



Jogo Sérió para formação de utilizadores em Manufacturing Execution System

FREDERICO CARDOSO GONÇALVES

Julho de 2019

Jogo Sérioo para Formação de Utilizadores em Manufacturing Execution System

Frederico Cardoso Gonçalves

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática, Área de Especialização em
Sistemas Gráficos e Multimédia

Orientador: Prof. Doutor Carlos Miguel Miranda Vaz de Carvalho

Supervisor: Eng. José Pedro Silva

Porto, Julho de 2019

*«Dedico esta Dissertação à Maria e à minha família, que sempre me apoiaram durante
todo o meu percurso na Licenciatura e no Mestrado »*

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer à minha namorada, pela motivação, e pela ajuda que me deu na sua realização.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas que me apoiaram e contribuíram com ideias e sugestões.

Quero ainda agradecer ao meu supervisor e líder no trabalho, Eng. José Pedro Silva, pelo acompanhamento durante o desenvolvimento do projeto, e ao meu orientador, Prof. Doutor Carlos Vaz de Carvalho, por toda a orientação dada.

E por fim, um obrigado a todos aqueles que participaram na experiência e responderam ao questionário.

Resumo

Cada vez mais, no contexto da *Indústria 4.0*, uma maior quantidade de dados flui através dos sistemas de informação, tornando-os complexos a nível da lógica de negócio e das relações entre a informação digital e a realidade, o que cria um grande desafio em transmitir e tratar toda a informação de uma forma engenhosa e significativa.

Dado a complexidade destes sistemas, existe alguma dificuldade na sua compreensão por parte dos utilizadores e pelos próprios desenvolvedores, o que torna necessário um grande investimento em treino e formação dos utilizadores para que estes aprendam a usar o software e compreendam todos os conceitos inerentes.

Este problema é sentido principalmente no caso do *Manufacturing Execution System (MES)* da Critical Manufacturing, projetado para ser utilizado em ambientes de fabrico avançados. Por isso, este projeto pretende ajudar a solucionar este problema contribuindo para a simplificação na preparação dos exemplos práticos dos planos de formação, auxiliando a exemplificação prática, tornando-a mais envolvente, de forma a tornar os conceitos mais perceptíveis e incutir a autoaprendizagem individual em cada utilizador.

E para tal, foi desenvolvido um novo módulo de treino integrado no MES que contempla um protótipo de Jogo Sério de auxílio à formação dos utilizadores, o qual foi submetido a uma avaliação, para validar se tinha capacidade de atender ao principal objetivo do projeto. Para efetuar esta avaliação foi realizada uma experiência que envolveu a experimentação do mesmo e a resposta a um questionário por um grupo de utilizadores teste. A experiência levou a concluir que o jogo foi uma boa ideia que será útil no futuro, mas que necessitava ainda de algum trabalho ao nível de *user experience*.

Palavras-Chave:

- *Formação e treino de utilizadores*
- *Jogo Sério*
- *Sistemas de fabrico avançados*
- *Sistemas de informação empresarial*
- *Manufacturing Execution System*

Abstract

Today, in the context of Industry 4.0, a greater amount of data flows through the information systems, making them even more complex in the business logic and in the relationships of the digital information with the reality. This creates a big challenge to transmit and handle all the information in an ingenious and meaningful way.

Given the complexity of these systems, the users, and the developers, have some difficulties in understanding it, which makes it necessary to invest heavily in training so that they can learn to use the software and understand all the inherent concepts.

This issue is seen specifically in the case of the Manufacturing Execution System (MES) developed Critical Manufacturing that is designed for use in advanced manufacturing environments. This project helps solve this problem contributing to the simplification in the preparation of the practical examples of the training plans, helping the practical exemplification to get more engaging, in order to make the concepts more noticeable and instill individual self-learning in each user.

And for that, a prototype was developed for a new training module integrated in the system that contemplates a Serious Game to aid the training of the users, which in the end, was evaluated whether it was able to meet the requirements of the main objective. For the evaluation of the developed prototype, an experiment was carried out that involved the experimentation and the response to a questionnaire by a group of test users. The experience led to the conclusion that the game was a good idea that will be useful in the future, but still needed a some work in the *user experience* field.

Keywords:

- *Training of users*
- *Serious Game*
- *Advanced manufacturing systems*
- *Enterprise information systems*
- *Manufacturing Execution System*

Índice

1	Introdução	1
1.1	Contexto.....	1
1.2	O Problema.....	2
1.3	Objetivos	2
1.4	Abordagem	3
1.5	Resultados Esperados.....	4
1.6	Análise de Valor	4
1.7	Organização da Dissertação	4
2	Contexto	6
2.1	Sistemas MES.....	6
2.1.1	Modelo de Dados.....	8
2.1.2	Fluxo de Produção	11
2.1.3	Instrução e Formação de Funcionários de Linha.....	12
2.2	Formação e Aprendizagem através de Jogos	13
2.2.1	Formação Digital.....	14
2.2.2	Jogos Sérios.....	15
2.2.3	Soluções para Treino e Formação Digital no trabalho	18
3	Design da Solução.....	26
3.1	Conceito	26
3.1.1	Aspeto e Conteúdo Gráfico.....	27
3.2	Game Design.....	29
3.2.1	Conteúdo Jogável e Desafios	29
3.2.2	Controlos e Interação.....	31
3.2.3	Regras e Pontuação.....	33
3.2.4	Mecânicas	33
3.3	Design Técnico	34
3.3.1	Tecnologias a Utilizar	34
3.3.2	Casos de Uso	35

4 Implementação	39
4.1 Arquitetura	39
4.2 Modelo de Dados	40
4.3 Interface Web	42
4.4 Motor de Jogo.....	43
4.5 Fluxo de Jogo	46
4.6 Jogo e Interface Gráfica	48
5 Avaliação	55
5.1 Experiência realizada.....	55
5.1.1 Quantitative Evaluation Framework (QEF)	55
5.2 Interpretação dos resultados obtidos	57
Respostas ao questionário	58
Análise das respostas	65
Resultado do QEF	65
6 Conclusões	66
Referências	67
Anexos.....	72
Anexo A – Análise de Valor	73
Modelo NCD (New Concept Development)	73
Proposta de Valor para o Cliente.....	76
Quality Function Deployment (QFD)	76
Benefícios e Sacrifícios	78
Modelo de Negócio CANVAS	79
Anexo B – Questionário.....	80
Anexo C – QEF	85
Anexo D – Guião do jogo de exemplo.....	89
Anexo E – Assets criados para o jogo de exemplo	90

Lista de Figuras

<i>Figura 1 - Hierarquia Funcional de Sistemas de Fabrico (PADRÃO ANSI / ISA 95) (Critical Manufacturing S.A, 2019)</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2 - Critical Manufacturing HTML5 GUI (Graphical User Interface) (FrontEnd)</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3 - Modelo de Domínio das Entidades Principais do MES</i>	<i>9</i>
<i>Figura 4 - Estágios do Material numa etapa de um Fluxo</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5 - VISTRA - configuração de Hardware. Retirado de (Ordaz, Romero, Gorecky, & R. Siller, 2015).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6 – Plataforma Gilgamesh. Retirado de (Kairos 3D, 2018).....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7 - Mini-Fábrica (The PuLL® Learning Factory) (Blöchl, 2016)</i>	<i>20</i>
<i>Figura 8 - Virtual Reality House (elearningsuperstars, 2019) e (Sanal, 2018)</i>	<i>21</i>
<i>Figura 9 - Ecrãs LCI Training Simulator – Welcome (Allucyne, 2019)</i>	<i>22</i>
<i>Figura 10 - Ecrãs LCI Training Simulator - Mechanical Details (Allucyne, 2019).....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 11 - Capturas de ecrã dos jogos “Mars”(a) e “Pacific”(b).</i>	<i>23</i>
<i>Figura 12 - Digicom - Employee Profile (BadgeVille Reviews, 2019).....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 13 - Badgeville Portal - Dashboard (BadgeVille Reviews, 2019)</i>	<i>25</i>
<i>Figura 14 - Zurmo CRM captura de ecrã (Zurmo, 2019).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 15 - Diagrama de conceito.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 16 - FlexSim - Simulation Factory (FlexSim Software Products, Inc., 2019)</i>	<i>27</i>
<i>Figura 17 - Factorico - Factory simulation game (Tauchim, 2019).....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 18 - Exemplo de um fabLive3D (Modo Runtime)</i>	<i>29</i>
<i>Figura 19 - Area View</i>	<i>31</i>
<i>Figura 20 - Step View.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 21 - Resource View.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 22 - Diagrama de Casos de Uso.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 23 - Diagrama da arquitetura simplificado</i>	<i>39</i>
<i>Figura 24 - Modelo de Dados</i>	<i>41</i>
<i>Figura 25 - Estrutura de componentes do módulo Training</i>	<i>42</i>
<i>Figura 26 - Diagrama de classes da implementação do jogo</i>	<i>44</i>
<i>Figura 27 - Diagrama de Fluxo de Jogo</i>	<i>46</i>
<i>Figura 28 - Acesso ao Menu Training</i>	<i>48</i>

<i>Figura 29 - Página “Training”</i>	48
<i>Figura 30 - Assistente de criação de um novo Jogo</i>	49
<i>Figura 31 - Diálogo introdutório de um Jogo</i>	50
<i>Figura 32 - Ecrã de Jogo (Vista de Jogo)</i>	50
<i>Figura 33 - Ecrã de Jogo - Interação com um Resource (Equipamento)</i>	51
<i>Figura 34 – Ecrã de interação com um objeto (Tablet Virtual com acesso a determinadas páginas do MES)</i>	51
<i>Figura 35 - Ecrã de Jogo - vista de topo</i>	52
<i>Figura 36 - Ecrã de jogo - Detalhes do Objetivo</i>	53
<i>Figura 37 - Ecrã de Jogo - Vista de Topo (Opção de vista de Etapas de produção)</i>	53
<i>Figura 38 - Modelo NCD (Direcionadores do processo de inovação: o papel da estratégia, liderança e cultura, 2019)</i>	73

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1 - Taxonomia dos Jogos Sérios (Sawyer & Smith, 2008)</i>	17
<i>Tabela 2 - Comparação entre abordagens de criação de conteúdos/desafios</i>	30
<i>Tabela 3 - Relação entre respostas do questionário, pesos e percentagem de cumprimento dos requisitos do QEF</i>	56
<i>Tabela 4 - Respostas à pergunta: "Há quanto tempo está na empresa?"</i>	57
<i>Tabela 5 - Respostas à pergunta: " Qual o seu nível de conhecimento do MES da Critical Manufacturing?"</i>	57
<i>Tabela 6 – Respostas à pergunta 1.1 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> ..	58
<i>Tabela 7 - Respostas à pergunta 1.2 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> ...	58
<i>Tabela 8 - Respostas à pergunta 1.3 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> ...	59
<i>Tabela 9 - Respostas à pergunta 2.1 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> ...	59
<i>Tabela 10 - Respostas à pergunta 2.2 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> .	60
<i>Tabela 11 - Respostas à pergunta 2.3 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> .	60
<i>Tabela 12 - Respostas à pergunta 2.4 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> .	61
<i>Tabela 13 - Respostas à pergunta 2.5 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> .	61
<i>Tabela 14 - Respostas à pergunta 3.1 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> .	62
<i>Tabela 15 - Respostas à pergunta 3.2 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> .	62
<i>Tabela 16 - Respostas à pergunta 3.3 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> .	63
<i>Tabela 17 - Respostas à pergunta 3.4 com o resultado da percentagem de cumprimento</i> .	63
<i>Tabela 18 – Respostas mais relevantes à pergunta ‘A’ das perguntas de resposta aberta</i> .	64
<i>Tabela 19 - Respostas mais relevantes à pergunta ‘B’ das perguntas de resposta aberta</i> ..	65
<i>Tabela 20 - Matriz de Relação entre os Requisitos do Cliente e do Projeto</i>	77
<i>Tabela 21 - Benefícios e Sacrifícios</i>	78
<i>Tabela 22 - Modelo de negócio CANVAS</i>	79
<i>Tabela 23 - Modelo QEF</i>	85
<i>Tabela 24 - Assets desenvolvidos</i>	91

Acrónimos

MES	<i>Manufacturing Execution System</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
VR	<i>Virtual Reality</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
WIP	<i>Work In Progress</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
QEF	<i>Quantitative Evaluation Framework</i>
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>

1 Introdução

1.1 Contexto

As indústrias estão em constante transformação e é cada vez mais importante a evolução e otimização dos processos através da adoção de novas tecnologias. Esta adaptação é fundamental principalmente nas indústrias de alta performance, como as de fabrico de semicondutores, dispositivos médicos, sistemas de energia renovável, entre outros. (Critical Manufacturing S.A, 2018) Para isso, é necessário o acesso confiável a informações operacionais detalhadas e oportunas sobre as quais possam ser tomadas decisões rápidas e confiantes, para as indústrias se manterem na vanguarda dos seus mercados.

