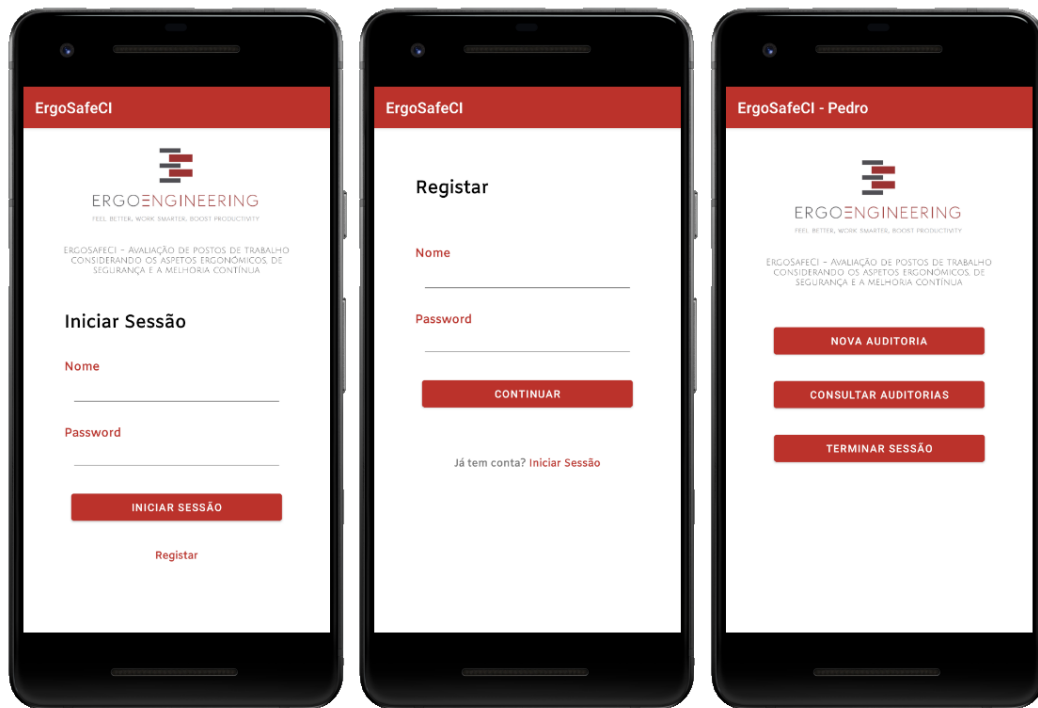
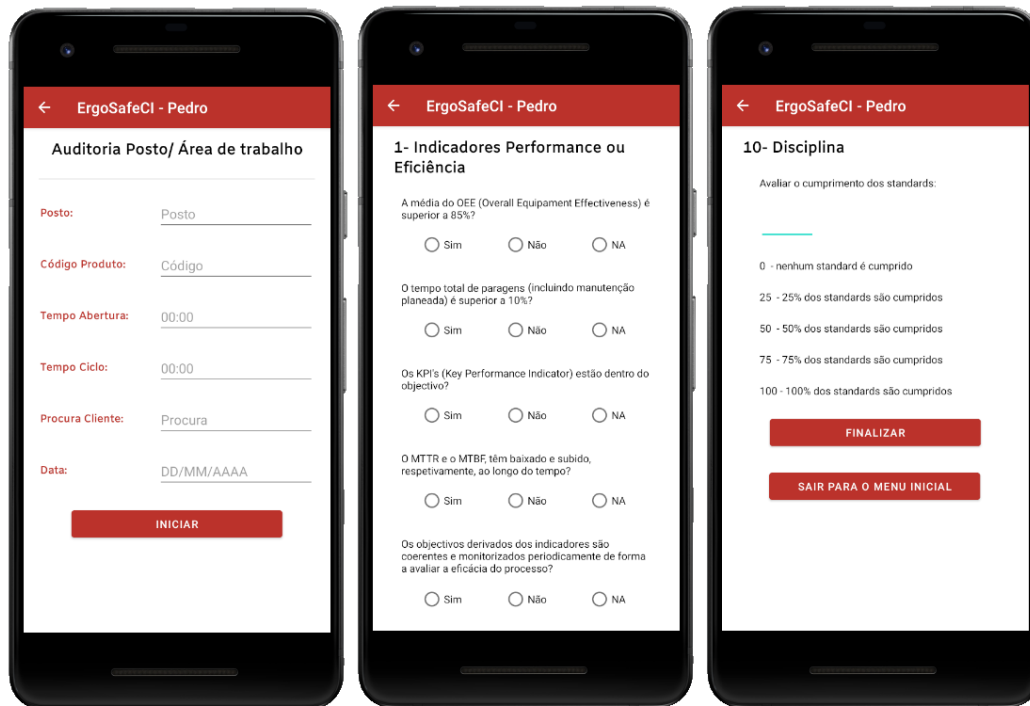


Figura 3.20: *Layouts* das páginas iniciar sessão, registar e menu.

Ao iniciar uma nova auditoria, o utilizador deverá indicar algumas informações sobre o posto e de seguida dar início ao questionário. Para responder basta seleccionar a resposta pretendida, sendo que, no item 10 que corresponde à disciplina deverá indicar um dos valores permitidos (Figura 3.21).

A qualquer momento durante o questionário o utilizador é obrigado a responder a todos os campos para poder prosseguir para a próxima fase. Uma mensagem temporária de aviso irá aparecer no ecrã caso não seja preenchido algum parâmetro ou respondida alguma pergunta.

Figura 3.21: *Layout* do questionário.

Cada página do questionário corresponde a um item anteriormente definido e funcionam da mesma forma, por isso, o código desenvolvido é semelhante a todas. Nas próximas Listagens será utilizado código referente ao primeiro item como forma de exemplo.

Assim que o utilizador pressiona o botão “iniciar”, “continuar” ou “finalizar” é verificado se todas as perguntas obtêm resposta, através do código apresentado na Listagem 3.1.

---

```
1 val button = findViewById<Button>(R.id.continuar)
2 button.setOnClickListener {
3     var radioGroup = findViewById<RadioGroup>(R.id.radioGroup)
4     val selectedOption: Int = radioGroup!!.checkedRadioButtonId
5
6     var radioGroup2 = findViewById<RadioGroup>(R.id.radioGroup2)
7     val selectedOption2: Int = radioGroup2!!.checkedRadioButtonId
8
9     var radioGroup3 = findViewById<RadioGroup>(R.id.radioGroup3)
10    val selectedOption3: Int = radioGroup3!!.checkedRadioButtonId
11
12    var radioGroup4 = findViewById<RadioGroup>(R.id.radioGroup4)
13    val selectedOption4: Int = radioGroup4!!.checkedRadioButtonId
14
15    var radioGroup5 = findViewById<RadioGroup>(R.id.radioGroup5)
16    val selectedOption5: Int = radioGroup5!!.checkedRadioButtonId
17
18    if (selectedOption==-1||selectedOption2==-1||selectedOption3
19        ==-1||selectedOption4==-1||selectedOption5==-1){
20        Toast.makeText(this,"Responda a Todas as Questoes",Toast.
21            LENGTH_LONG).show()
22        return@setOnClickListener
23    }
24    (...)
```

---

Listagem 3.1: Verificação das respostas às questões.

Se prosseguir para a próxima página será calculada a pontuação do item e definidos os domínios a trabalhar, se necessário (Listagem 3.2).

---

```

1 (... )
2     var radioButton = findViewById<RadioButton>(selectedOption)
3     var fracao = adicionador(Fracao(0,0), radioButton.text.
4         toString(), "Sim")
5     if (radioButton.text.toString().equals("Nao"))
6         auditoria.areas.tpm++
7
8     radioButton = findViewById<RadioButton>(selectedOption2)
9     fracao = adicionador(fracao, radioButton.text.toString(), "Sim")
10    if (radioButton.text.toString().equals("Sim"))
11        auditoria.areas.smed++
12
13    radioButton = findViewById<RadioButton>(selectedOption3)
14    fracao= adicionador(fracao, radioButton.text.toString(), "Sim")
15    if (radioButton.text.toString().equals("Nao"))
16        auditoria.areas.tpm++
17
18    radioButton = findViewById<RadioButton>(selectedOption4)
19    fracao= adicionador(fracao, radioButton.text.toString(), "Sim")
20    if (radioButton.text.toString().equals("Nao"))
21        auditoria.areas.tpm++
22
23    radioButton = findViewById<RadioButton>(selectedOption5)
24    fracao= adicionador(fracao, radioButton.text.toString(), "Sim")
25    if (radioButton.text.toString().equals("Nao"))
26        auditoria.areas.tpm++
27
28    if (fracao.denominador==0) auditoria.resultado1=-1f
29    else auditoria.resultado1=fracao.numerador.toFloat()/fracao.
30        denominador
31
32    val intent = Intent(this, Item2::class.java)
33    startActivity(intent)
34 }

```

---

Listagem 3.2: Pontuação e domínios a trabalhar.

A cada pergunta está associado manualmente um domínio, uma resposta “positiva” e consequentemente uma “negativa”, sendo que, se todas as respostas fossem “positivas” o posto seria o mais produtivo, seguro, ergonómico e *Lean* possível. Sempre que a resposta for “negativa” será acrescentado um ponto ao domínio ou aos vários domínios associados à pergunta.

A pontuação do item também é calculada através desse sistema de respostas. Para isso, foi criada uma função chamada adicionador demonstrada na Listagem 3.3.

---

```
1 fun adicionador(fracao:Fracao, resposta:String, respostaPositiva:
    String): Fracao{
2     var numerador = fracao.numerador
3     var denominador = fracao.denominador
4     if (resposta.equals(respostaPositiva)) {
5         numerador += 1
6         denominador += 1
7     }
8     else if (!resposta.equals("NA")) {
9         denominador += 1
10    }
11    return Fracao(numerador, denominador)
12 }
```

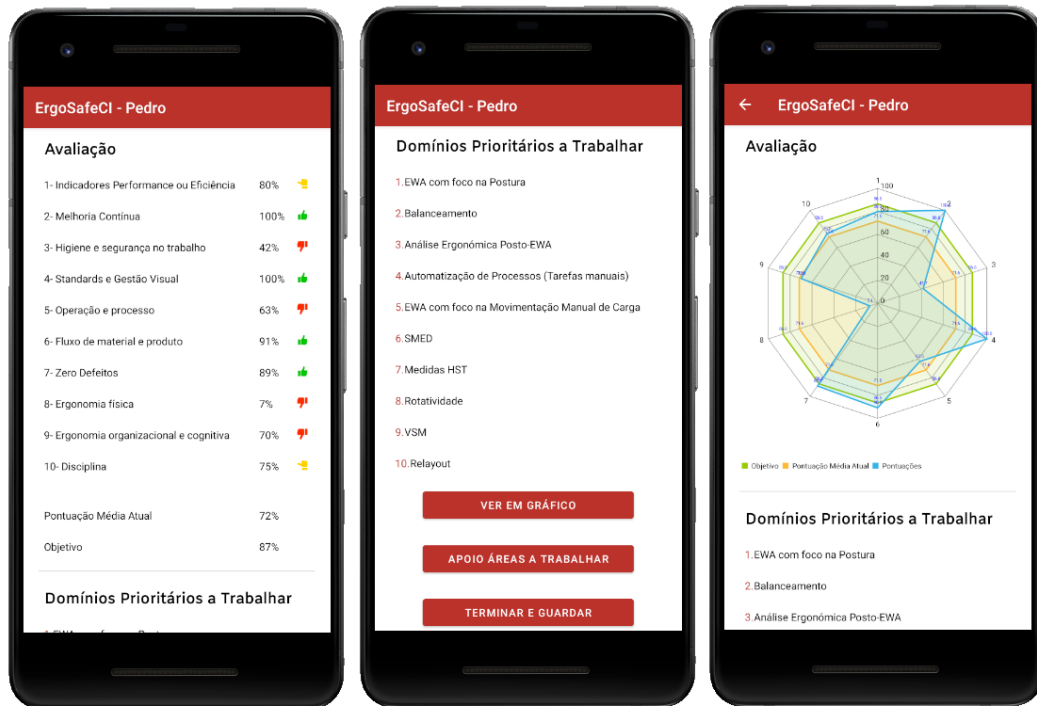
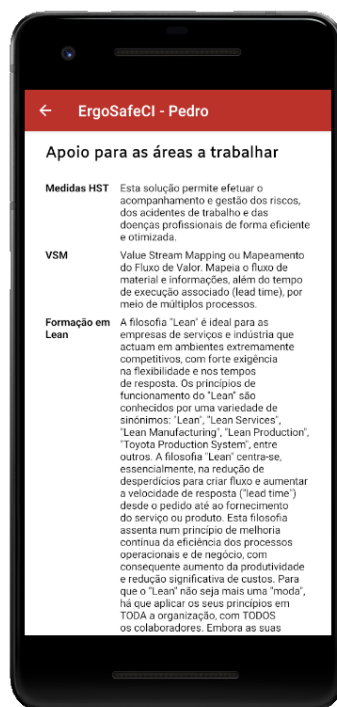
---

Listagem 3.3: Função adicionador.