Atualmente presencia-se uma transformação significativa em relação à maneira como se produzem produtos graças à digitalização dos processos de fabrico. Esta transição é chamada de Indústria 4.0 e representa a quarta revolução que está a ocorrer na manufatura. A quarta revolução industrial aplicará o que foi iniciado na terceira revolução, com a adoção de computadores e autómatos conectados através de sistemas inteligentes, alimentados por dados e por *machine-learning*, comunicando entre si para tomar decisões sem envolvimento humano. (Marr, 2018)

A combinação de sistemas ciber-físicos, da *Internet of Things* (IoT) e da Internet dos Sistemas torna a Indústria 4.0 possível e a “fábrica inteligente” uma realidade, marcando o início de uma nova revolução onde muitos sistemas diferentes trabalham em conjunto para otimizar a produção, reduzindo o tempo de produção, tornando o processo mais eficiente, gerando menos desperdício e aumentando a agilidade na resposta a todo o tipo de eventos e problemas sentidos num ambiente fabril. Os robôs e a automação alteram a face da indústria realizando as tarefas físicas de produção enquanto os humanos ficam com as tarefas de monitorização do processo, planeamento e gestão. (Sendler, 2017) (Hurst, et al., 2019)

Por isso, a *Critical Manufacturing*, bem como outras empresas, desenvolve um sistema de software altamente modular que impulsiona a execução de operações de fabrico de uma forma flexível e ágil. Estes sistemas denominam-se de MES (Manufacturing Execution Systems), e têm como objetivo alcançar e manter um alto desempenho num ambiente de produção altamente competitivo e em constante mudança, combatendo o desafio enorme de transmitir grandes quantidades de informação de uma forma engenhosa e significativa. (Critical Manufacturing S.A, 2018)

O sistema MES da Critical Manufacturing acompanha o processo de evolução da Indústria 4.0, fornecendo flexibilidade aos clientes, através de interfaces gráficas personalizadas, regras de negócio dinâmicas, emprego tecnologias de IIoT (Industrial Internet of Things), visualização 3D de instalações, monitorização de processos em tempo real, entre outros.

1.2 O Problema

Em qualquer sistema de informação, principalmente em sistemas de grande dimensão e complexidade (ex.: MES), existem sempre custos acrescidos relativos ao tempo e dinheiro para dar a formação necessária aos colaboradores da empresa compradora do produto e/ou dos serviços para que estes aprendam a utilizar o *software*. Na formação, é de esperar que os colaboradores se familiarizem com os conceitos do sistema e aprendam a utilizar as operações disponibilizadas.

No caso dos sistemas MES, a cada implementação num determinado cliente, torna-se fundamental a existência de formações, visto que atualmente os operários executam grande parte do seu trabalho com a ajuda destes sistemas de informação especializados. E para além disso, contanto com a constante atualização das funcionalidades conforme a configuração das linhas de produção, as instruções de sala tornam-se impraticáveis e inacessíveis. (Brant A. Cheikes, et al., 1998)

Para além de que, na maioria das vezes, formações presenciais em sala não são suficientes, pois existem muitos fatores que estão dependentes do público-alvo, como por exemplo, as barreiras linguísticas e o comum défice de atenção/concentração do ser humano perante uma exposição oral.

O ambiente industrial requer uma constante atualização dos processos e dos dados que são tratados nos processos, o que traz a necessidade de moldar o sistema de acordo com as necessidades, fazendo com que as necessidades de treino e formação estejam sempre presentes.

Para dar resposta a este problema, são muitas vezes procuradas formas de agilizar e tornar mais motivador o processo de formação. Soluções que beneficiam da gamificação trazem uma forma de atingir essa motivação e compromisso nas formações, melhorando a experiência dos formandos, através do uso de elementos de design conhecidos dos jogos de entretenimento. (Swacha, 2016)

1.3 Objetivos

O principal objetivo do projeto será desenvolver uma ferramenta de auxílio à formação de utilizadores do sistema MES (Critical Manufacturing) envolvente, apelativa e motivadora, que seja ao mesmo tempo versátil e personalizável de acordo necessidades específicas. Terá de ser uma solução que se adapte a diferentes cenários e que seja capaz de auxiliar na transmissão do conhecimento de como operar com o software.

Este projeto pretende ajudar a solucionar os problemas acima descritos, contribuindo para a simplificação na preparação dos casos práticos dos planos de formação, auxiliando a exemplificação prática, tornando-a mais envolvente, de forma a tornar os conceitos mais perceptíveis e inculcar a autoaprendizagem individual em cada utilizador. Para além de ser uma solução específica para o sistema MES, pretende também introduzir conceitos e práticas que tragam um contributo científico para o tema de formação digital para sistemas de informação na sua generalidade.

Para isso, é proposto então o desenvolvimento de um Jogo Sérió integrado como um novo módulo do sistema MES, que auxilie no treino e formação dos colaboradores que irão estar em contacto com o sistema. O jogo será flexível e possível de ser moldado de acordo com as necessidades específicas de formação de cada público-alvo que, para além de serem os clientes que adquiram o produto, são também os próprios colaboradores da *Critical Manufacturing*, principalmente os novos colaboradores e os menos conhecedores do negócio e do produto (MES).

Para cumprir estes objetivos, será feita uma análise de Jogos Sérios e de outro tipo ferramentas de treino existentes no mercado para ser determinado o *Estado da Arte* nesta área de *e-learning* e formação interativa.

Depois será desenvolvido um protótipo, que será avaliado por um grupo-teste constituído por colaboradores da *Critical Manufacturing*, entre os quais, novos colaboradores, engenheiros do produto e especialistas no negócio dos sistemas MES.

1.4 Abordagem

O jogo permitirá que os administradores do sistema construam desafios e mini-jogos que simulem um caso real do chão de fábrica, para os utilizadores se ambientarem com a interação com o sistema de uma forma mais intuitiva para despoletar o interesse.

Os desafios irão poder disponibilizar a informação e ajuda necessária, e o percurso do nível será constituído por um conjunto de tarefas que o jogador tem de realizar para completar o nível. Como o jogo utiliza dados reais do sistema, ao cometer erros a executar algumas das tarefas, o percurso do nível pode ser alterado envolvendo a tomada de decisão por parte do jogador para corrigir o problema e aprender o que fazer numa situação real.

Para a construção dos níveis serão utilizados dados do sistema, tanto para os fluxos de produção, como para as representações 3D da fábrica. O conteúdo gráfico necessário para construir os níveis será aproveitado de um módulo já existente na aplicação – *fabLIVE 3D* - que permite construir *layouts* 3D de fábricas utilizados posteriormente para fazer monitorização dos equipamentos em tempo real.

1.5 Resultados Esperados

Espera-se, com o protótipo final e a avaliação realizada nesta dissertação, validar a utilidade deste método de treino já integrado no sistema *MES*.

Para atingir os resultados esperados, o jogo deverá ter uma jogabilidade e mecânicas que sejam atrativas e ao mesmo tempo seja capaz de ajudar os utilizadores a compreenderem como executar as operações no sistema.

O jogo deverá ser utilizado nas formações para os exemplos práticos, de forma a providenciar um grau de satisfação aos formandos para melhor compreenderem o sistema e para como utilizar as diferentes interfaces.

Uma das vantagens, é também preparar os utilizadores para saberem lidar com uma situação real, pelo facto de vivenciarem diferentes situações num ambiente simulado.

1.6 Análise de Valor

Este projeto valorizará o sistema *MES* da *Critical Manufacturing*, oferecendo uma diferenciação em relação aos produtos concorrentes no mercado, e trazendo algo de novo e pouco explorado nesta área. Novas ferramentas de auxílio a formação surgem todos os dias, e, encontrar uma forma que seja cativante e que seja eficaz ao mesmo tempo, é um grande desafio. Este projeto pretende encontrar uma possível solução para este problema dentro do contexto específico do fabrico crítico.

Para além de ser projetado como uma ferramenta interna de preparação de exemplos práticos do sistema, num formato mais avançado, poderá trazer a possibilidade de se tornar num sistema interno de *e-learning* onde pode ensinar os utilizadores e atribuir qualificações/certificações automaticamente através da conclusão de planos de treino personalizados.

A análise de valor para o projeto desta dissertação encontra-se no *Anexo A – Análise de Valor*

1.7 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada nos seguintes capítulos:

- **Capítulo 1:** são identificados o problema e os objetivos deste projeto.
- **Capítulo 2:** problema é contextualizado no estado da arte, abordando os jogos sérios relativos a formação de colaboradores existentes e é também realizada uma análise de

valor para a solução proposta. É também feita uma comparação de diferentes abordagens de desenvolvimento tendo em vista o estado da arte.

- **Capítulo 3:** é descrito detalhadamente o *design* do jogo desenvolvido para o sistema MES
- **Capítulo 4:** são explanados os detalhes mais relevantes sobre a sua implementação
- **Capítulo 5:** é feita uma avaliação do protótipo final

2 Contexto

2.1 Sistemas MES

“Um sistema MES ou Manufacturing Execution System, é um sistema de informação que impulsiona a execução de operações de fabrico. Os sistemas MES permitem a execução de um conjunto de tarefas no chão-de-fábrica que são integradas com outros sistemas em toda a organização e cadeia de suprimento” (traduzido livremente pelo autor) (Critical Manufacturing S.A, 2018)

Um sistema MES permite executar tarefas como monitorizar e aplicar a execução correta do processo de produção, acompanhar e controlar os materiais utilizados no processo produtivo, coleccionar informações sobre o processo de produção, gerir instruções de trabalho, fornecer ferramentas para resolver problemas e otimizar procedimentos bem como para a análise dos dados para otimizar a eficiência. (Aegis Software, 2018) (Valckenaers & Brussel, 2005)

O conceito foi criado inicialmente em 1990, caracterizando um sistema MES como uma classe de sistemas de informação residente na camada de software entre os sistemas de automação de chão de fábrica e os sistemas de planeamento e gestão empresarial conhecidos como ERP – (Enterprise Resource Planning). (O que é MES, 2019)

Os sistemas MES seguem um padrão, para o modelo de dados e as suas relações, denominado (ANSI/ISA 95). Este padrão consiste num método, numa forma de trabalhar, de pensar e de comunicar, e contém modelos e terminologias que podem ser usadas para analisar qualquer empresa de manufatura. Tudo com o objetivo de facilitar a comunicação, evitando diferentes significados para termos gerais. (Scholten, 2007)

Existem vários tipos de sistemas de gestão empresarial/industrial como MES e ERP. Embora os dois sistemas sejam críticos para gerir e planear os processos de manufatura, um sistema MES torna-se a escolha ideal para um processo de produção complexo com múltiplas variações e um grande número de transações, enquanto que um ERP é geralmente projetado para suportar um processo homogêneo com informações operacionais da empresa. (Brandl, 2011) (Critical Manufacturing S.A, 2019) (Scholten, 2007)



Figura 1 - Hierarquia Funcional de Sistemas de Fabrico (PADRÃO ANSI / ISA 95) (Critical Manufacturing S.A, 2019)

Nesta dissertação, o alvo do protótipo será o sistema MES da *Critical Manufacturing S.A.* Este sistema salienta-se dos restantes, por facilitar a implementação de novas funcionalidades *on demand*, providencia uma abstração do modelo de dados de forma a que seja suficientemente genérico para poder ser adaptado ao negócio do cliente facilmente, trazendo vantagens como criar facilmente ecrãs novos sem precisar de escrever código ou adicionar novas entidades à base de dados e novas regras de negócio de forma dinâmica sem precisar de alterar e/ou recompilar o código fonte ou de aceder diretamente à base de dados.

O software é constituído por um *FrontEnd* e por um *BackEnd*, onde o primeiro consiste na interface gráfica Web e o segundo na parte do servidor e base de dados onde está concentrada toda a lógica de negócio.

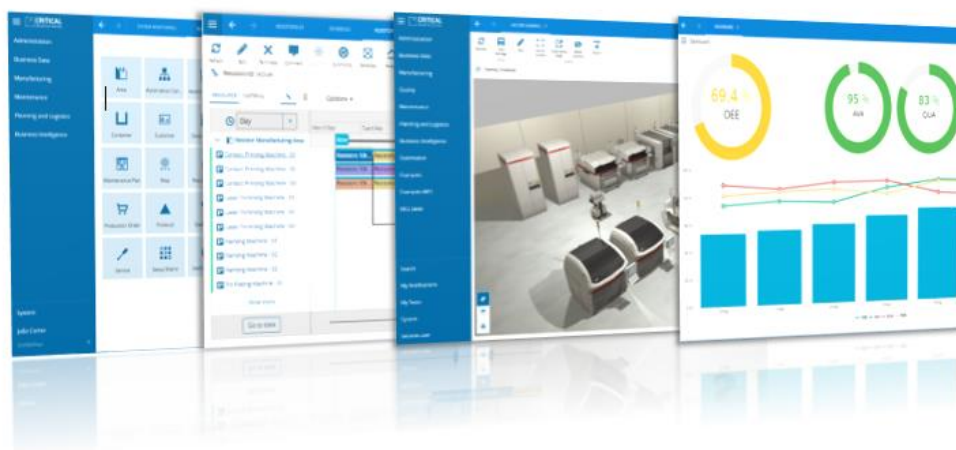


Figura 2 - Critical Manufacturing HTML5 GUI (Graphical User Interface) (FrontEnd)

2.1.1 Modelo de Dados

Um sistema MES opera com vários conceitos e entidades inerentes ao chão de fábrica, mapeando as componentes físicas num modelo de dados relacional estático. Este modelo e as suas relações respeitam o padrão ANSI/ISA 95.

No entanto, tendo em consideração o contexto e o foco do projeto a realizar nesta dissertação, este modelo e as suas relações serão apresentadas na forma como são implementadas no sistema MES da Critical Manufacturing. E sendo que o modelo de dados do MES é bastante extenso e complexo, serão apresentados de uma forma resumida e mais genérica possível os conceitos de mais alto nível, apenas para que o leitor compreenda o funcionamento interno de um MES.

Dito isto, de uma forma resumida e o mais genérica possível, as entidades principais (*toplevel*) do modelo estático de um MES mais relevantes para o projeto são as seguintes:

- Instalação (Fábrica ou Armazém) (*Facility*)
- Área de uma Instalação (Área)
- Fluxo de produção (*Flow*)
 - Passo de um Fluxo de produção (*Step*)
- Produto (*Product*)
- Material usado na produção (Material)
- Recurso ou máquina do chão de fábrica (*Resource*)
 - Serviço providenciado por um Recurso (*Service*)
- Calendário e definição de Turnos de trabalho (*Calendar & Shift Definition*)
- Empregado (*Employee*)
 - Certificação e Qualificação do Empregado (*Certification & Qualification*)
 - Equipa de Empregados (*Team*)

A relação entre estas entidades pode ser representada pelo modelo de domínio seguinte (*Figura 3*):

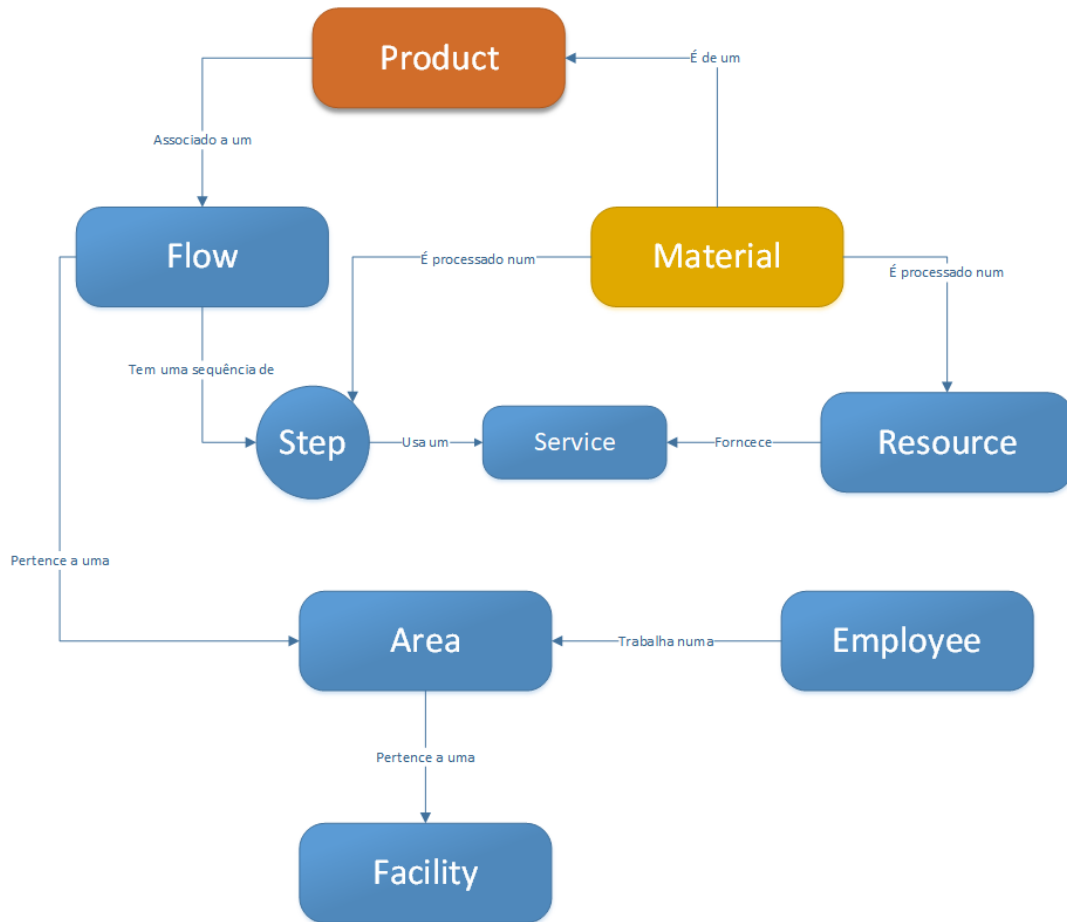


Figura 3 - Modelo de Domínio das Entidades Principais do MES

Num contexto de manufatura, a entidade principal é o produto (*Product*), aquilo que a empresa produz na linha. Um Produto representa um conjunto de características desejadas do Material. Um Produto pode representar as propriedades de:

- Matéria-prima
- Trabalho intermediário em progresso
- Material totalmente manufaturado (o que gera valor para a empresa)
- Material que será incorporado noutra Material - por exemplo, através de material assemblado com base numa lista de Materiais.

Para produzir um produto são utilizados vários recursos físicos e humanísticos de uma forma estruturada, seguindo processos meticulosos para responder às ordens de produção.

Material

Material é qualquer matéria-prima, em *stock* ou em processo. Um material também pode ser uma agregação de materiais. Um material está sempre associado a um produto (*Product*), e pode sofrer vários tipos de operações durante o processo de fabrico.

Flow

Um fluxo do processo (*Flow*) representa uma rota ou caminho predefinido para o material (*Material*). À medida que o material viaja ao longo de um fluxo de processo, este aumenta o seu valor e aproxima-se do produto final. Um fluxo pode ser uma combinação de outros sub-fluxos ou etapas. Um fluxo é definido e mantido por um engenheiro de processo. As etapas (*Step*) dos fluxos podem ser reutilizadas dentro do mesmo fluxo ou em fluxos diferentes.

Facility

Neste contexto, o conceito de *Facility* consiste numa unidade de fabrico física separada onde residem vários recursos (*Resource*) e materiais (*Material*). Uma unidade de fabrico normalmente esta dividida em Áreas (*Area*).

Area

Uma área (*Area*), por sua vez, é um agrupamento lógico de etapas (*Step*) e recursos (*Resource*) que podem ou não ter um local físico correspondente. Uma área também define privilégios de segurança específicos e anexa um Calendário (*Calendar*) de trabalho específico.

Resource

Um recurso (*Resource*) representa qualquer entidade que participa da transformação de material (*Material*) em produtos (*Product*), como equipamentos e pessoal. Um Recurso providencia determinados Serviços (*Service*) que são depois utilizados numa etapa (*Step*) para processar um material naquele recurso. A disponibilidade de qualquer recurso é limitada e baseia-se no estado que reflete o estado real da entidade física. Um recurso pode ser, por exemplo, uma entidade das seguintes:

1. Pessoas
 - a. Técnicos de Manutenção
 - b. Treino e Certificação
2. Equipamentos
 - a. Equipamentos de Transporte

- b. Equipamentos de Armazenamento
- c. Equipamentos de Produção

Employee

Um funcionário (*Employee*) é um utilizador que representa um empregado na empresa (Operário, Técnico, Gestor, Engenheiro, entre outros) que é instanciado para fins funcionais, incluindo:

- Certificações (*Certification*)
- Permissões
- Atribuição de equipas (*Team*) e turnos
- Gestão de utilização de Recursos (*Resource*)
- Gestão de Desempenho
- Calendário de Funcionários (*Calendar*) (Dias de trabalho e Férias)

Os funcionários têm qualificações/certificações conforme o papel que desempenham na fábrica (operador, manutenção, engenharia, entre outros), trabalham segundo turnos definidos e em determinadas equipas, sendo que as funções estão associadas a determinadas funcionalidades do sistema através de permissões específicas associadas ao papel desempenhado.

2.1.2 Fluxo de Produção

Um fluxo de produção de um determinado produto define que existem N materiais que vão ser processados até atingir uma amostra do produto final. Para perceber melhor o conceito, visualiza-se um material inicialmente como uma “ordem de produção” de uma determinada quantidade de um certo produto.

Por exemplo, no caso imaginário de uma fábrica de bolachas, em que se pretende produzir 10kg de bolachas de chocolate, onde existe o Produto - “Bolachas de Chocolate”

Para começar a produção cria-se um Material do Produto em questão com 10kg. Inicialmente esse Material não representa nenhum Produto acabado, mas irá estar associado a todo o processo até atingir o mesmo, ou seja, no início do processo representa a massa para fazer as bolachas, depois a massa moldada, depois a massa cozida e por fim as bolachas já embaladas nos pacotes. Dito isto, até atingir o produto final, um Material passa por várias fases de transformação ou de junção com outros materiais. Começa no início do fluxo e percorre as várias etapas até chegar à sua forma final. Em cada etapa o Material tem a seguinte sequência de estados: Queued (Em fila) → Dispatched (Despachado) → InProcess (Em processamento) → Processed (Processado) O diagrama que ilustra este processo é apresentado a seguir (ver *Figura 4*):

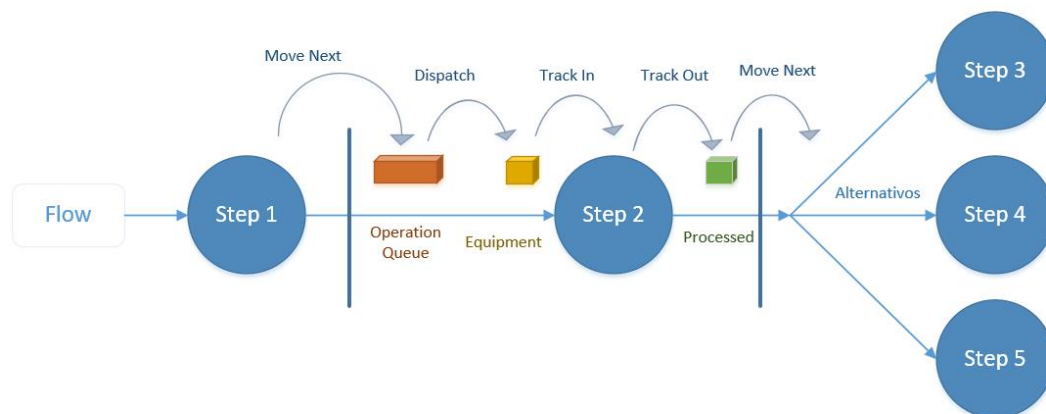


Figura 4 - Estágios do Material numa etapa de um Fluxo

O material começa numa etapa (*Step*) do *flow* e, para ser transferido para a próxima etapa, deverá ser processado na etapa corrente (salvo algumas exceções).