Se a resposta do utilizador for a resposta “positiva” à pergunta será adicionada uma unidade ao numerador e ao denominador. Por outro lado, se a resposta for a “negativa” irá apenas adicionar uma unidade ao denominador. Por último, se o utilizador selecionar a opção NA a pergunta será ignorada e a função não irá adicionar nenhuma unidade nem ao numerador nem ao denominador.

Depois de todas as perguntas passarem por este processo é finalmente calculada a pontuação do item fazendo a divisão do numerador pelo denominador como demonstrado no final da Listagem 3.2. Se o denominador for zero, então todas as questões foram respondidas como não aplicáveis e na apresentação de resultados será mostrado que o item não é aplicável ao posto de trabalho em questão.

Terminado o questionário, são apresentadas as pontuações de cada item, a pontuação média, o objetivo e os domínios prioritários a trabalhar. As pontuações podem ser analisadas em texto acompanhadas de um sinal positivo, neutro ou negativo para facilitar a interpretação, ou então, num gráfico radial (Figura 3.22). Além disso, é disponibilizado um glossário que ajuda na compreensão das áreas/domínios a trabalhar, se necessário (Figura 3.23). O gráfico foi conseguido adicionando uma biblioteca composta por vários tipos de gráfico e de fácil utilização, chamada “*MPAndroidChart*” e criada por Philipp Jahoda [65].

Figura 3.22: *Layout* dos resultados.Figura 3.23: *Layout* do glossário para apoio às áreas a trabalhar.

Os resultados são calculados como apresentados na Listagem 3.4. Como se pode verificar, as pontuações dos itens já foram calculadas ao longo da auditoria sendo, por isso, apenas necessário transformar em valores percentuais. Os itens não aplicáveis não entram para o cálculo da média, o que torna o resultado mais preciso. A variável *count* serve para colocar o valor da média a zero antes do cálculo da mesma, de maneira a não guardar o valor da auditoria anterior e interferir no resultado das próximas. O objetivo corresponde a um valor superior em 15% relativamente ao valor médio.

---

```

1 //Resultado item 1
2 if (auditoria.resultado1 == -1f) findViewById<TextView>(R.id.
    Resultado1).setText("Nao Aplicavel")
3 else findViewById<TextView>(R.id.Resultado1).setText((auditoria.
    resultado1 * 100).roundToInt().toString() + "%")
4 //Media
5 var count = 0
6 if (auditoria.resultado1 != -1f) {
7     auditoria.media+=auditoria.resultado1
8     count++
9 }
10 (..)
11 if (auditoria.resultado10 != -1f) {
12     auditoria.media+=auditoria.resultado10
13     count++
14 }
15 auditoria.media/=count
16 findViewById<TextView>(R.id.Media).setText((auditoria.media * 100)
    .roundToInt().toString() + "%")
17 //Objetivo
18 if (auditoria.media > 0.85) auditoria.objetivo = 1f
19 else auditoria.objetivo = auditoria.media + 0.15f
20 findViewById<TextView>(R.id.Objetivo).setText((auditoria.objetivo
    * 100).roundToInt().toString() + "%")

```

---

Listagem 3.4: Apresentação dos resultados.

Os domínios são ordenados através da função *lista* (Listagem 3.5) e são apresentados os dez primeiros, considerados prioritários de um total de trinta e nove, uma vez que melhoram os itens mais críticos da avaliação.

Quando o questionário é finalizado, à medida que os domínios são individualmente introduzidos numa lista, comparam-se entre si e ordenam-se do valor maior para o menor, ou seja, do mais prioritário ao menos prioritário.

```
1 fun lista(listaInicial: MutableList<Area>, variavel: Area):  
    MutableList<Area> {  
2     if (listaInicial.size == 0) {  
3         listaInicial.add(variavel)  
4         return listaInicial  
5     }  
6     var index = listaInicial.size  
7     for (i in 0..listaInicial.size -1) {  
8         if (listaInicial.get(i).valor < variavel.valor) {  
9             index = i  
10            break  
11        }  
12    }  
13    listaInicial.add(index, variavel)  
14    return listaInicial  
15 }
```

Listagem 3.5: Função lista.

Por último, a maior vantagem do uso da aplicação móvel face à versão da ferramenta em Microsoft Excel, o histórico de auditorias. O utilizador poderá consultar todas as auditorias já realizadas apenas clicando no botão de “consultar auditorias” no menu inicial (Figura 3.24). O conteúdo das auditorias será disposto como na Figura 3.25.

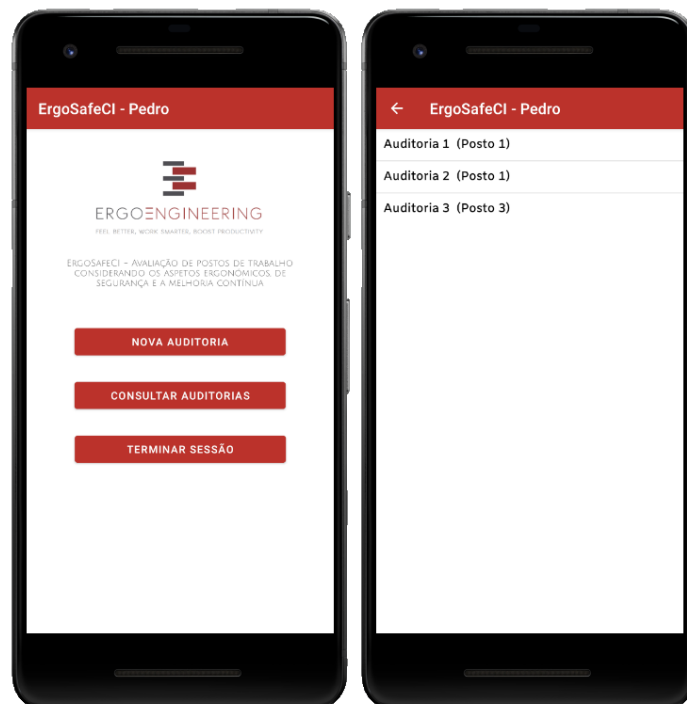


Figura 3.24: Layout da lista de auditorias.

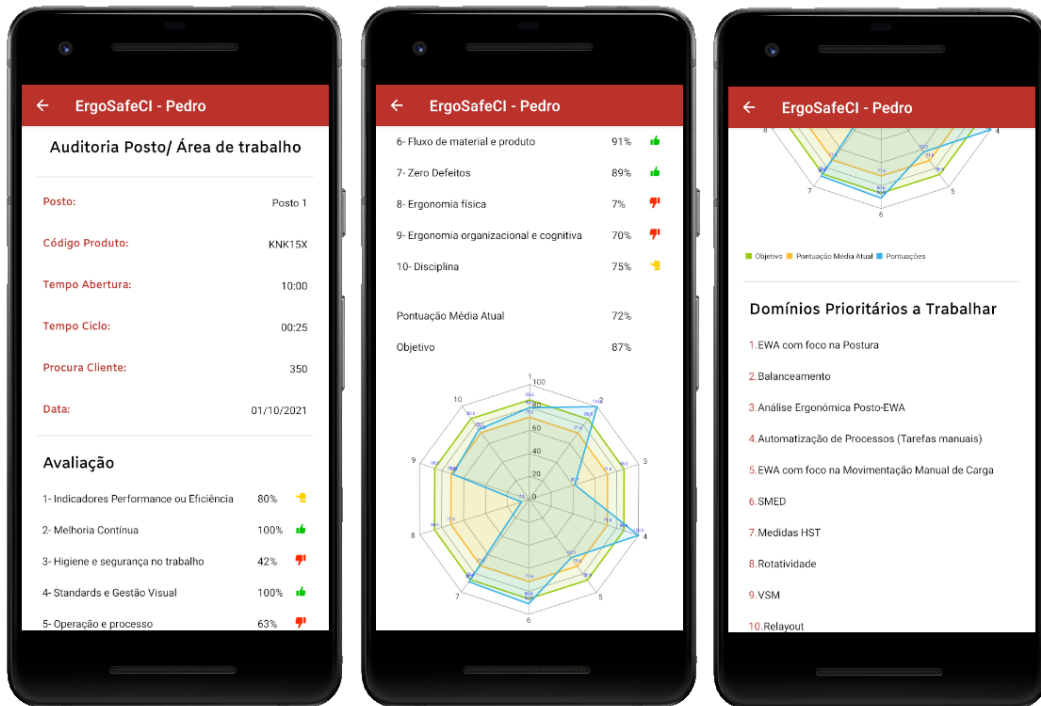


Figura 3.25: *Layout* do histórico de auditorias.

### 3.4.3 Implementação do histórico de auditorias

Como referido ao longo do trabalho, o histórico de auditorias está associado a uma conta registada na aplicação. Para registar uma conta basta introduzir o nome de utilizador desejado, com mais de três dígitos e ainda não existente, e definir uma palavra-passe com mais de seis dígitos, caso contrário irá aparecer uma mensagem de erro a explicar ao utilizador o porquê do mesmo ter acontecido. Este processo é feito através da função registo apresentada na Listagem 3.6.

```

1 fun registo(username: String, password: String): Int {
2     if (username.length < 3) return 1
3     if (password.length < 6) return 2
4     val usersIterator = utilizadores.iterator()
5     while (usersIterator.hasNext()) {
6         if (usersIterator.next().username.equals(username)) return 3
7     }
8     utilizadores.add(Utilizador(username, password, mutableListOf<
9         Auditoria>()))
10    return 0
11 }

```

Listagem 3.6: Função registo.

O início de sessão funciona de forma idêntica, o utilizador insere o nome e a palavra-passe e de seguida é verificado se conta existe e se a palavra-passe está correta.

Relativamente ao histórico, à medida que o utilizador realiza auditorias, são acrescentadas as mesmas por ordem de realização à lista que é apresentada quando o utilizador clica no botão “consultar auditorias”, indicando o posto que foi auditado para facilitar a pesquisa. O código desenvolvido para esta funcionalidade é mais complexo e extenso, sendo por isso inspirado numa referência documental [66]. O mesmo acontece quando se trata de gravar as contas e as respectivas auditorias [67].