Para entrar para próxima etapa, é executada a operação “*Move Next*” (Mover para o próximo), ficando em fila à espera de ser expedito (*Dispatch*) para dentro da máquina que o vai processar nessa etapa. A operação “*Track In*” permite por o Material dentro do equipamento para ser efetivamente processado. Após o Material ser processado, é removido do equipamento com a operação “*Track Out*”, passando para o estado de processado e ficando pronto para a próxima etapa.

Considerando o exemplo dado acima, um passo (*Step*) considera-se uma estação de trabalho onde se faz o processamento do material (ex: Mistura – onde se misturam os ingredientes para fazer a massa, Cozedura – onde se coze a massa). O conceito operacional de fila na estação de processamento, serão por exemplo, os carrinhos com os tabuleiros das bolachas já moldadas, em fila, à espera de entrar para os fornos de cozedura. O “*Dispatch*” e “*TrackIn*” serão as tarefas de pôr os tabuleiros das bolachas nos fornos e o “*TrackOut*” a tarefa de tirar os tabuleiros do forno com as bolachas já cozidas. O “*MoveNext*” será a tarefa de enviar os tabuleiros com as bolachas já cozidas para a proxima estação de trabalho, por exemplo, o empacotamento.

2.1.3 Instrução e Formação de Funcionários de Linha

Segundo fontes internas da *Critical Manufacturing*, a formação de operários de linha e de utilizadores em geral do MES, é feita de diferentes formas, dependendo da cultura, localização e tipo de indústria do cliente. Como tal, são conhecidas pelo menos duas formas de instruir:

Utilização de Manuais

Este formato de instrução dos operários baseia-se na criação de manuais destinados a explicar as tarefas específicas de um posto ou uma estação de trabalho.

Formação em Sala

Este formato contempla um tipo de formação simulada que consiste na reunião dos operários numa sala, onde se explicam as tarefas utilizando um ambiente simulado, utilizando um exemplo real e criando cenários diferentes. Por vezes são criadas variações nos cenários para simular imprevistos reais, de forma a que estes saibam como reagir em determinadas situações.

É neste ponto que este projeto vai atuar, através da aprendizagem pela experiência de simulação.

2.2 Formação e Aprendizagem através de Jogos

Quando se está perante um contexto novo na vida ou na profissão, é fundamental adquirir o conhecimento, as capacidades, atitudes e comportamentos necessários para uma melhor integração no contexto envolvente.

Normalmente, a vida profissional começa com formação para tal. Porém, a exposição perante contextos nunca vivenciados antes impulsiona a necessidade de aquisição permanente de competências sobre algo específico sobre o qual se vai trabalhar. Neste seguimento, surge então o conceito de formação profissional, que tem como objetivo dar ao indivíduo as habilidades e competências necessárias para poder ter um bom desempenho nas tarefas de uma função relacionadas com a sua profissão.

Segundo (kmed Europa, Lda, 2014) - *“Entendemos a formação profissional, como uma ferramenta imprescindível ao aumento da qualidade e produtividade, permitindo às empresas o seu desenvolvimento e competitividade.”*

Diversas empresas integram sistemas de formação para os seus funcionários de diferentes formas, e em alguns casos essa formação é imprescindível, como por exemplo para um funcionário de linha numa fábrica. Para além dos próprios sistemas de formação, existem outras entidades dedicadas a criar e a vender planos de formação específicos para outras empresas, como formações sobre programas de computador para auxiliar em tarefas de escritório (gestão e contabilidade), ou até mesmo formações de trabalho em equipa, de liderança e desenvolvimento de capacidades de tomada de decisão.

Torna-se determinante fornecer a formação necessária aos funcionários de uma empresa para que estes estejam aptos a realizar as suas tarefas com um bom desempenho. Para isso, é necessário desenvolver projetos de formação eficazes que permitam que os

formandos no final sejam capazes de aplicar os conhecimentos na prática dentro do contexto que vão estar inseridos, adquirindo conhecimento e habilidades para usarem na sua situação de trabalho.

2.2.1 Formação Digital

Com a rápida evolução da tecnologia, presenciamos um aumento na utilização de processos de aprendizagem *online* (*e-learning*), que correspondem a um modelo de ensino não presencial apoiado pelas Tecnologias de Informação e Comunicação. Ao utilizar estes processos de ensino, aumentam as possibilidades de difusão do conhecimento e da informação para os formandos, permitindo que o conhecimento esteja disponível a qualquer hora e em qualquer lugar, o que acaba por trazer várias vantagens como:

- Rápida atualização dos conteúdos
- Personalização dos conteúdos transmitidos
- O ritmo de aprendizagem pode ser definido pelo próprio utilizador/formando
- Custos menores quando comparados à formação convencional.
- Desenvolvimento de capacidades de autoaprendizagem

Há duas categorias de sistemas de distribuição de educação à distância - síncrona e assíncrona. A formação síncrona requer a participação simultânea de todos os formandos e do formador, sendo realizada em tempo real e tem uma relação imediata. A formação assíncrona é mais flexível dado que é desnecessária a participação simultânea de todos os formandos e do formador, fazendo com que os formandos possam aprender ao seu ritmo, definindo os seus horários e acedendo ao conteúdo quando mais lhes convém. (IEFP, s.d.)

Para um programa de formação digital presencial ou à distância ter sucesso são necessários três elementos chave: (IEFP, s.d.)

- Uma boa estrutura da formação
- Seleção da tecnologia e plataforma mais apropriada
- Sistema de suporte ao formando

Contudo, nesta área do *e-learning*, também é necessário desenvolver estratégias que envolvam e motivem formandos e formadores no uso das plataformas. *“Por isso, temos o conceito de “Gamificação” que é uma abordagem que tem vindo a ganhar algum destaque, e a qual se pode definir como a aplicação de elementos característicos dos jogos em*

ambientes não lúdicos, neste caso, aplicados a ambientes de formação online.”

(Universidade do Minho, 2018)

A gamificação de um processo de formação, atinge-se desenvolvendo jogos que consigam transmitir o conhecimento aos formandos de ludicamente, utilizando estratégias que façam com que os formandos e formadores estejam mais motivados e envolvidos no processo formativo, trazendo uma maior probabilidade de sucesso na retenção do conhecimento.

Ao desenvolver jogos com um propósito educativo, é essencial que o formando, ao jogar o jogo, adquira habilidades de forma a conseguir aplicar na prática o que aprendeu.

Considerando um emprego, a utilização de um jogo que recorre à simulação para formar os funcionários é uma forma muito direta e eficaz de ensinar como realizar determinadas tarefas e como tomar certas decisões num contexto real. Ao jogar a simulação, o formando vivencia experiências nesse ambiente controlado, ficando mais preparado para a realidade e sabendo como reagir em determinadas situações.

Um estudo da Universidade do Colorado mostrou que as organizações que utilizam jogos para treinar os funcionários acabam com trabalhadores com mais habilidades e mais motivados, que aprendem mais e esquecem menos comparando com os trabalhadores que aprendem em ambientes menos interativos e mais passivos. (University of Colorado Denver, 2010)

2.2.2 Jogos Sérios

Os jogos estão presentes, de diferentes formas, no dia-a-dia. Há jogos desportivos, que envolvem atividade física; jogos intelectuais, que envolvem raciocínio e lógica, como os jogos de tabuleiro; jogos de mesa de socialização, para serem jogados com vários jogadores; e existem os jogos digitais, que podem ser jogados individualmente contra adversários virtuais. Todos estes jogos têm o mesmo propósito de entreter os jogadores, de os persuadir, ensinar algo ou de satisfazer algumas das suas necessidades intelectuais ou sociais.

Num jogo, encontramos um equilíbrio entre dois aspetos essenciais: o didático e o de entretenimento, onde normalmente um predomina. Os jogos mais comuns são os vocacionados para o entretenimento, absorvendo um público mais vasto e diverso, fazendo parte de um mercado que gera muito lucro e que está em constante crescimento. No entanto, a partir dos anos 90, passou a assistir-se a um interesse crescente relativamente aos jogos *digitais*, *fazendo com que exista uma dedicação por profissionais de diferentes áreas a investigar e avaliar a utilidade dos jogos para outros fins que não os tradicionais*. (Vilas, 2012)

Os jogos com um teor mais didático são normalmente denominados de jogos sérios (*serious games*). Estes são usados num âmbito baseado numa metodologia de

aprendizagem, o que implica ter uma jogabilidade articulada com essa necessidade, uma vez que os jogadores precisam de ser capazes de reter e aplicar na vida real o que aprenderam no jogo sério.

“Os jogos sérios são projetados para alcançar um efeito educacional e alcançar algum grau de formação numa determinada área. Atualmente, são usados em sectores como defesa, educação, exploração científica, assistência médica, gestão de emergência, planeamento urbano e muitos outros.” (Heidmann, 2015) (tradução livre do autor).

São considerados também abordagens instrutivas promissoras em diferentes áreas, incluindo o ensino de manufatura e engenharia. (Leal, 2017)

O setor da educação está a ganhar cada vez mais interesse nos Jogos Sérios, explorando as mais recentes tecnologias de simulação e visualização. A vantagem dos Jogos Sérios é que são capazes de contextualizar a experiência do jogador em ambientes desafiadores e realistas, incentivando os jogadores à exploração livre de várias situações complementando a aprendizagem formal. (Alessandro, Francesco, & Riccardo, 2014)

Existem várias formas de definir um jogo sério, e determinadas fontes atribuem a característica de que um jogo sério não se destina exclusivamente à diversão, levantando a questão – “Como é que um jogo pode ser sério e ao mesmo tempo divertido?”.

Inicialmente, os jogos sérios, tanto digitais como não digitais, foram usados para treinar pessoas em tarefas associadas a determinadas profissões. Nestes casos, muitas vezes não havia necessidade de fazer os jogos especialmente envolventes e apelativos, pois eram apenas requisitos do trabalho. (Read, 2015)

Mais tarde, foi apresentada por (Sawyer & Smith, 2008) uma nova abordagem ou taxonomia que faz esta conexão através de uma classificação mais abrangente dos jogos, onde todos são considerados como sérios e estes se dividem em duas categorias: os com propósito de entretenimento e os com propósito para além do entretenimento (*serious games*).

Esta classificação tem como objetivo tentar agrupar e categorizar todos os jogos numa tabela dependendo do seu objetivo e do contexto (*Tabela 1*).