## Capítulo 4

# Conclusões

*Este capítulo destina-se à apresentação dos principais tópicos inerentes ao trabalho realizado. Além disso, serão abordados os objetivos inicialmente definidos e possíveis desenvolvimentos futuros.*

### 4.1 Conclusões do trabalho realizado

Após a realização do trabalho desenvolvido conclui-se que a temática do *Lean* continua bastante atual apesar de surgir no início do século XX. Isto, deve-se à constante adaptação e melhoria desta filosofia de gestão. Atualmente, o principal desafio prende-se com a conjugação da abordagem *Lean* e a saúde e segurança no trabalho. Através da consideração de aspectos ergonómicos é possível relacionar estes dois conceitos com a finalidade de aumentar a produtividade e reduzir desperdícios.

De maneira a avaliar a implementação destes conceitos devem ser realizadas auditorias, sabendo que existe uma grande variedade de práticas relativas ao *Lean*, o que pode tornar a sua implementação num processo difícil e perceptível a falhas, essencialmente pela não compreensão dessas mesmas práticas e o uso incorreto de ferramentas. Por isso, as auditorias não só devem ser utilizadas como forma de medição, mas também como auxílio, em todas as fases, no processo de implementação.

Assim sendo, a introdução bem sucedida de novos paradigmas de produção como o *Lean Manufacturing*, depende essencialmente de uma abordagem orientada para o fator humano. O uso de ferramentas de apoio à decisão, como métodos de avaliação de risco ergonómico e simulações baseadas em computador, representa uma

grande contribuição para a concepção dos sistemas *Lean Manufacturing*, permitindo a aplicação e integração dos princípios de ergonomia e segurança no projeto [68].

Mais de vinte investigadores tentaram desenvolver vários métodos e procedimentos para quantificar o quão *Lean* é um processo, ou seja, o nível de *leanness*. Também foram realizados muitos estudos quantitativos e qualitativos, e propostas inúmeras técnicas de avaliação [38].

As auditorias também ajudaram as organizações a sustentar o *Lean* e, além disso, fornecem uma excelente maneira de determinar se as sugestões anteriores foram postas em prática e se obtiveram melhorias, ou se foram negligenciadas contribuindo para o desperdício. Quando bem feitas, as auditorias são um instrumento de medição muito poderoso. Quando mal feitas, são quase inúteis [69].

Posto isto, o objetivo principal deste trabalho era desenvolver uma aplicação móvel baseada na ferramenta de avaliação de postos de trabalho ErgoSafeCI. Esse objetivo foi conseguido e desenvolvido através do *software* Android Studio, utilizando a linguagem de programação Kotlin. Além disso, a estrutura proposta possibilita uma maneira fácil e cómoda de realizar auditorias, e armazena todas as auditorias realizadas para que, num momento futuro, seja possível fazer comparações e determinar a sua eficácia.

De realçar que a ferramenta não mostra apenas os resultados relativos ao posto de trabalho. Esta, identifica os itens mais críticos e auxilia o utilizador na melhoria dos mesmos, propondo ferramentas ou filosofias a serem implementadas no processo de produção, integrando o desempenho com a saúde e bem-estar do trabalhador.

Por fim, este trabalho teve uma contribuição para conhecimento científico através da escrita de um artigo, presente no Anexo C.

## 4.2 Trabalho Futuro

Em termos de trabalho futuro, para além da melhoria contínua e adaptação a novas realidades da ferramenta e a optimização do *software*, será interessante testar a APP em contextos reais e obter resultados.

As melhorias que se podem evidenciar, de momento, são: a criação de um menu de navegação entre itens, permitindo assim alternar mais rapidamente entre os mesmos; um sistema de recuperação de conta, por exemplo, através de um *e-mail* associado à mesma; e um sistema de pesquisa na lista de auditorias, que funcionaria através da indicação da data ou nome do posto, como forma de ajudar a encontrar uma auditoria realizada anteriormente.

Também seria interessante que na apresentação de resultados, quando é finalizada uma auditoria, fosse dado o seguimento para outras ferramentas dedicadas à avaliação de um item em específico. Ou seja, o utilizador depois de obter os resultados teria a opção de fazer uma nova auditoria individual aos itens mais críticos, de

maneira a adquirir uma avaliação mais precisa e uma indicação mais clara do que fazer.

Quanto à aplicação da APP em contexto real, poderá ser feita não só a nível industrial mas também em áreas administrativas para se verificar a exatidão da mesma em diferentes setores.

Em suma, o presente trabalho consiste na melhoria de uma ferramenta bastante útil que incentiva a melhoria contínua considerando vários fatores fundamentais e que possibilita o aumento da produtividade em todas as organizações, por isso, a busca constante de oportunidades de melhoria também deve estar presente na evolução desta ferramenta.



# Referências

- [1] R. A. M. Shamah, “A model for applying lean thinking to value creation,” *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 4, no. 2, pp. 204–224, 2013. [Citado na página 1]
- [2] V. Sharma, A. R. Dixit, and M. A. Qadri, “Modeling lean implementation for manufacturing sector,” *Journal of Modelling in Management*, vol. 11, no. 2, pp. 405–426, 2016. [Citado na página 1]
- [3] S. M. Zahraee, “A survey on lean manufacturing implementation in a selected manufacturing industry in iran,” *International Journal of lean Six Sigma*, vol. 7, no. 2, pp. 136–147, 2016. [Citado na página 1]
- [4] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *The Machine that Changed the World*. New York, NY: Free Press, Simon & Schuster, 1990. [Citado nas páginas 1, 7 e 8]
- [5] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, NY: Free Press, Simon & Schuster, 1996, Segunda Edição, 2003. [Citado nas páginas 2, 8, 9, 10, 11, 15 e 16]
- [6] W. C. Benton, J. J. Cochran, L. A. Cox, P. Keskinocak, J. P. Kharoufeh, and J. C. Smith, “Just-in-time/lean production systems,” *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, 2011. [Citado na página 2]
- [7] A. A. Naranjo-Flores and E. Ramírez-Cárdenas, “Human factors and ergonomics for lean manufacturing applications,” *Lean Manufacturing in the Developing World. Springer, Cham*, pp. 281–299, 2014. [Citado na página 2]
- [8] C. Alayón, K. Säfsten, and G. Johansson, “Conceptual sustainable production principles in practice: do they reflect what companies do?,” *Journal of Cleaner Production*, pp. 693–701, 2016. [Citado na página 2]
- [9] R. M. Yusuff and N. S. Abdullah, “Ergonomics as a lean manufacturing tool for improve-ments in a manufacturing company,” *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, vol. 8, no. 10, pp. 581–588, 2016. [Citado na página 2]
- [10] J. J. Galante, “lean ergonomics,” *Technical Paper - Society of Manufacturing Engineers*, 2014. [Citado na página 2]

- [11] F. Aqlan, S. S. Lam, M. Testani, and S. Ramakrishnan, “Ergonomic risk reduction to enhance lean transformation,” *IIE Annual Conference and Expo 2013*, pp. 989–997, 2013. [Citado na página 2]
- [12] J. K. Liker, *Becoming lean: Inside Stories of US Manufacturers*. New York, NY: Productivity Press, 1997. [Citado na página 2]
- [13] H. Wan and F. F. Chen, “Decision support for lean practitioners: A web-based adaptive assessment approach,” *Computers in Industry*, vol. 60, no. 4, pp. 277–283, 2009. [Citado nas páginas 2 e 17]
- [14] J. Liker and M. Rother, “Why lean programs fail,” *Lean Enterprise Institute*, pp. 1–5, 2011. [Citado na página 2]
- [15] T. Bortolotti, S. Boscari, and P. Danese, “Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices,” *International Journal of Production Economics*, vol. 160, pp. 182–201, 2015. [Citado na página 2]
- [16] A. Gupta and T. K. Kundra, “A review of designing machine tool for leanness,” *Sadhana*, vol. 37, no. 2, pp. 241–259, 2012. [Citado na página 2]
- [17] L. Dekier, “The origins and evolution of lean management system,” *Journal of International Studies*, vol. 5, no. 1, pp. 46–51, 2012. [Citado nas páginas 7, 8, 12 e 13]
- [18] Toyota, “Toyota production system: Company information vision & philosophy.” Disponível em <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/>. (Último acesso em 10/2021). [Citado na página 8]
- [19] J. P. Pinto, *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel, 2009. [Citado nas páginas vii, 9, 10 e 15]
- [20] M. Rother and J. Shook, *Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. Cambridge, MA, USA: Lean Enterprise Institute, 1998, Versão 1.4 Outubro 2009. [Citado nas páginas 10 e 11]
- [21] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, Oregon: Productivity Press, 1988. [Citado na página 10]
- [22] M. C. C. Werkema, *Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing*. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006. [Citado nas páginas vii, 10, 11, 12 e 14]
- [23] T. Melton, “The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries,” *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 83(A6), pp. 662–673, 2005. [Citado nas páginas vii, 11 e 12]

- 
- [24] S. E. Birkie, P. Trucco, and M. Kaulio, “Sustaining performance under operational turbulence: the role of lean in engineer-to-order operations,” *International Journal of Lean Six Sigma*, 2017. [Citado na página 12]
- [25] S. J. Raval, R. Kant, and R. Shankar, “Revealing research trends and themes in lean six sigma: from 2000 to 2016,” *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 9, no. 3, pp. 399–443, 2018. [Citado na página 12]
- [26] R. V. Narang, “Some issues to consider in lean production,” *First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology*, 2008. [Citado na página 12]
- [27] P. M. Arezes, J. D. Carvalho, and A. C. Alves, “Threats and opportunities for workplace ergonomics in lean environments,” 2010. [Citado na página 14]
- [28] J. S. R. I. S. Ahuja, “5s - a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions,” *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 34, 2017. [Citado na página 14]
- [29] T. Osada, *The 5-S: Five Keys to a Total Quality Environment*, Asian Productivity Organization. Tokyo: Asian Productivity Organization, 1991. [Citado na página 14]
- [30] H. Hirano, *5 Pillars of the visual workplace: The sourcebook for 5S implementation*. New York: Productivity Press, 1995. [Citado na página 14]
- [31] J. Michalska and D. Szewieczek, “The 5s methodology as a tool for improving the organisation,” *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 24, 2007. [Citado na página 14]
- [32] K. Suzaki, *Gestão de Operações Lean: Metodologia Kaizen Para a Melhoria Contínua*. Mansores: LeanOp Press, 2010. [Citado nas páginas 15 e 16]
- [33] R. Sundar, A. N. Balaji, and R. M. SatheeshKumar, “A review on lean manufacturing implementation techniques,” *Procedia Engineering*, vol. 97, pp. 1875–1885, 2014. [Citado na página 15]
- [34] F. Bohnen, T. Maschek, and J. Deuse, “Leveling of low volume and high mix production based on a group technology approach,” *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 4, pp. 247–251, 2011. [Citado na página 15]
- [35] S. Emery, E. Cudney, and S. Long, “An evaluation of lean technique effectiveness,” in *IIE Annual Conference*, (Norcross), pp. 1108–1113, 2009. [Citado na página 15]

- [36] S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing: the SMED System*. Portland, OR: Productivity Press, 1985. [Citado na página 15]
- [37] M. L. Emiliani, “Standardized work for executive leadership,” *Leadership & Organization Development Journal*, vol. 29, no. 1, pp. 24–46, 2008. [Citado na página 15]
- [38] G. Narayanamurthy and A. Gurumurthy, “Leanness assessment: a literature review,” *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 36, no. 10, 2016. [Citado nas páginas 16 e 44]
- [39] H. Wan and F. F. Chen, “A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives,” *International Journal of Production Research*, vol. 46, no. 23, pp. 6567–6584, 2008. [Citado nas páginas 16 e 17]
- [40] M. F. Brito, A. L. Ramos, P. Carneiro, and M. A. Gonçalves, “A continuous improvement assessment tool, considering lean, safety and ergonomics,” *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 11, no. 5, pp. 879–902, 2020. [Citado nas páginas 16, 19, 21 e 22]
- [41] C. Karlsson and P. Åhlström, “Assessing changes towards lean production,” *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 16, no. 2, pp. 24–41, 1996. [Citado na página 16]
- [42] P. Hines and N. Rich, “The seven value stream mapping tools,” *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 17, no. 1, pp. 46–64, 1997. [Citado na página 16]
- [43] R. B. Detty and J. C. Yingling, “Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study,” *International Journal of Production Research*, vol. 38, no. 2, pp. 429–445, 2000. [Citado na página 16]
- [44] A. M. Sánchez and M. P. Pérez, “Lean indicators and manufacturing strategies,” *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 21, no. 11, pp. 1433–1452, 2001. [Citado na página 16]
- [45] R. E. Goodson, “Read a plant-fast,” *International Journal of Production Research*, vol. 80, no. 5, pp. 105–113, 2002. [Citado na página 16]
- [46] J. Srinivasaraghavan and V. Allada, “Application of mahalanobis distance as a lean assessment metric,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 29, p. 1159–1168, 2006. [Citado na página 17]
- [47] G. A. M. Tarcisio Abreu Saurin and J. L. D. Ribeiro, “Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study,”

- International Journal of Production Research*, vol. 49, no. 11, pp. 3211–3230, 2011. [Citado na página 17]
- [48] M. L. Comelli, Y. M. Veras de Carvalho, R. C. Marinho, L. F. Cândido, and J. P. Barros Neto, “Assessing the level of implementation of lean construction: An audit protocol,” in *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, (Dublin, Ireland), pp. 999–1022, 2019. [Citado na página 17]
- [49] J. I. M. N. J. Ricardo, “Avaliação de riscos e estudo de ergonomia: análise de atividade logística e linha de montagem na indústria automóvel.” <http://hdl.handle.net/10400.26/11180>, 2015. [Citado na página 17]
- [50] J. E. Fernandez, “Ergonomics in the workplace,” *Facilities*, vol. 13, no. 4, pp. 20–227, 1995. [Citado nas páginas 17 e 18]
- [51] I. L. Nunes, “Integration of ergonomics and lean six sigma: a model proposal,” *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 890–897, 2015. [Citado na página 18]
- [52] G. L. Tortorella, L. G. L. Vergara, and E. P. Ferreira, “Lean manufacturing implementation: an assessment method with regards to socio-technical and ergonomics practices adoptionergonomics in the workplace,” *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 89, p. 3407–3418, 2017. [Citado na página 18]
- [53] Z. G. dos Santos, L. Vieira, and G. Balbinotti, “Lean manufacturing and ergonomic working conditions in the automotive industry,” *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 5947–5954, 2015. [Citado na página 18]
- [54] R. Wilson, “Guarding the line,” *Industrial Engineer*, vol. 37, no. 4, pp. 46–49, 2005. [Citado na página 18]
- [55] A. Yazdani, M. Hilbrecht, D. Imbeau, P. Bigelow, W. P. Neumann, M. Pagell, and R. Wells, “Integration of musculoskeletal disorders prevention into management systems: a qualitative study of key informants’ perspectives,” *Safety Science*, vol. 104, pp. 110–118, 2018. [Citado na página 18]
- [56] W. P. Wong, J. Ignatius, and K. L. Soh, “What is the leanness level of your organization in lean implementation? an integrated lean index using anp approach,” *Production Planning & Control: The Management of Operations*, vol. 25, no. 4, pp. 273–287, 2014. [Citado na página 19]
- [57] A. Al-Zuheri, L. Luong, and K. Xing, “A framework for the modelling and optimisation of a lean assembly system design with multiple objectives,” *Smart Manufacturing Innovation and Transformation: Interconnection and Intelligence, IGI Global*, pp. 96–125, 2014. [Citado na página 19]

- [58] C. Jarebrant, J. Winkel, J. J. Hanse, S. E. Mathiassen, and B. Ojmertz, “Ergovsm: a tool for integrating value stream mapping and ergonomics in manufacturing,” *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, vol. 22, no. 6, pp. 191–204, 2016. [Citado na página 19]
- [59] M. T. Gonçalves and K. Salonitis, “Lean assessment tool for workstation design of assembly lines,” *Procedia CIRP*, vol. 60, pp. 386–391, 2017. [Citado na página 19]
- [60] L. Botti, C. Mora, F. Piana, and A. Regattieri, “The impact of ergonomics on the design of hybrid multi-model production lines in lean manufacturing,” *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 606, pp. 167–178, 2018. [Citado na página 19]
- [61] M. Ahonen, M. Launis, and Kuorinka, *Ergonomic Workplace Analysis*. Helsinki: Institute of Occupational Health, 1989. [Citado na página 19]
- [62] S. Hignett and McAtamney, “Rapid entire body assessment (reba),” *Applied Ergonomics*, vol. 31, no. 2, pp. 201–205, 2000. [Citado na página 19]
- [63] J. Moore and A. Garg, “The strain index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders,” *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 56, pp. 443–458, 1995. [Citado na página 19]
- [64] L. McAtamney and E. Corlett, “Rula: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders,” *Applied Ergonomics*, vol. 24, no. 2, pp. 91–99, 1993. [Citado na página 19]
- [65] P. Jahoda, “Philjay/mpandroidchart.” Disponível em <https://github.com/PhilJay/MPAndroidChart>. (Último acesso em 08/2021). [Citado na página 36]
- [66] TutorialKart, “Kotlin android listview example.” Disponível em <https://www.tutorialkart.com/kotlin-android/kotlin-android-listview-example/>. (Último acesso em 09/2021). [Citado na página 41]
- [67] Javatpoint, “Kotlin android read and write internal storage.” Disponível em <https://www.javatpoint.com/kotlin-android-read-and-write-internal-storage>. (Último acesso em 09/2021). [Citado na página 41]
- [68] I. L. Nunes and V. C. Machado, “Merging ergonomic principles into lean manufacturing,” *Conference Proceedings of IIE Annual Conference and Expo 2007 – Industrial Engineering’s*, pp. 836–841, 2007. [Citado na página 44]
- [69] S. Bhasin, “Measuring the leanness of an organization,” *International Journal of lean Six Sigma*, vol. 2, no. 1, pp. 55–74, 2011. [Citado na página 44]

## Anexo A

# Associação das perguntas aos domínios a trabalhar

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

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

#	3- Higiene e segurança no trabalho	Domínio
13	O índice de frequência é inferior a 40?	Medidas HST
14	O índice de gravidade é inferior a 1?	Medidas HST
15	Existem trabalhadores com doenças profissionais associadas ao trabalho da área ou posto em análise?	Medidas HST
16	A temperatura ambiente é desconfortável ou existem correntes de ar perceptíveis (avaliar no posto/área de trabalho e no local de descanso)?	Medidas HST (Avaliação de temperatura)
17	Existe libertação de gases, fumos ou poeiras no local de trabalho e são devidamente controladas?	Medidas HST (Avaliação de potenciais fatores de risco profissional)
18	O ruído é elevado ou irritante (ex.: perturba a conversação ou concentração do trabalhador)?	Medidas HST (Avaliação de ruídos)
19	A iluminação é boa (ex.: está adequadamente colocada, é estável, o olhar do operador não tem de alternar entre zonas claras e escuras, etc)?	Medidas HST (Avaliação da iluminação)
20	As ferramentas manuais ou os equipamentos produzem vibrações nas mãos, nos braços ou em todo o corpo do trabalhador ?	Automatização de processos e Balanceamento
21	O solo apresenta fendas ou descontinuidades?	Medidas HST
22	A empresa faz e divulga aos seus trabalhadores a avaliação de riscos do posto de trabalho e as medidas/ações para mitigar esses mesmos riscos?	Formação HST
23	A disposição do local de trabalho é susceptível de provocar acidentes?	Relayout e 5S
24	A realização da operação envolve risco de acidentes (ex.: a ferramenta de trabalho escorregadia ou difícil de agarrar, etc) ?	Medidas HST (Avaliação de potenciais fatores de risco profissional)

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

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

#	6- Fluxo de material e produto	Domínio
44	O <i>layout</i> está organizado de forma a que seja possível haver fluxo (ex.: célula de fabrico)?	<i>Relayout</i>
45	O <i>layout</i> é flexível, ajustando-se rapidamente a flutuações da procura de cliente superiores 25%?	<i>Relayout</i>
46	O planeamento é colocado num único posto de produção ( <i>pacemaker</i> )?	Implementar sistema <i>pull</i>
47	A empresa elabora planos de produção, controlo e expedição para os produtos?	Kanban
48	O posto ou linha de produção produz apenas o que o próximo processo necessita e quando necessita?	Implementar sistema <i>pull</i> e Kanban
49	No planeamento da produção de um produto são identificadas restrições ou gargalos ao longo do processo?	Implementar sistema <i>pull</i>
50	São usados supermercados onde não é possível o fluxo contínuo (ex.: <i>setups</i> elevados, processos distantes, etc)?	Supermercados
51	A produção é nivelada?	Heijunka
52	O EPEI ( <i>Every Part Every Interval</i> ) é o menor possível?	SMED
53	É produzida e enviada para o processo seguinte uma peça de cada vez (one-piece flow), em fluxo contínuo, não havendo necessidade de WIP?	One-piece flow
54	O abastecimento de materiais ao posto ou linha produtiva é efectuado de forma normalizada (através de Kanbans e com horário e rota definida) ?	Mizusumachi

#	7- Zero Defeitos	Domínio
55	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?	Zero defeitos
56	A operação produz peças nok de sucata ou <i>rework</i> ?	Zero defeitos
57	Os defeitos são reparados dentro da linha pelo próprio trabalhador que o cometeu?	Zero defeitos
58	Todos os problemas ou desvios aos <i>standards</i> têm um plano de acções associado (PDCA)?	A3
59	O trabalhador ou a equipa ajuda a descobrir a raiz do problema (ex.: usando os 5 porquês)?	A3
60	O problema é corrigido na origem e eliminado para que não volte a ocorrer?	Formação <i>Lean</i> e Zero defeitos
61	Existem sistemas anti-erro (poka-yoke)?	Poka-yoke
62	O cumprimento do FIFO é garantido?	FIFO
63	A empresa elabora planos de controlo onde define as metodologias de controlo? (requisitos, meios, formas, fases, frequências, etc)	FIFO

#	8- Ergonomia física	Domínio
64	O trabalhador adota uma postura essencialmente estática?	EWA com foco na Postura
65	O trabalhador tem espaço suficiente (ex.: espaço de movimentação, espaço para a execução do trabalho)?	Análise ergonómica posto (EWA)
66	O trabalhador tem que usar uma cadeira não ajustável?	Análise ergonómica posto (EWA)
67	A força necessária para executar o trabalho e/ou os pesos manipulados são excessivos (superior a 2Kg)?	EWA com foco na Movimentação Manual de Carga
68	O trabalho exige o uso ou a manipulação frequente de ferramentas manuais?	Automatização de processos e EWA com foco na Postura
69	O esforço é repetido de forma contínua e por pelo menos uma hora?	EWA com foco na Postura
70	O trabalhador é obrigado a repetir as mesmas operações a uma cadência elevada (4X/min)?	EWA com foco na Postura
71	O trabalhador tem que levantar ou transportar pesos elevados (acima de 10Kg)?	EWA com foco na Movimentação Manual de Carga
72	O plano de trabalho parece ser demasiado alto ou baixo para o trabalhador?	Análise ergonómica posto (EWA)
73	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?	Análise ergonómica posto (EWA)
74	O trabalhador adopta alguma das seguintes posturas para efectuar a tarefa: braços levantados (sem apoio), torção e/ou flexão do tronco ou pescoço?	EWA com foco na Postura
75	O trabalhador estende, flecte ou faz rotação do punho para executar a tarefa?	EWA com foco na Postura
76	O trabalhador realiza pegas manuais do tipo “de pinça” (com os dedos), com alguma frequência?	EWA com foco na Postura
77	O trabalhador tem que exercer esforços de empurrar, puxar, levantar ou baixar objectos estando o tronco curvado, torcido ou inclinado para trás?	EWA com foco na Postura e EWA com foco na Movimentação Manual de Carga