	Jogos para a Saúde	Jogos Publicitários	Jogos para Treino	Jogos para a Educação	Jogos para a Ciência e Investigação	Produção	Jogos como trabalho
Governo & ONGs	Educação em Saúde Pública e resposta a catástrofes	Jogos Políticos	Treino de Funcionários	Informação ao Público	Planeamento/ Recolha de Dados	Planeamento político e estratégico	Diplomacia pública, pesquisa e opinião
Defesa	Reabilitação e bem-estar	Recrutamento e propaganda	Apoio à formação do soldado	Apoio educativo domiciliário	Jogos de guerra e planeamento	Planeamento de guerra e investigação sobre armamento	Controlo e comando
Cuidados de Saúde	Ciberterapia/ Exergaming	Política de saúde pública e campanhas de consciencialização social	Jogos de treino para profissionais de saúde	Jogos para pacientes	Visualização/Epidemiologia	Design e fabrico de Biotecnologia	Logística e planeamento de resposta de saúde pública
Comunicação e Marketing	Publicidade do tratamento	Publicidade, Marketing com jogos, distribuição do produto	Utilização do Produto	Informação sobre o Produto	Pesquisa de Opinião	Machinima (<i>machine + animation</i>)	Pesquisa de Opinião
Educação	Informar sobre doença/risco	Jogos sobre questões sociais	Treinar professores / Desenvolver competências	Aprendizagem	Recrutamento e Ciência empresarial	Documentário	Ensino/ Aprendizagem em à distância
Empresas	Informação sobre saúde e bem-estar do trabalhador	Educação e consciencialização do cliente	Formação/ Treino de funcionários	Certificação e Educação contínua	Publicidade/ Visualização	Planeamento estratégico	Controlo e comando
Indústria	Segurança no trabalho	Vendas e recrutamento	Formação/ Treino de funcionários	Educação dos Operários	Simulação da Otimização de Processos	Design de Nano/ Biotecnologia	Controlo e comando

Tabela 1 - Taxonomia dos Jogos Sérios (Sawyer & Smith, 2008)

Os jogos com um propósito educativo podem ser de qualquer género e feitos em qualquer tecnologia, podem ser aplicados em diferentes áreas e contextos. Muitas vezes baseiam-se em simulações que têm a aparência de um jogo, mas que correspondem a eventos ou processos reais, onde normalmente retratam operações comerciais, operações militares, condução e pilotagem de aparelhos e veículos, resgate e salvamento, emergências médicas, entre outros - de forma a preparar os profissionais para quando forem de facto interagir com a realidade.

Um jogo que simule uma situação perigosa/crítica e que ao mesmo dê a liberdade ao jogador para explorar diferentes ações e as suas respetivas repercussões, pode ser um fator-chave para reduzir a probabilidade de este cometer um erro numa situação real, pois irá estar mais preparado para ser capaz de prever as consequências de uma determinada ação mal-executada. (Alessandro, Francesco, & Riccardo, 2014)

O projeto a ser desenvolvido nesta dissertação insere-se na categoria de treino de funcionários em empresas, como se pode observar a sombreado na *Tabela 1*.

2.2.3 Soluções para Treino e Formação Digital no trabalho

Neste capítulo, serão apresentados alguns exemplos de soluções existentes no mercado relacionados a temática de formação e treino no trabalho. Direcionados a funcionários, operadores de fábrica e gestores, entre outros.

Serão apresentadas soluções de três tipos:

- Simulação
- Jogos Sérios
- Gamificação

Nas soluções de simulação, o foco é ensinar através de uma pré-experiência simulada num ambiente controlado, de forma aproximada à realidade. Depois, existem os Jogos Sérios que têm o propósito educativo através de um processo de entretenimento baseado na satisfação. Por fim, existem também as soluções de gamificação, que introduzem mecânicas e conceitos de jogabilidade num contexto real de forma a criar motivação dos colaboradores através da competição interna e recompensas pelo desempenho.

Simulação

Seguidamente, serão elencadas algumas soluções encontradas no levantamento do Estado da Arte, relacionadas com treino e formação recorrendo à simulação, principalmente para operários e técnicos.

VISTRA – NATURAL INTERACTION FOR VIRTUAL ASSEMBLY TRAINING

A VISTRA (*Figura 5*) é uma solução para treinar operadores de linhas de montagem com recurso a um ambiente virtual, para simular um contexto real dentro de uma fábrica, num determinado posto de uma linha de montagem. Com base nesta ferramenta de simulação, para além da preparação dos operários na realização das tarefas de montagem com o melhor desempenho e o menor desperdício, conseguem investigar-se diferentes processos de montagem, as características mecânicas e físicas dos equipamentos e ferramentas e a inter-relação entre as diferentes partes e fatores que afetam o desempenho da operação. (Ordaz, Romero, Gorecky, & R. Siller, 2015)

Este sistema utiliza uma configuração de hardware projetada para permitir uma interação natural e mais realista com os objetos virtuais e o ambiente virtual. Utiliza uma câmara Microsoft Kinect para rastreamento das mãos e corpo e um Comando Nintendo WiiMote para a manipulação dos objetos virtuais, permitindo simular processos de soldadura, de encaixe de peças, de aparafusamento, entre outros. (Ordaz, Romero, Gorecky, & R. Siller, 2015)



Figura 5 - VISTRA - configuração de Hardware. Retirado de (Ordaz, Romero, Gorecky, & R. Siller, 2015)

KAIROS 3D – GILGAMESH

A Kairos 3D é uma empresa de desenvolvimento de soluções 3D em tempo real comprometida com a criação de valor através de experiências em 3D. Esta empresa desenvolve um sistema de treino 3D imersivo (*Gilgamesh*) (Figura 6) que consiste numa plataforma de software intuitiva para criar, implantar e manter facilmente simulações altamente realistas para pesquisa, treino de operadores de campo, manutenção entre outros, disponibilizando o treino em formato de tutorial, exercícios individuais e de trabalho em equipa com modos de avaliação e sessões de treino assistidas remotamente. (Kairos 3D, 2018)

A plataforma permite importar modelos 3D CAD, que normalmente as empresas possuem para depois criar ambientes simulados e interativos e fazer a implantação em sistemas *mobile* para depois serem utilizados para dar formação aos operadores.

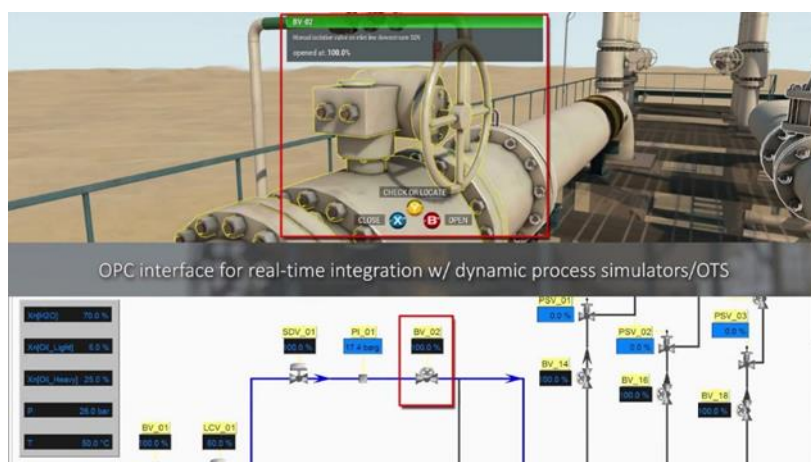


Figura 6 – Plataforma Gilgamesh. Retirado de (Kairos 3D, 2018)

THE PULL® LEARNING FACTORY

A Universidade de Ciências Aplicadas de Landshut criou, em 2010, uma mini-fábrica fictícia projetada principalmente para ensinar e treinar métodos e princípios de produção e logística aos estudantes de Licenciatura e Mestrado e Engenharia Industrial e Gestão. Têm também como propósito secundário, a utilização para a investigação de processos e gestão de produção. (Blöchl, 2016)

A mini-fábrica (*Figura 7*) consiste numa linha de montagem física operada manualmente para produzir carrinhos de transporte, ocupando uma área de apenas 200 m². A linha e o produto são uma cópia de uma configuração existente numa empresa de produção e após cada sessão de treino ou formação, os carrinhos (o produto) são desmontados para reutilização. O suprimento de materiais para as sete estações de montagem é organizado com um carrinho de reboque sincronizado num conceito de supermercado. Utiliza-se uma abordagem didática através de um jogo de simulação que enfatiza as competências metodológicas em produção e logística. A estratégia do cenário de aprendizagem é composta por uma demonstração e um cenário fechado. (Blöchl, 2016)



Figura 7 - Mini-Fábrica (The PuLL® Learning Factory) (Blöchl, 2016)

VIRTUAL REALITY HOUSE BY TRAIN4TRADESKILLS

A *Virtual Reality House* (*Figura 8*) é uma aplicação que pretende criar um ambiente virtual de treino para aprendizes de um curso de reparações domésticas (canalização), ou seja, permite que os aprendizes pratiquem as suas habilidades num ambiente de virtual controlado, dando a liberdade para explorar várias ações e as suas consequências. Isto é, permite que cometam erros e aprendam com eles, com o objetivo de adquirir confiança e competência antes de embarcar no treino prático do curso. (elearningsuperstars, 2019)

A aplicação: (Sanal, 2018)

- Traz um ambiente de realidade virtual totalmente simulado que faz com que o aluno experimente a similaridade com seu ambiente de trabalho.
- Usa elementos 3D para trazer uma sensação mais realista ao ambiente, sendo que o

ambiente simulado 3D funciona melhor quando os trabalhadores estão a aprender habilidades práticas.

- O envolvimento do utilizador é assistido, permitindo que este resolva os problemas no ambiente virtual, como por exemplo, consertar um a fuga num tubo de água. O aluno pode observar as ferramentas necessárias e executar a atividade.

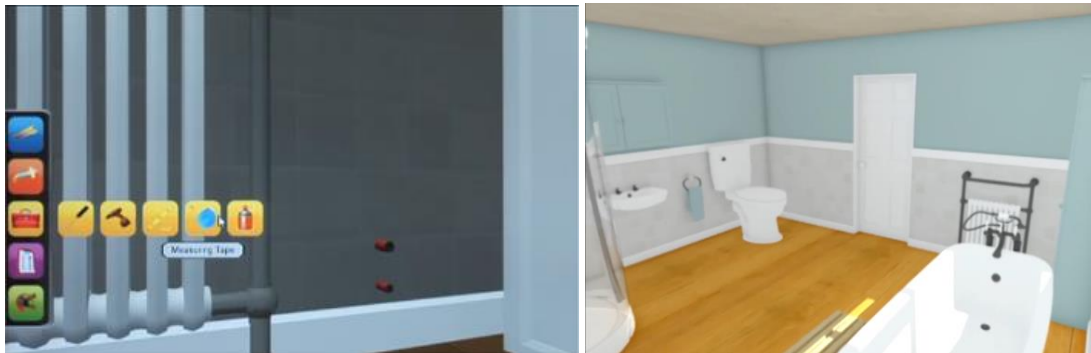


Figura 8 - Virtual Reality House (elearningsuperstars, 2019) e (Sanal, 2018)

Jogos Sérios

A seguir serão apresentadas algumas soluções encontradas no levantamento do Estado da Arte, baseadas em jogos sérios para aprendizagem e treino.