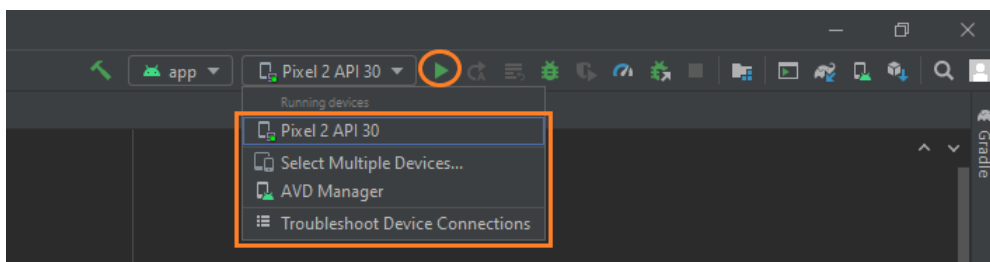
#	9- Ergonomia organizacional e cognitiva	Domínio
78	O <i>layout</i> permite contactos sociais?	Balanceamento e Rotatividade
79	O ritmo de trabalho é controlado pelo próprio trabalhador?	Balanceamento e Rotatividade
80	A empresa faz a avaliação da satisfação dos colaboradores nas relações interpessoais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

#	10- Disciplina	Domínio
	Avaliar o cumprimento dos standards:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 - nenhum standard é cumprido</li> <li>• 25 - 25% dos standards são cumpridos</li> <li>• 50 - 50% dos standards são cumpridos</li> <li>• 75 - 75% dos standards são cumpridos</li> <li>• 100 - 100% dos standards são cumpridos</li> </ul>	0% - Liderança Lean e 25%-75% - Auditorias
88		

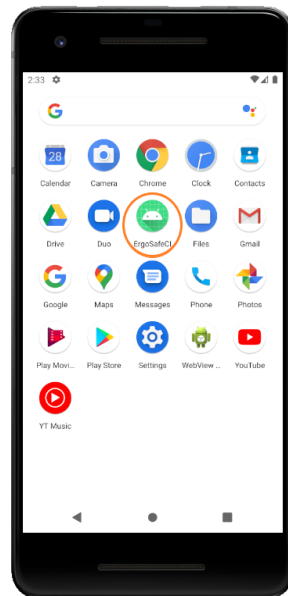
## Anexo B

# Manual de Utilizador

1. Instalar a aplicação ErgoSafeCI no dispositivo pretendido.
  - (a) Abrir o programa Android Studio com o *software* desenvolvido.
  - (b) No canto superior direito escolher o dispositivo e iniciar aplicação.

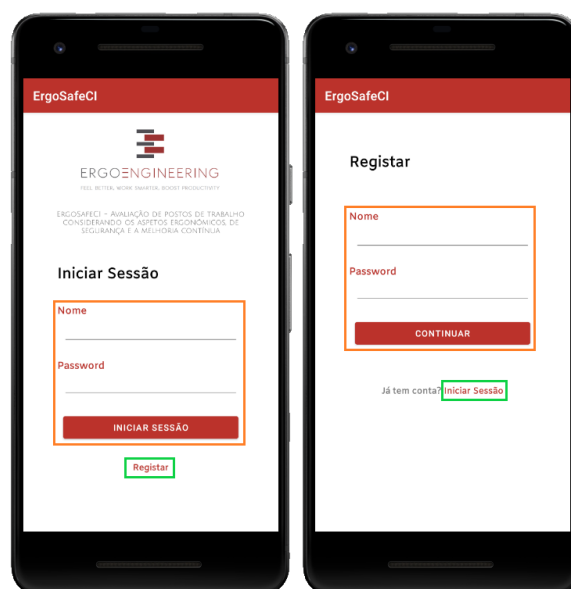


2. Iniciar a aplicação ErgoSafeCI no dispositivo.



3. Iniciar sessão ou Registrar um novo utilizador.

- (a) Iniciar sessão clicando no botão “INICIAR SESSÃO” depois de preencher os campos “Nome” e “Password”.
- (b) Registrar um novo utilizador clicando no botão “CONTINUAR” depois de preencher os campos “Nome” e “Password” e os mesmos serem aceites.
- (c) Para trocar entre páginas clicar em “Registrar” ou “Iniciar Sessão” marcados a verde na próxima imagem ilustrativa.

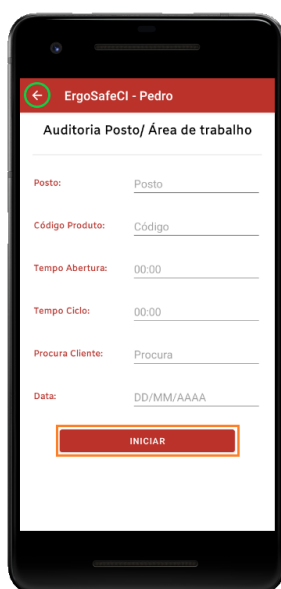


## 4. Realizar uma auditoria.

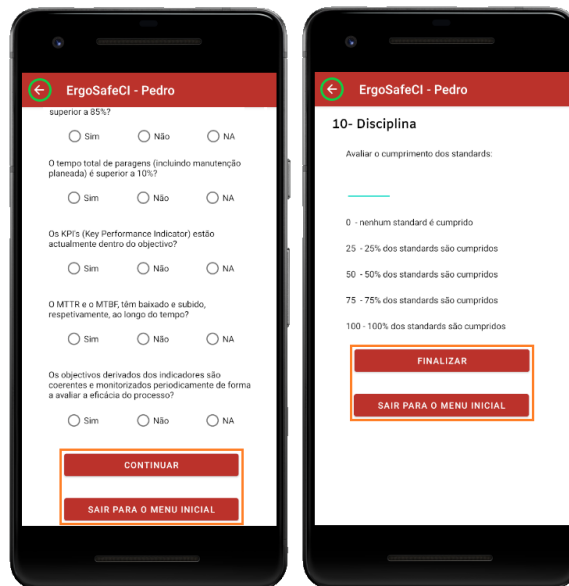
- (a) Iniciar uma auditoria clicando no botão “NOVA AUDITORIA”.
- (b) Neste menu também é possível terminar a sessão clicando no botão “TERMINAR SESSÃO”.



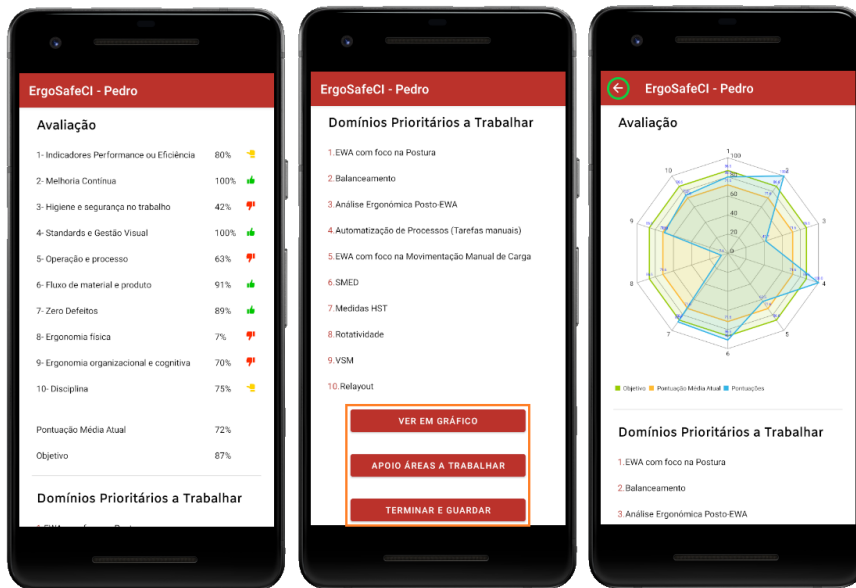
- (c) Na primeira página da auditoria devem ser preenchidos todos os parâmetros iniciais relacionados com o posto/área de trabalho para iniciar o questionário clicando no botão “INICIAR”.
- (d) Para voltar ao menu anterior basta clicar na seta no canto superior esquerdo.



- (e) Durante o questionário basta clicar no botão “CONTINUAR” para prosseguir para o próximo item ou então no botão “SAIR PARA O MENU INICIAL” no caso de querer reiniciar ou terminar a auditoria sem gravar.
- (f) No último item basta clicar no botão “FINALIZAR” para obter os resultados da auditoria.
- (g) Novamente, para voltar ao item anterior basta clicar na seta no canto superior esquerdo.

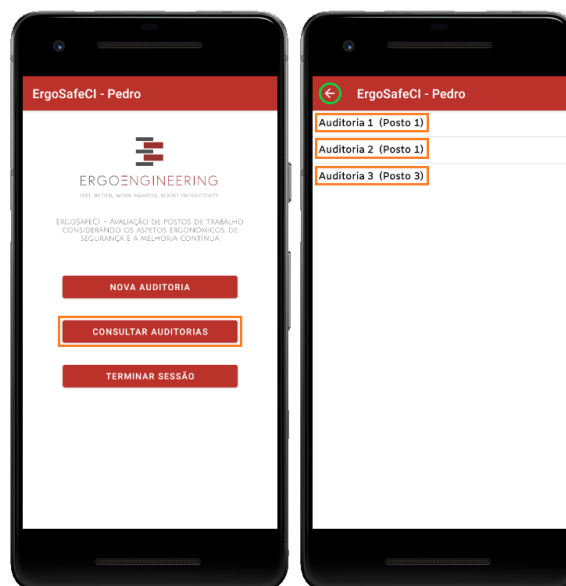


- 5. Visualizar os resultados em texto ou em gráfico e apoio áreas/domínios a trabalhar.
  - (a) Inicialmente os resultados irão aparecer em forma de texto. Para observar o gráfico radial basta clicar no botão “VER EM GRÁFICO”.
  - (b) Para ver o glossário sobre os domínios basta clicar no botão “APOIO ÁREAS A TRABALHAR”.
  - (c) Na página do glossário basta clicar na seta no canto superior esquerdo para voltar aos resultados.
  - (d) Caso os resultados estejam a ser apresentados no gráfico radial basta clicar no botão “VER EM TEXTO” para voltar a ver os resultados em forma de texto.
  - (e) Para terminar a auditoria basta clicar no botão “TERMINAR E GUARDAR”.

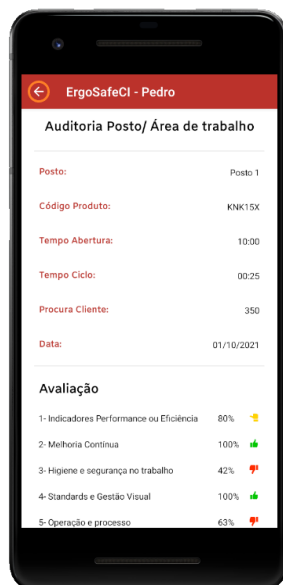


## 6. Consultar auditoria.

- Finalmente para consultar auditorias basta clicar no botão “CONSULTAR AUDITORIAS” no menu inicial.
- De seguida basta clicar na auditoria desejada presente na lista de auditorias realizadas.
- Se não desejar visualizar nenhuma auditoria basta clicar na seta no canto superior esquerdo para voltar ao menu anterior.



- (d) Ao seleccionar uma auditoria, serão apresentados todos os resultados numa só página. Para sair da consulta basta clicar na seta no canto superior esquerdo que levará o utilizador ao menu anterior.