ALLUCYNE 3D

A empresa Allucyne 3D implementou uma solução para a companhia de gás natural da Nigéria, para treinar os engenheiros sobre o equipamento técnico para conversão de energia no centro de produção de gás liquefeito. A solução consiste num simulador 3D onde são construídos perfis de treino para diferentes cargos na empresa (engenheiro Júnior, Sénior, entre outros) que consistem numa determinada missão com um objetivo de resolver algum problema no ambiente operativo. Esta plataforma de simulação em formato de jogo sério permite ensinar os processos de ajuste e manutenção dos equipamentos em simulações acompanhadas por um tutorial para preparar previamente os engenheiros (*Figura 9 e Figura 10*). (Allucyne, 2019)



Figura 9 - Ecrãs LCI Training Simulator – Welcome (Allucyne, 2019)

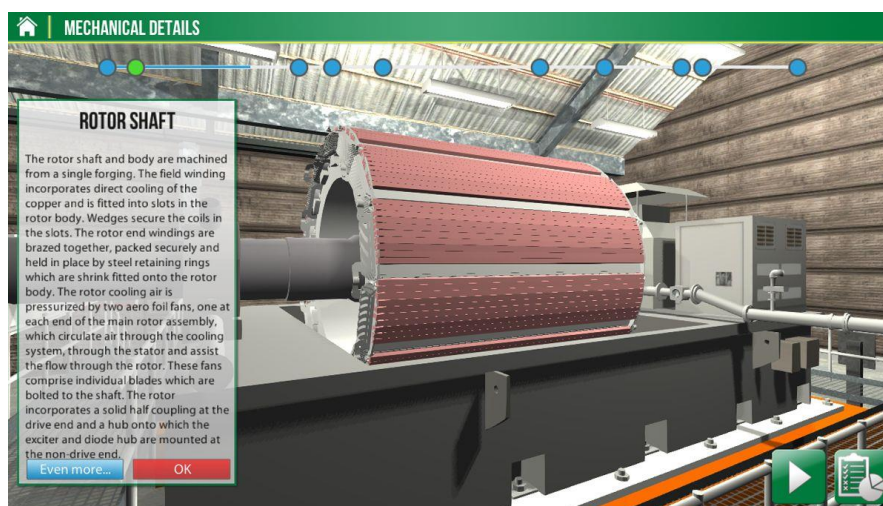


Figura 10 - Ecrãs LCI Training Simulator - Mechanical Details (Allucyne, 2019)

GAMELEARN

A Gamelearn é uma empresa com o objetivo de fornecer soluções de aprendizagem e formação divertidas e eficazes. A empresa fá-lo através do desenvolvimento de jogos sérios para empresas ou para escolas que ajudam a desenvolver *soft-skills* dos formandos e ajudam no processo de integração. A Gamelearn tem a seguinte missão:

“Um dos nossos principais objetivos é tornar a aprendizagem divertida. Enquanto crianças, todos nós aprendemos jogando e brincando. No entanto, à medida que envelhecemos, gradualmente livramos-nos dessa capacidade de aproveitar a aprendizagem.

Acreditamos que aprendemos de forma mais eficiente quando nos divertimos e queremos recuperar essa forma de aprender nas empresas de todo o mundo.” (traduzido livremente pelo autor) (GameLearn, 2019)

Baseando-se num estudo da Universidade Técnica Federico Santa María Valparaíso (Chile) (L. & A., 2008), a Gamelearn afirma que as vantagens de usar o jogo para treinar ou ensinar são as seguintes:

- Aumenta a capacidade de liderança
- Melhora a capacidade de tomar decisões
- Otimiza a gestão de tempo e de tarefas
- Aumenta capacidade a resolução de conflitos
- Melhora a comunicação

A empresa tem vários jogos desenvolvidos com diferentes propósitos, nomeadamente:

- **Mars:** Jogo Sério personalizável para as iniciativas de treino e comunicação interna de uma empresa (*Figura 11*);
- **Pacific:** Jogo sério sobre liderança e gestão de equipas (*Figura 11*);
- **ADA:** Jogo sério para comunicação interna, treino e integração
- **2100:** Jogo sério sobre atendimento ao cliente
- **Merchants:** Jogo sério para desenvolver *skills* de negociação e resolução de conflitos
- **Triskelion:** Jogo sério para gestão de tempo e de produtividade pessoal



Figura 11 - Capturas de ecrã dos jogos “Mars”(a) e “Pacific”(b).

Gamificação

Finalmente, nesta secção, serão apresentadas soluções de gamificação encontradas no levantamento do Estado da Arte, vastamente utilizadas em sistemas de informação empresariais e com o principal intuito de motivar os funcionários a melhorar o seu desempenho no trabalho.

BADGEVILLE

A Badgeville é uma empresa que desenvolve soluções direcionadas baseadas em gamificação, projetadas para orientar o uso de aplicações empresariais. As principais áreas de aplicação da Badgeville incluem comunidades online, desempenho de vendas, gestão de aprendizagem, treino em conformidade e suporte ao cliente, onde a gamificação é usada para conduzir ações ou processos específicos.

É uma plataforma que foi projetada para oferecer uma experiência envolvente aos utilizadores permitindo avaliar, identificar comportamentos do utilizador utilizando um sistema de pontuações e medalhas para fomentar a competição entre os funcionários, resultando num aumento de desempenho e motivação dos mesmos (*Figura 12 e Figura 13*). (Badgeville Reviews, 2019)



Figura 12 - Digicomp - Employee Profile (Badgeville Reviews, 2019)

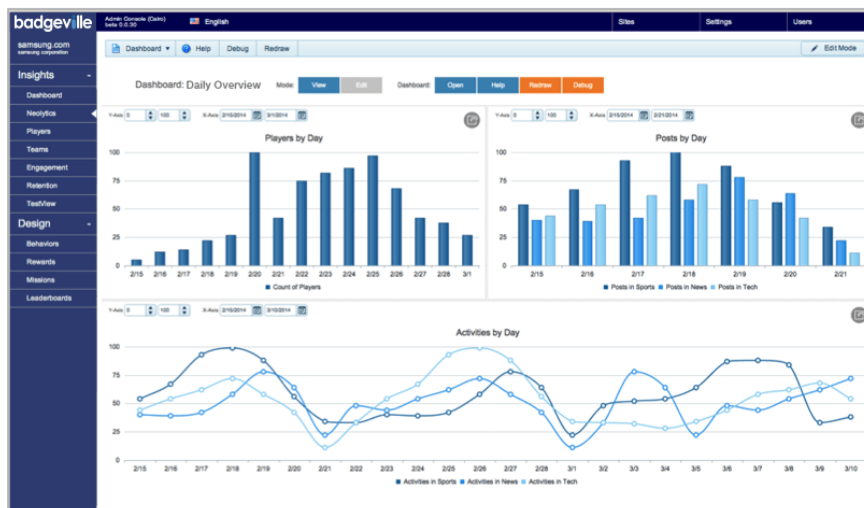


Figura 13 - Badgeville Portal - Dashboard (Badgeville Reviews, 2019)

ZURMO

O Zurmo CRM é uma plataforma *open-source* de gamificação para incentivar os funcionários a compreenderem os princípios de um software CRM (*Customer Relationship Management*) (Figura 14). Isto é conseguido através da gamificação do processo de aprendizagem na adoção de um novo software de CRM, uma tarefa que pode ser complicada para os funcionários. O Zurmo, portanto, pode ser visto como um acréscimo a uma nova aplicação, seja software de gestão de projetos, automação de marketing ou software de vendas. Para além de fomentar a introdução de todos os conceitos do software alvo, outros benefícios incluem:

- Melhorar a comunicação interna;
- Melhorar campanhas, baseando-se em métricas prévias;
- Identificar demografia e segmentos de mercado;
- Acompanhar os principais indicadores de desempenho. (Zurmo, 2019)

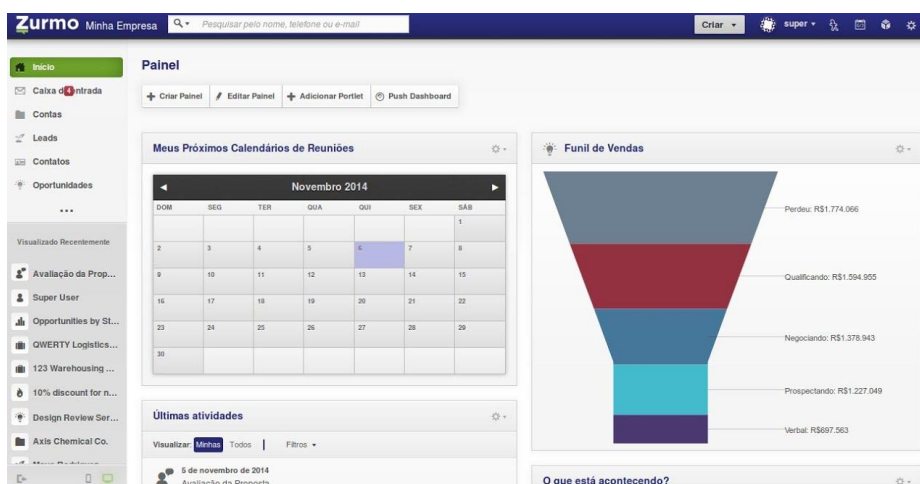


Figura 14 - Zurmo CRM captura de ecrã (Zurmo, 2019)

3 Design da Solu7ao

3.1 Conceito

Este projeto visa principalmente o desenvolvimento de um jogo s3rio, que consistirá numa simula7ao onde o jogador controla um avatar na terceira pessoa atrav3s de uma representa7ao 3D da fábrica. O avatar poderá interagir com os equipamentos e com terminais localizados em cada uma das esta7oes de trabalho, como se fosse o pr3prio operador atrav3s de pontos de intera7ao. Nesses pontos, surge uma pequena janela em primeiro plano, onde é aberta uma página do sistema específica da esta7ao ou equipamento onde o jogador pode efetuar opera7oes no sistema.

O m3dulo será constituído por um portal de treino que permitirá aos administradores criarem desafios (ou mini-jogos) que serão mais tarde jogados pelos outros utilizadores.

Cada jogo/desafio precisa de um conjunto de objetos do sistema como *input* que são gerados atrav3s de scripts do sistema criados pelo administrador e que são executados sempre que o jogo se incia.

Um possível cenário de exemplo, seria uma fábrica de bolachas, onde o objetivo final seria produzir uma quantidade pr3-estabelecida de um tipo de bolachas. O jogo estaria dividido em vários objetivos e cada objetivo definia uma tarefa de registo no sistema de todos os dados que acompanham o processo de fabrico das bolachas, desde a entrada dos ingredientes na máquina de misturar até a saída das bolachas do forno.

A conclusão de um jogo é determinada por um tempo limite ou a conclusão de todos os objetivos. A pontua7ao  atribuída mediante o número de objetivos concluídos. Os erros cometidos ao longo do percurso podem levar ao t3rmino precoce, resultando no insucesso, for7ando o jogador a ter de o repetir.

O utilizador terá tamb3m acesso a um perfil de jogador onde pode consultar o seu hist3rico de desafios jogados e a classifica7ao obtida em cada um.

Uma ilustra7ao do conceito pode ser visualizada na *Figura 15*.

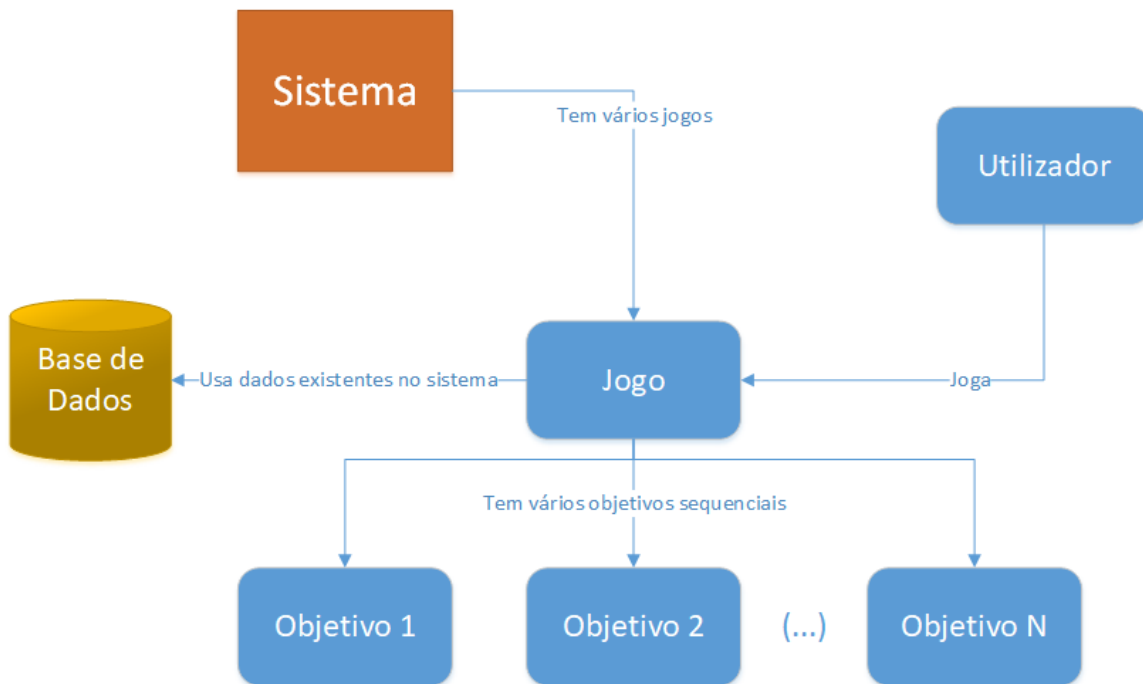


Figura 15 - Diagrama de conceito

3.1.1 Aspeto e Conteúdo Gráfico

Quanto à componente gráfica, o estilo do jogo foi previamente decidido no momento da conceção da ideia, tendo em vista o aproveitamento dos dados do módulo existente no sistema - fabLive3D (ver a seguir).