Anexo C

## Artigo Científico

# Development of a workstation assessment APP, integrating performance with the worker's health and well-being

Pedro C. Ribeiro<sup>1</sup>, Marlene F. Brito<sup>1</sup>, Ana L. Ramos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Engineering, Polytechnic Institute of Porto - ISEP/IPP, Porto, Portugal

<sup>2</sup>GOVCOPP Research Unit / Department of Economics, Management, Industrial Engineering  
and Tourism (DEGEIT), University of Aveiro, Aveiro, Portugal

1161503@isep.ipp.pt, mab@isep.ipp.pt, aramos@ua.pt

**Abstract.** The purpose of this paper is to present an attempt to develop and improve an instrument containing operational measures of Lean combined with safety and ergonomic conditions in a workstation or production line. Lean manufacturing methods, safety and ergonomics aspects, and assessment tools created before were thoroughly researched with the ultimate objective of finding a way to develop a mobile application as assessment tool to improve the workplace by considering the efficiency and well-being of workers. This workstation assessment APP aids practitioners in the implementation of Lean principles and safety matters in their processes.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Lean-based audits, Lean assessment tools, Ergonomics, Safety, Mobile application

## 1 Introduction

Nowadays, businesses are under tremendous pressure to be competitive in their chosen markets. The existing market conditions challenge manufacturing firms to strengthen and maintain their capabilities to compete in the marketplace [1]. To confront these challenges, many companies update their traditional management style and adopt methods that lead to improvements in cost, quality, productivity and operational performance, such as Lean manufacturing [2,3].

Lean is a management philosophy that emerged after World War II, stemming from Toyota Production System (TPS) created by Toyota [4]. In the 1950s, Eiji Toyoda together with Taiichi Ohno were able to create the system called TPS, based on the Jidoka and JIT philosophies with the Ford assembly line [4,5].

According to Womack et al., lean production is “lean” because it uses less of everything compared with mass production – half the human effort in a factory, half the manufacturing space, half the investment in tools, half the engineering hours to develop a new product in half the time [4]. In 1996, the same authors defined five lean principles

2

to eliminate waste in organizations: specifying value, identifying the value stream, flow, pull, and perfection. The purpose of these principles is doing more with less, in other words, use the least amount of effort, energy, equipment, time, facility space, materials and capital while giving customers exactly what they want. Furthermore, they believe that lean ideas are the single most powerful tool available for creating value and eliminating waste in any organization [6].

The lean definition of waste includes work in progress (WIP), defects and non-value-added time, such as the time the worker spends waiting for products and executing unnecessary movements. Cost reduction strategies are directed toward specific efforts which reduce the resources spent on poor quality products, reducing the WIP value and decreasing transportation costs. Lean thinking also aims towards the realization of flexible processes and the reduction of overburden and stress, which generate waste [7].

Some companies focus on the continuous improvement process using lean manufacturing, which refers to the creation of a value stream. However, it is necessary to have a methodology of intervention focused on the correct application of these concepts under the premise of achieving results without neglecting the human factor [8]. Guaranteeing safe working conditions is a crucial factor for the empowerment of workers. Even though this factor is stated in the description of sustainable industry, actually not many companies contemplate or develop this strategy within their sustainability plans [9].

Ergonomic intervention can be used as a tool in reducing wasteful motion, through identifying ergonomic risk factors while doing work. "Waste" motions in ergonomics, such as stretching, bending, awkward postures and extreme reaches may not only have a negative impact on the safety and health of workers, but also lower productivity and efficiency [10]. Lean ergonomics has the potential to decrease lead time and add to throughput by removing the waste of nonproductive manual material handling movements and activities [11]. In conclusion, ergonomics can support a lean transformation and a lean transformation can lead to the reduction of ergonomic risk [12].

Liker stated that lean implementation is both a process and a journey, without an end state. He suggested that a firm implementing lean should continuously monitor itself to identify the present level of leanness and future path of improvement: they must know "where to start" and "how to proceed", in addition to being aware of the available tools [13]. For this purpose, lean training, value stream mapping and lean assessment are three major activities to consider upon the implementation of a lean implementation cycle [14].

Among the huge set of lean tools, most of them were created to solve specific problems, such as high work-in-process levels, low availability of equipment or long setup times. Only a few of them (e.g. value stream mapping and lean assessment tools) support lean practitioners in identifying problematic areas to be improved. However, choosing the right lean tools to apply at the right time on the right spot often requires extensive knowledge and experience of lean implementation [14]. Various organizations focused on the implementation of only hard Lean tools and techniques and neglected soft Lean practices (human-related practices) [15, 16]. This failure has to do with the consideration of Lean as a manufacturing strategy or process, instead of as a long-term philosophy [17]

In the current paper, a tool to objectively measure and evaluate the key aspects needed to have a safe, ergonomic and lean workstation is transformed into a mobile application. The assessment tool is ErgoSafeCI that aims to improve ergonomics and safety conditions while keeping productive performance indicators are in focus as well.

Companies have difficulty in identifying their most critical areas and prioritizing them before improvement interventions. In fact, it is not easy to set future goals if we do not have the proper tools to measure the present. This tool assesses organizations' workstations/production areas simultaneously in these three dimensions: lean, safety and ergonomics [1].

The main objective of transforming the tool into a mobile application, apart from to making it user friendly, is to make the workstation audit process more efficient, convenient and easier. In addition to the implemented improvements related to the user experience, an audit history will be implemented to enable the user to consult all data referring to audits already carried out, without the need to save extra files. The saved audits will remain in the account of the user who performed them and they can be accessed quickly. This feature is very useful, as this instrument aims to be a systematic long-term self-assessment model.

## 2 Literature Review

### 2.1 Assessment audits based on lean tools

The expansion of lean implementations in companies provided the development of several mechanisms and methodologies capable of perform an assessment to understand the effectiveness of the lean thinking implementation [18]. However, most of the existing lean tools focus on "how to become leaner" instead of "how lean it is". According to Wan and Chen, value stream mapping techniques, lean assessment tools and lean metrics are three main categories that concern the level of leanness [19]. Nevertheless, the number of studies of leanness assessment is low compared to lean implementations [1].

In 1996, Karlsson and Ahlstrom developed a lean assessment tool in which they identified nine variables to be evaluated, namely: 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) [20].

In 1997, Hines and Rich proposed the lean processing program (LEAP) consisting of seven tools and a five-stage approach, however, it turned out to be a rather complex approach [21].

In 2000, Detty and Yingling used simulation models with several performance metrics to quantify the potential benefits of lean implementation [22].

In 2001, Sanchez and Perez developed a checklist of thirty-six lean indicators in six groups to assess changes towards lean [23].

In 2002, Goodson created one of the most well-known and useful plant assessment tools, which aims to evaluate if a factory is truly lean in as little as 30 minutes – the "Rapid Plant Assessment" [24].

4

In 2006, Srinivasaraghavan and Allada proposed an alternative system which evaluated the distance between the current state of the system and the benchmarking performance. That means that the outcome depended heavily on the quality of the benchmark. The model delivered a quantitative measure of leanness, but the exemplar performance benchmark needed to be gathered from peers and competitors [25].

In 2008, Wan and Chen proposed a methodology to quantify the leanness level of manufacturing systems based on a benchmark of ideal leanness obtained from historical data [19]. In 2009 the same authors presented an adaptive lean assessment approach that provided an effective way to guide the lean implementation process [14].

In 2011, Sauron et al. noticed that the existing methods were mostly designed to assess the level of lean production implementation in the plant rather than in specific units of the manufacturing system, such as cells, job shops or assembly lines. In accordance, they introduced a framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells [26].

More recently, in 2019, an audit protocol for the construction industry was developed by several authors. The audit protocol was proposed based on literature and aims to assess the level of lean implementation. To evaluate the applicability, the pilot protocol was implemented and tested into four construction companies, and after that it was redone with more quality and precision. Moreover, the final protocol aims to support the lean implementation providing a diagnosis of the current stage and points out directions for a company to improve itself [27].

## 2.2 Ergonomics, Health and Safety

The aim in ergonomics is to fit the task to the individual, not the individual to the task. Ergonomics is no longer just a buzzword; it is going to be around for a long time because it makes good business sense. Companies are realizing that making ergonomic changes before major work-related injuries occur (proactive ergonomics) is cost effective when compared with making ergonomic changes after major work-related injuries occur (reactive ergonomics) [28].

The inclusion of Ergonomics in the continuous improvement process is quite important since traditional LSS interventions, while trying to maximize productivity by minimizing resources, can easily miss the limitations and needs of the human factor in the productive process. What companies fail to realize is the potential for further improving the productivity gains if ergonomic principles were integrated and implemented simultaneously with LSS [29].

Totorella et al. stated that the lean manufacturing approach presents the human element as a fundamental factor for continuous improvement sustainability. From a lean perspective, ergonomics improves productivity, removes barriers to quality, and enhances safe human performance by aligning products, tasks, and work environment to people [30]. Santos et al. reported that the integration of ergonomics during the LPS implementation has the potential to reduce absenteeism and lead to substantial gains in productivity [31]. Organizations ought to present ergonomics and MSD prevention as significant components of their business via their inclusion in management practices

[32]. The lean team must consider ergonomics and safety, like waste reduction and value creation, as core values of the lean process [33].

#### **Integration of human factors in lean assessment audits.**

In the field of lean Assessment Tools, in 2014, Wong et al. developed a lean index to assess the leanness level of an organization in sustaining lean transformation based on a sociotechnical perspective which considered the interdynamics of humans, systems and technology [34].

In 2016, Jarebrant et al. proposed the application of the ergonomic value stream mapping, a tool that aims to improve ergonomic conditions without neglecting productive performance indicators. This work aims to provide academics and practitioners with a tool capable of satisfying current needs in manufacturing environments regarding cognitive ergonomics assurance in workplaces. The implementation of ErgoVSM in its cognitive modality is an effort to acknowledge the significance of assessing health risks within each workstation at companies [35].

In 2017, according to Gonçalves and Saloniis workstation design assessment must focus on both lean and ergonomic aspects. Lean assessment tends to reduce waste in workstations and an ergonomic assessment safeguards employee safety and comfort. These authors identified seven workstation design considerations – “health and safety”, “work environment, cleanliness and orderliness”, “waste elimination”, “inventory and material logistics”, “flexibility”, “visual management” and “quality” – and developed an evaluation model and a tool to assess each requirement based on lean and ergonomic aspects which was specific for workstation design [36].

In 2018, Botti et al. proposed a mathematical model to address the design of hybrid multi-model production lines with both manual and automatic workstations while considering ergonomic risk assessment and following the principles of lean production [37].

All these tools, as well as safety and ergonomics checklists/assessment tools, such as “Ergonomic Workplace Analysis” [38], Rapid Entire Body Assessment (REBA) [39] Strain Index (SI) [40] and Rapid Upper Limb Assessment (RULA) [41], were analyzed in detail and served as input in the construction of the ErgoSafeCI tool [1]. The difference between these tools and the ErgoSafeCI is in the evaluation of jobs through the combination of these key dimensions: continuous improvement, productivity, safety, ergonomics, quality, visual management, work organization, and materials flow [1].

### **3 Modeling**

To clarify and facilitate the development of the mobile application, some models were created that explain the software's operating and behavior characteristics. This modeling became very useful to avoid programming errors and increase productivity because when the development phase started, the solution format was already known. First, a UML use case diagram was designed, represented in Figure 1, to describe the functionality of the system.

6



**Fig. 1.** UML Use Case Diagram.

The basic features are: register a user in the application using a username and password; login as a registered user who, in turn, will be verified; perform audits; and consult audits. Next, a UML class diagram was designed (Figure 2) that represents the structure and relationship of the classes that should be created. An audit will consist of the results of each section, the average of those results, the objective, the information about the workstation and the domains. To finish this phase, a mockup was developed to design the application's interfaces and assess their usability and test their design.