O jogo irá consistir no controlo de um avatar dentro de uma representação 3D de uma fábrica. Este é um conceito muito utilizado nos jogos de simulação, como pode ser observado na *Figura 16* e *Figura 17*.



Figura 16 - FlexSim - Simulation Factory (FlexSim Software Products, Inc., 2019)

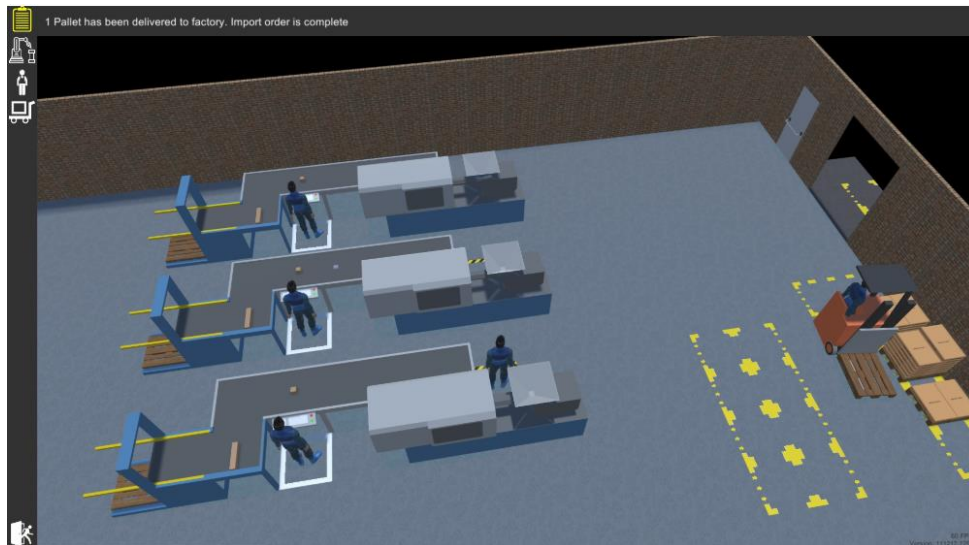


Figura 17 - Factorico - Factory simulation game (Tauchim, 2019)

fabLive3D

Os dados da representação da fábrica (o cenário do jogo) serão reutilizados do fabLive3D, um módulo da GUI do sistema MES que permite desenhar uma representação de uma fábrica em 3D para posterior monitorização do estado dos diferentes equipamentos e dos materiais na linha de produção em tempo real e de uma forma imersiva.

Este módulo permite criar uma instância de um fabLive3D onde o utilizador pode desenhar formas 3D ou importar objetos 3D externos, agrupando-os por camadas ou grupos, para depois associar entidades do sistema aos mesmos. Uma instância tem dois modos de operação: o de edição, onde se constrói a representação 3D e o de *runtime*, onde se pode ver a informação em tempo real dos equipamentos.

No modo de edição, são criados grupos (*Layers* ou Camadas) de objetos que estão associadas a um tipo de entidade (*Resource*, *Material*, entre outros). Estes grupos definem qual a propriedade a observar das instâncias desse tipo de entidade e que cores os objetos pertencentes ao grupo vão ter para cada valor mapeado. A cada objeto do grupo podem ser associadas entidades do sistema do mesmo tipo de entidade.

No modo de *runtime* (Figura 18), os objetos mudam de cor de acordo com os mapeamentos cor-valor feitos no modo de edição. Por outras palavras, um equipamento no estado “produtivo” obtém uma cor verde e no estado “parado” obtém uma cor vermelha.

Para além dos mapeamentos cor-valor para monitorização, podem também ter localização automática. Isto é, assim que a localização GPS do objeto muda, este desloca-se para a nova posição no fabLive em tempo real, sendo esta ferramenta útil para rastrear materiais na linha de montagem ou de veículos de transporte e robôs dentro da fábrica.

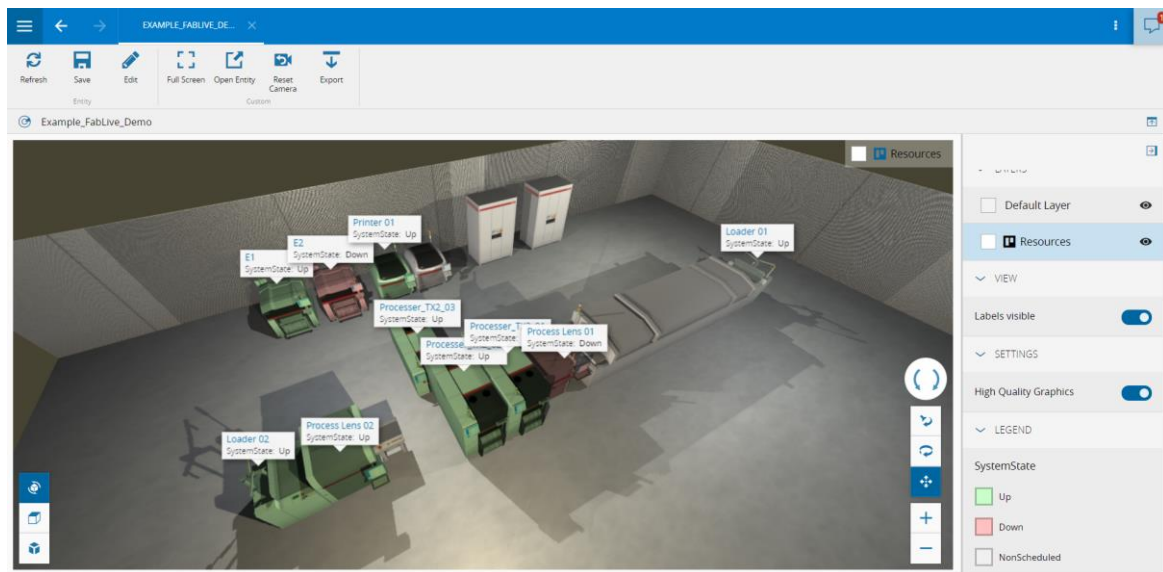


Figura 18 - Exemplo de um fabLive3D (Modo Runtime)

3.2 Game Design

3.2.1 Conteúdo Jogável e Desafios

Como o jogo vai poder ser adaptado ao contexto de utilização do MES, irá permitir aos administradores criar ou preparar os jogos/desafios. Os desafios serão direcionados para a aprendizagem do funcionamento do sistema, por isso, as abordagens que interessaram avaliar são relativas à forma de “Como” e por “Quem” é que o conteúdo do jogo será criado e como serão as regras e os objetivos definidos.

Para isso, foram pensadas as seguintes abordagens:

Abordagem Estática

Nesta abordagem, o conceito do jogo é limitado a um contexto mais estático e que utiliza metadados registados previamente no sistema, com níveis pré-concebidos. Assim, aplica-se um exemplo fixo, que representa uma fábrica e um conjunto de processos de fabrico relativos a um conjunto de produtos fictícios. Com esta abordagem os jogadores aprendem a utilizar o MES focando a aprendizagem dos conceitos e o propósito das diversas funcionalidades e operações.

Abordagem Dinâmica ou Genérica

Nesta abordagem, o conceito do jogo estende-se principalmente para uma plataforma de treino onde o administrador de sistema cria todo o conteúdo jogável (os diferentes desafios) de uma forma totalmente personalizável, definindo os objetivos e o critério de conclusão de cada um. Cada objetivo define um conjunto de estados esperados para determinadas instâncias criadas no início do jogo, e a pontuação obtida na conclusão do jogo/desafio é calculada automaticamente no sistema. Os dados utilizados no jogo serão aproveitados do sistema, dando a possibilidade de utilizar dados reais da fábrica para criar os desafios. Deste modo, o administrador ganha flexibilidade para criar planos de treino muito específicos e os jogadores aprendem a utilizar o MES com recurso a dados e exemplos do contexto específico onde estão inseridos.

A *Tabela 2* resume e compara as características de cada abordagem.

	Estática	Dinâmica/Genérica
Esforço na configuração	Não precisa	Alguma
Flexibilidade	Muito pouca	Muita
Desafios motivadores	Sim	Depende da configuração dos níveis
Garantia na eficácia de aprendizagem	Sim	Depende da configuração dos níveis

Tabela 2 - Comparação entre abordagens de criação de conteúdos/desafios

Posto isto, após discussão e comparação das diferentes abordagens, concluiu-se que a abordagem genérica seria a mais vantajosa, graças ao facto de trazer a flexibilidade para que o cliente possa criar cenários adaptados à realidade do negócio.

3.2.2 Controlos e Interação

O jogo começa com o avatar do jogador num determinado ponto da fábrica. O jogador pode mover o seu avatar ao longo da área da fábrica e interagir com os equipamentos.

Os controlos são os seguintes:

- **Tecla Cima:** Mover o avatar para a frente
- **Tecla Esquerda:** Rodar o avatar para a esquerda
- **Tecla Direita:** Rodar o avatar para a direita
- **Tecla 'E':** Interagir com o equipamento/ponto de interação
- **Tecla 'C':** Alternar entre a vista de topo e a vista de 3ª pessoa
- **Mover o Rato (Vista de Topo):** Alterar a posição da câmara

O personagem pode andar pela fábrica virtual livremente e pode interagir com equipamentos (*Resources*), com estações de trabalho (*Steps*) e áreas de trabalho (*Area*) quando está perto de um objeto 3D que os representa (normalmente um terminal com um computador)

Ao interagir com o objeto é aberta uma pequena janela em primeiro plano onde é aberta uma página do sistema relativamente à entidade, ou seja, no caso da área (*Area*) abre a página *AreaView* (Figura 19), no caso da estação (*Step*) abre a página *StepView* (Figura 20), e no caso do equipamento (*Resource*) abre a página *ResourceView* (Figura 21). Nestas páginas, está concentrada a informação mais relevante sobre as entidades em questão e é dado o acesso às operações que podem ser efetuadas para essa mesma entidade.