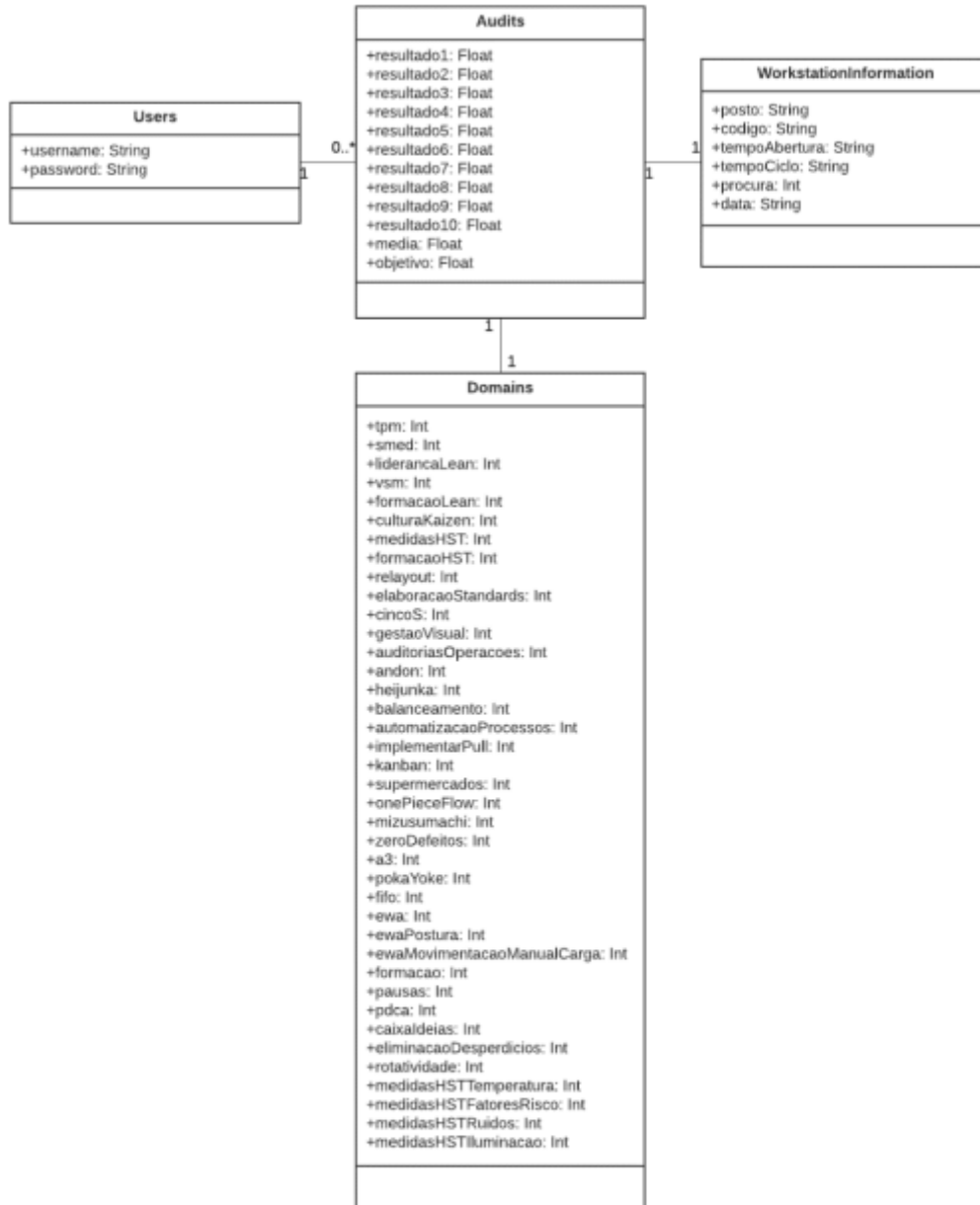


Fig. 2. UML Class Diagram.

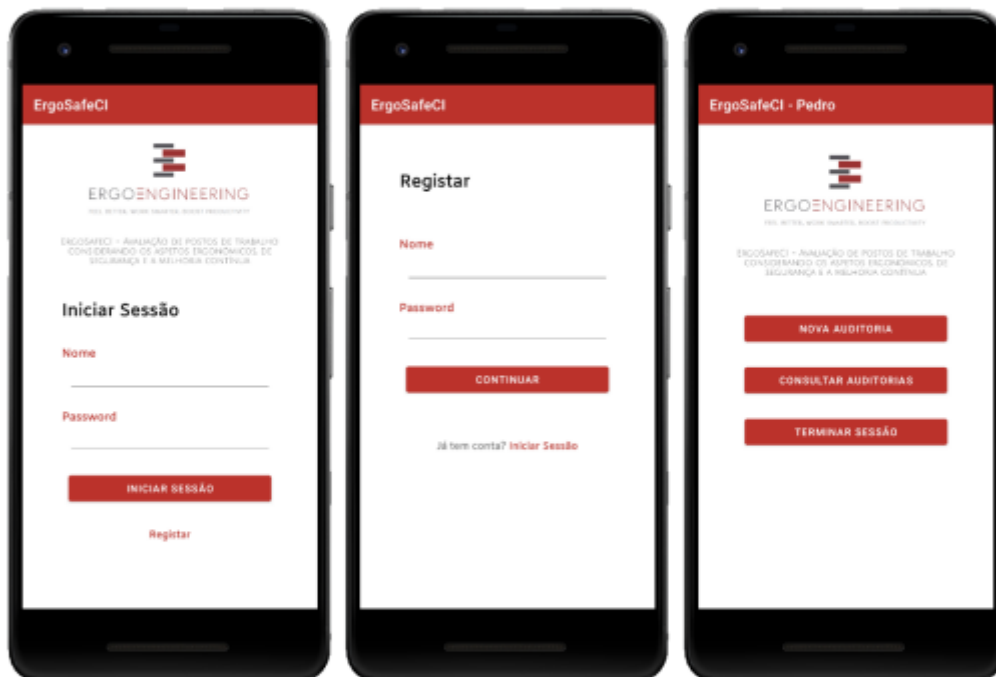
## 4 Computational Implementation

This operational tool aims to help researchers and practitioners to prioritize and evaluate the lean implementations, as well as the ergonomic and safety conditions, in an integrated way. The latest version of the ErgoSafeCI assessment tool consists of eighty-eight questions divided into ten items: performance/efficiency indicators, continuous

8

improvement, health and safety at work, standards and visual management, process and operations, material flow, zero defects, physical ergonomics, organizational and cognitive ergonomics, and discipline.

Once the evaluation phases of the tool, planning the improvements to be implemented and modelling were completed, the development of the mobile application began using the Android Studio software and the Kotlin programming language. Initially, the layouts for the pages were created, identical to those idealized in the mockups, and then the code necessary for the ErgoSafeCI tool to work. Figure 3 shows the first interfaces that the user interacts with when opening the application.



**Fig. 3.** Login, register and menu page layouts.

The user can log in or register a new account if he doesn't have one or even if he wants to use another account to perform audits, since the history of audits is associated with each account. Only in this way is it possible to advance to the next menu, which allows the user to start a new audit, consult audits already carried out with the same account or log out. When starting a new audit, the user must indicate some information about the workstation and then start the checklist. To answer, it is only necessary to select the desired answer, and in section 10 that corresponds to the discipline, one of the allowed values must be indicated (Figure 4). The questions should be answered in these forms: yes, no and not applicable (NA).

The figure displays three sequential screens of a mobile application checklist. The first screen, titled 'Auditoria Posto/ Área de trabalho', contains input fields for 'Posto', 'Código Produto', 'Tempo Abertura', 'Tempo Ciclo', 'Procura Cliente', and 'Data', along with an 'INICIAR' button. The second screen, '1- Indicadores Performance ou Eficiência', presents five questions with radio button options for 'Sim', 'Não', and 'NA'. The third screen, '10- Disciplina', shows a progress bar and a list of standard compliance percentages, with 'FINALIZAR' and 'SAIR PARA O MENU INICIAL' buttons at the bottom.

Fig. 4. Checklist layout.

Each page of the checklist corresponds to a previously defined section, and they work in the same way, so the code developed is similar to all of them. At any time during the completion of the checklist, the user is required to respond to all fields to proceed to the next phase. A temporary warning message will appear on the screen if a parameter is not filled in or a question answered.

When finished, the scores for each section, the average score, the objective, and the priority areas to work are presented. Scores can be analyzed in text accompanied by a positive, neutral, or negative sign or else in a radial graph (Figure 5). The domains are sorted and the first ten are presented, considered as priorities out of a total of thirty-nine, as they improve the most critical sections of the assessment. In addition, a glossary is made available that helps in understanding the domains to work on, if necessary (Figure 6).

10

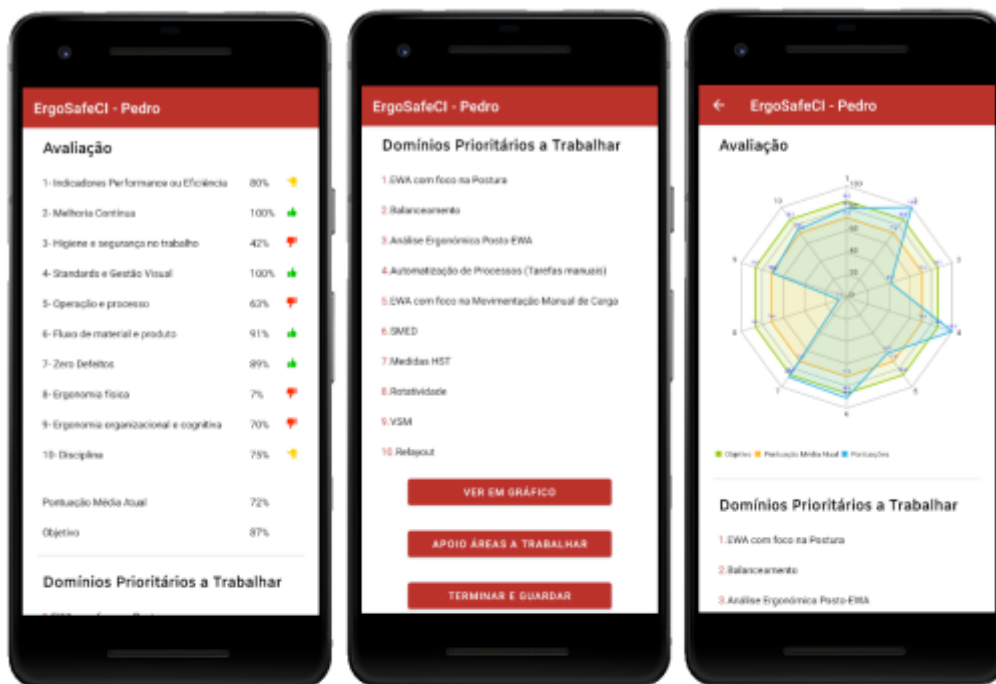


Fig. 5. Results layout.



Fig. 6. Glossary layout.

Finally, the biggest advantage of using the mobile application compared to the Microsoft Excel version of the tool, the audit history, as show in Figure 7 and 8.

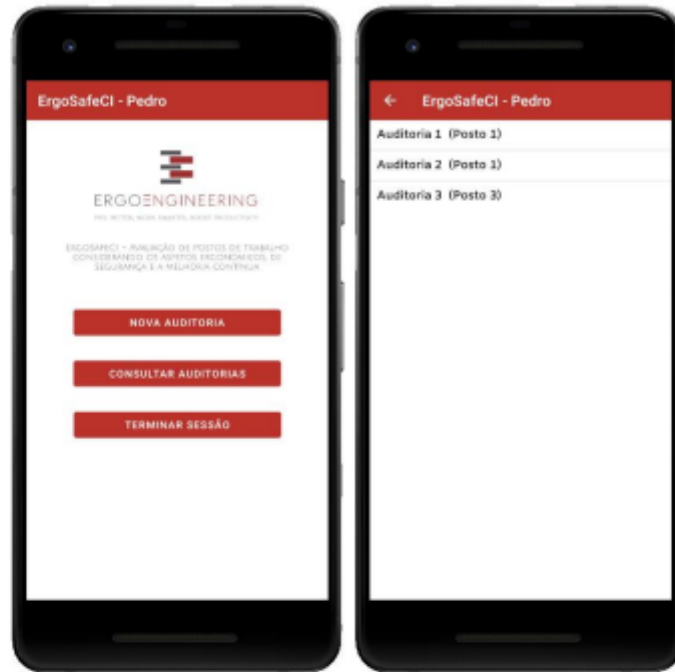


Fig. 7. Audit list layout.

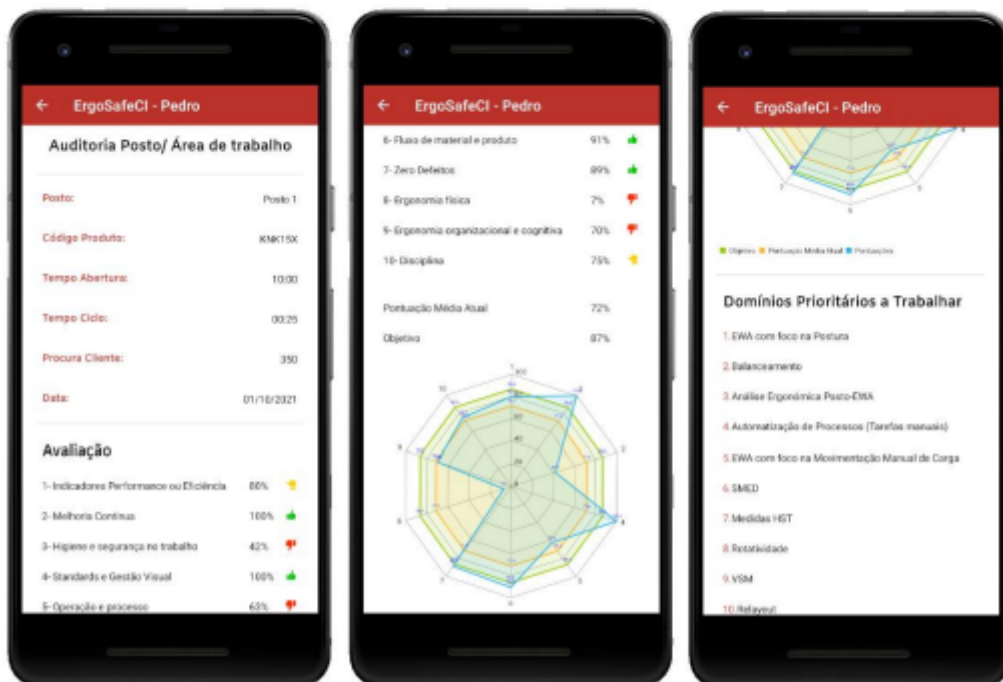


Fig. 8. Audit history layout.

## Conclusion

The successful introduction of new production paradigms, such as lean manufacturing, depends among others on a human factor oriented approach. The use of decision support tools, such as ergonomic risk assessment methods and computer-based simulation, represent a major contribution to the design of lean manufacturing systems, allowing for the application and integration of ergonomics and safety design principles [42].

More than 20 researchers have attempted to develop various methods and procedures to quantify leanness. Many quantitative and qualitative studies have been conducted, and a plethora of assessment techniques have been proposed [18].

Audits have also helped manufacturers sustain lean, and in addition provide an excellent way of determining if past suggestions have been acted upon and improvements made, or if they have been neglected, contributing to waste. When done well, audits are the ultimate measuring stick. When done poorly, they are next to useless [43].

In short, the main objective was to develop a mobile application based on assessment tool ErgoSafeCI. Moreover, the proposed framework enables an easy and user-friendly way to realize audits, and stores all the audits carried out so that, at a more advanced stage, it is possible to make comparisons and determine their effectiveness. In terms of future work, in addition to continuous improvement and adaptation to new realities of the tool and the optimization of the software, it will be testing the application in a real context and obtaining results. However, in other studies, this tool has already been implemented in a real context, but with another version of it.

## References

1. M. F. Brito, A. L. Ramos, P. Carneiro, and M. A. Gonçalves, "A continuous improvement assessment tool, considering lean, safety and ergonomics," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 11, no. 5, pp. 879–902, 2020.
2. R. A. M. Shamah, "A model for applying Lean thinking to value creation," *International Journal of Lean Six Sigma*, vol. 4, no. 2, pp. 204-224, 2013.
3. V. Sharma, A. R. Dixit, M. A. Qadri. "Modeling Lean implementation for manufacturing sector," *Journal of Modelling in Management*, vol. 11, no.2, pp. 405-426, 2016.
4. J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *The Machine that Changed the World*. New York, NY: Free Press, Simon & Schuster, 1990.
5. L. Dekier, "The origins and evolution of lean management system," *Journal of International Studies*, vol. 5, no. 1, pp. 46–51, 2012.
6. J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, NY: Free Press, Simon & Schuster, 1996, Second Edition, 2003.
7. W. C. Benton, J. J. Cochran, L. A. Cox, P. Keskinocak, J. P. Kharoufeh and J. C. Smith, "Just-intime/lean production systems", *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*, John Wiley and Sons, 2011.
8. A. A. Naranjo-Flores and E. Ramírez-Cárdenas, "Human factors and ergonomics for lean manufacturing applications", *lean Manufacturing in the Developing World: Methodology, Case Studies and Trends from Latin America*, Springer, Cham, pp. 281-299, 2014.

9. C. Alayón, K. Säfsten and G. Johansson, "Conceptual sustainable production principles in practice: do they reflect what companies do?", *Journal of Cleaner Production*, vol. 141, pp. 693-701, 2017.
10. R. M. Yusuff and N. S. Abdullah, "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, pp. 581-588, 2016.
11. J. J. Galante, "lean ergonomics", *Technical Paper - Society of Manufacturing Engineers*, 2014.
12. F. Aqlan, S. S. Lam, M. Testani and S. Ramakrishnan, "Ergonomic risk reduction to enhance lean transformation", *IIE Annual Conference and Expo 2013*, pp. 989-997, 2013.
13. J. K. Liker, *Becoming lean: Inside Stories of US Manufacturers*, Productivity Press, New York, NY, 1997.
14. H. Wan and F. F. Chen, "Decision support for lean practitioners: A web-based adaptive assessment approach," *Computers in Industry*, vol. 60, no. 4, pp. 277– 283, 2009.
15. J. Liker, M. Rother, "Why lean programs fail," *Lean Enterprise Institute*, pp. 1-5, 2011.
16. T. Bortolotti, S. Boscari, P. Danese, "Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices," *International Journal of Production Economics*, vol. 160, pp. 182–201, 2015.
17. A. Gupta, T. K. Kundra, "A review of designing machine tool for leanness," *Sadhana*, vol. 37, no. 2, pp. 241-259, 2012.
18. G. Narayanamurthy and A. Gurumurthy, "Leanness assessment: a literature review," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 36, no. 10, 2016.
19. H. Wan and F. F. Chen, "A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives," *International Journal of Production Research*, vol. 46, no. 23, pp. 6567–6584, 2008.
20. C. Karlsson and P. Åhlström, "Assessing changes towards lean production," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 16, no. 2, pp. 24–41, 1996.
21. P. Hines and N. Rich, "The seven value stream mapping tools," *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 17, no. 1, pp. 46–64, 1997.
22. R. B. Detty and J. C. Yingling, "Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study," *International Journal of Production Research*, vol. 38, no. 2, pp. 429–445, 2000.
23. M. Sánchez and M. P. Pérez, "Lean indicators and manufacturing strategies," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 21, no. 11, pp. 1433–1452, 2001.
24. R. E. Goodson, "Read a plant-fast," *International Journal of Production Research*, vol. 80, no. 5, pp. 105–113, 2002.
25. J. Srinivasaraghavan and V. Allada, "Application of mahalanobis distance as a lean assessment metric," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 29, p. 1159–1168, 2006.
26. G. A. M. Tarcisio Abreu Saurin and J. L. D. Ribeiro, "Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study," *International Journal of Production Research*, vol. 49, no. 11, pp. 3211–3230, 2011.
27. M. L. Comelli, Y. M. Veras de Carvalho, R. C. Marinho, L. F. Cândido, and J. P. Barros Neto, "Assessing the level of implementation of lean construction: An audit protocol," in *Proc. 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, (Dublin, Ireland), pp. 999–1022, 2019.
28. J. E. Fernandez, "Ergonomics in the workplace," *Facilities*, vol. 13, no. 4, pp. 20–227, 1995.
29. I. L. Nunes, "Integration of ergonomics and lean six sigma: a model proposal," *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 890–897, 2015.

30. G. L. Tortorella, L. G. L. Vergara, and E. P. Ferreira, "Lean manufacturing implementation: an assessment method with regards to socio-technical and ergonomics practices adoption ergonomics in the workplace," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 89, p. 3407–3418, 2017.
31. Z. G. dos Santos, L. Vieira, and G. Balbinotti, "Lean manufacturing and ergonomic working conditions in the automotive industry," *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 5947–5954, 2015.
32. A. Yazdani, M. Hilbrecht, D. Imbeau, P. Bigelow, W. P. Neumann, M. Pagell, and R. Wells, "Integration of musculoskeletal disorders prevention into management systems: a qualitative study of key informants' perspectives," *Safety Science*, vol. 104, pp. 110–118, 2018.
33. R. Wilson, "Guarding the line," *Industrial Engineer*, vol. 37, no. 4, pp. 46–49, 2005.
34. W. P. Wong, J. Ignatius, and K. L. Soh, "What is the leanness level of your organization in lean implementation? an integrated lean index using ANP approach," *Production Planning & Control: The Management of Operations*, vol. 25, no. 4, pp. 273–287, 2014.
35. C. Jarebrant, J. Winkel, J. J. Hanse, S. E. Mathiassen, and B. Ojmertz, "ErgoVSM: a tool for integrating value stream mapping and ergonomics in manufacturing," *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, vol. 22, no. 6, pp. 191–204, 2016.
36. M. T. Gonçalves and K. Salonitis, "Lean assessment tool for workstation design of assembly lines," *Procedia CIRP*, vol. 60, pp. 386–391, 2017.
37. L. Botti, C. Mora, F. Piana, and A. Regattieri, "The impact of ergonomics on the design of hybrid multi-model production lines in lean manufacturing," *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 606, pp. 167–178, 2018.
38. M. Ahonen, M. Launis, and Kuorinka, *Ergonomic Workplace Analysis*. Helsinki: Institute of Occupational Health, 1989.
39. S. Hignett and McAtamney, "Rapid entire body assessment (REBA)," *Applied Ergonomics*, vol. 31, no. 2, pp. 201–205, 2000.
40. J. Moore and A. Garg, "The strain index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders," *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 56, pp. 443–458, 1995.
41. L. McAtamney and E. Corlett, "RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders," *Applied Ergonomics*, vol. 24, no. 2, pp. 91–99, 1993.
42. I. L. Nunes and V. C. Machado, "Merging ergonomic principles into lean manufacturing", *Conference Proceedings of IIE Annual Conference and Expo 2007 – Industrial Engineering's Critical Role in a Flat World*, pp. 836-841, 2007.
43. S. Bhasin, "Measuring the leanness of an organization", *International Journal of lean Six Sigma*, vol. 2, no. 1, pp. 55-74, 2011.