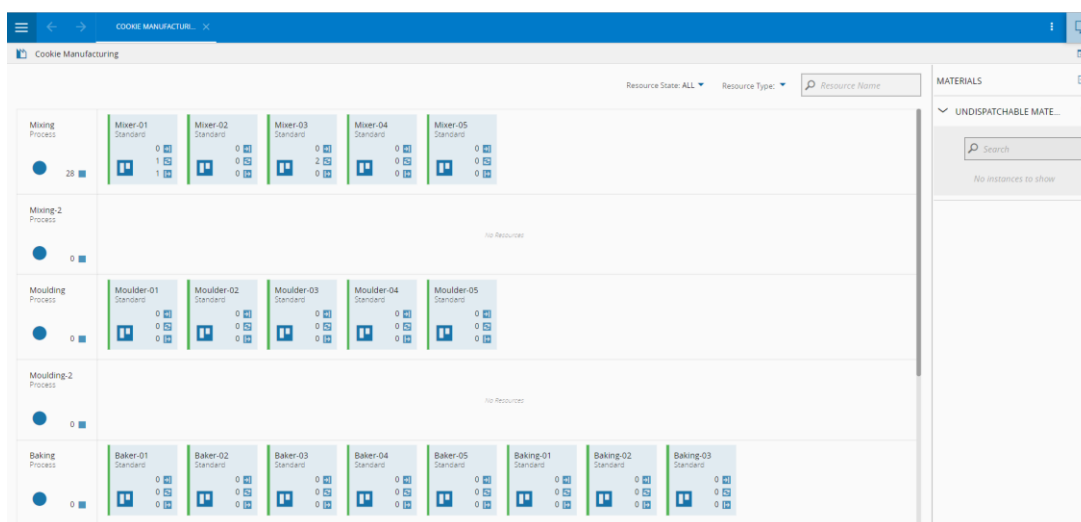


Figura 19 - Area View

Jogo Sério para formação de utilizadores em Manufacturing Execution System

Step Materials

MATERIAL	QTY	UNITS	PRODUCT	FLOW	PRIORITY	STATE	IN-OFF-FLOW
Cookie02	17	Kg	Belgas	CookiesFlow	5	Queued	No
JM_Material_201901...	1	Wafers	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
JM_Material_201901...	61	Containers	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
JM_Material_201901...	22	Cookies	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
JM_Material_201901...	6	Cookies	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
JM_Material_201901...	100	Cookies	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
JM_Material_201901...	33	Cookies	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
JM_Material_201901...	100	Chips	Oreos	CookiesFlow	5	Processed	No
JM_Material_201901...	0	Kg	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
Material20190100102	0	Cookies	Oreos	CookiesFlow	5	In Process	No
Material20190100103	88	Linac	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
Material20190100107	46	Cookies	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
Material20190100108	79	Cookies	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No
Material20190100109	99	Cookies	Oreos	CookiesFlow	5	Queued	No

STEP RESOURCES

- Mixer-01 Standard: 0 kg, 1 min, 1 min
- Mixer-02 Standard: 0 kg, 0 min, 0 min
- Mixer-03 Standard: 0 kg, 2 min, 0 min
- Mixer-04 Standard: 0 kg, 0 min, 0 min
- Mixer-05 Standard: 0 kg, 0 min, 0 min

Figura 20 - Step View

Mixer-01 (Productive)

ORDER	MATERIAL	QTY	UNITS	PRODUCT	FLOW	STEP	PRIORITY	STATE	IN-OFF-FLOW
1	Cookie02	17	Kg	Belgas	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
2	Material20190100765	0	Kg	Belgas	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
3	JM_Material_201901...	1	Wafers	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
4	JM_Material_201901...	61	Containers	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
5	JM_Material_201901...	22	Cookies	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
6	Material20190100651	2	Containers	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
7	Material20190100652	1	Containers	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
8	JM_Material_201901...	6	Cookies	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
9	Material20190100103	88	Linac	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
10	Material20190100107	46	Cookies	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
11	Material20190100108	79	Cookies	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
12	Material20190100109	99	Cookies	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
13	Material20190100110	99	Cookies	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No
14	Material20190100111	10	Cookies	Oreos	CookiesFlow	Mixing	5	Queued	No

Figura 21 - Resource View

3.2.3 Regras e Pontuação

Cada jogo contém uma sequência de objetivos e um tempo limite. O jogo termina quando os seguintes critérios são atingidos:

- O jogador concluiu todos os objetivos
- O jogador atingiu o tempo limite do jogo

Ao terminar um jogo, o jogador recebe uma classificação (1-5) conforme os objetivos completados (N) em relação ao número de objetivos totais (T). A classificação determina a qualidade da performance do jogador (*Equação 1*)

$$C = \text{Round} \left(\frac{N}{T} \times 5 \right)$$

Equação 1 – Classificação de um jogo

3.2.4 Mecânicas

O principal propósito do jogo é a simulação do ambiente em fábrica para dar uma imersão e um contacto prévio com o sistema antes de ser utilizado em ambiente produtivo. Por isso, o jogo adota uma mecânica ao estilo de *sandbox* onde o jogador tem bastante liberdade e onde as suas ações definem o seu próximo passo e o percurso do jogo.

Com o objetivo de obter o melhor nível de simulação possível, o jogador é livre para interagir com qualquer equipamento da fábrica virtual e pode inclusive efetuar qualquer operação disponível através da página que é aberta na janela de interação. No entanto, este deve apenas efetuar as operações necessárias para cumprir os objetivos do jogo, e cabe-lhe a ele perceber que ações deve tomar, tornando-se num processo de aprendizagem através da descoberta.

Para além do fator de simulação que é o principal propósito deste jogo, este deve também trazer motivação e prender o jogador, sendo necessário empregar algumas mecânicas que tornem o jogo interessante e desafiante. Para isso foram tidas em consideração abordagens referidas em (W., 2018) e (Santos Costa & Marchiori, 2015)

“Combinar as dinâmicas, mecânicas e componentes de forma que sejam efetivas para um determinado objetivo é a tarefa central de um projeto de gamificação” (Santos Costa & Marchiori, 2015)

Dito isto, quando o jogador conclui jogos, recebe uma classificação que fica exibida no seu perfil. Futuramente numa perspetiva de evolução da solução, prevê-se que possa existir um sistema de medalhas e recompensas por conclusões de objetivos globais nos planos de treino, para servir como fator de competição.

Resumindo, para o protótipo do jogo a desenvolver neste projeto, as principais mecânicas utilizadas (divididas por fator) são:

- **Fator de explora7ao:** Formato *sandbox* com percurso livre, resultando num formato onde os erros cometidos pelo utilizador podem influenciar o percurso normal do jogo;
- **Fator competitivo:** Sistema de classifica7oes para melhoramento cont3nuo;
- **Fator de simula7ao:** Ao utilizar dados reais, em tempo real, as altera7oes nos dados do sistema durante o jogo influenciam o percurso normal do jogo.

3.3 Design T3cnico

3.3.1 Tecnologias a Utilizar

O desenvolvimento deste projeto vai contemplar a utiliza7ao de v3arias tecnologias já previamente definidas, devido ao facto de o jogo ser implementado dentro do sistema MES. Essas tecnologias estão relacionadas com o desenvolvimento web e são a WebGL e ThreeJs e HTML5, Javascript e Angular 2.

WebGL e ThreeJs

WebGL (*Web Graphics Library*) 3 uma API (*Application Program Interface*) em JavaScript para produzir gráficos 3D e 2D interativos em qualquer browser compat3vel, sem ser necessário o uso de plugins. 3 uma API baseada no OpenGL ES 2.0, que permite processar os gráficos 3D usando a GPU atrav3s do browser. (WebGL API, 2019) Para a Web, estão dispon3veis variadas ferramentas e *frameworks* para encapsular o acesso ao WebGL e para facilitar o trabalho ao *developer*. Um exemplo 3 a biblioteca/API Three.js (ThreeJs, 2019) em JavaScript, que irá ser usada para este projeto, pois já 3 atualmente utilizada na aplica7ao web do sistema MES. Estas tecnologias irão ser utilizadas para o motor interno do jogo.

HTML5, JavaScript e Angular 2

A aplica7ao *front-end* web do sistema MES 3 implementada para as tecnologias de HTML5 e JavaScript utilizando a *framework* Angular (Angular, 2019), *framework* bastante recente, baseada no padrão MVC e orientada a componentes. Tem como prop3sito facilitar o processo de implementa7ao e manuten7ao de aplica7oes web *single-page* (aplica7oes que não mudam de página), ajudando a produzir c3digo mais robusto e escalável. Toda parte de interface gráfica do jogo, exceto a parte 3D, será implementada utilizando estas tecnologias.

3.3.2 Casos de Uso

Nesta secção serão apresentados os possíveis casos de uso do novo módulo de treino. Este módulo irá consistir numa página de treino com acesso ao perfil do jogador e aos jogos disponíveis, onde um utilizador pode jogar os diferentes jogos e os administradores podem criar os jogos (figura 22).

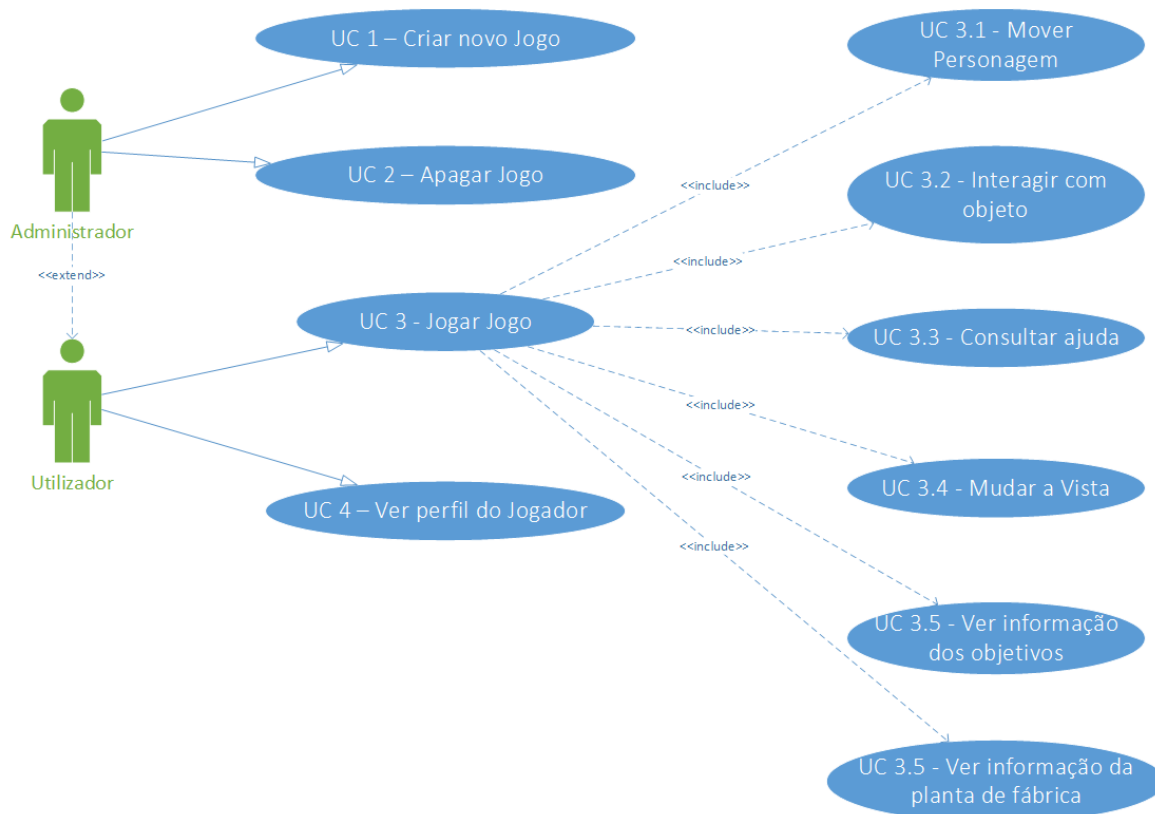


Figura 22 - Diagrama de Casos de Uso

UC 1 – Criar novo Jogo

O administrador pode criar um novo jogo definindo os parâmetros necessários e os objetivos.

Passos:

1. O utilizador administrador acede à página de treino;
2. Seleciona a ação para criar um jogo;
3. Preenche os dados necessários no assistente de criação;
4. Pressiona o botão para finalizar e o jogo é criado.

UC 2 – Apagar Jogo

O administrador pode apagar um jogo existente acedendo ao menu do treino, selecionando um jogo da lista e pressionando o botão apagar.

Passos:

1. O utilizador administrador acede à página de treino;
2. O sistema apresenta a lista de jogos
3. Seleciona um jogo da lista;
4. Seleciona a ação para apagar um jogo;
5. O sistema pede confirmação;
6. O utilizador confirma e o jogo é apagado.

UC 3 – Jogar Jogo

O utilizador acede ao menu de treino, seleciona um jogo disponível e começa a jogar. Antes de começar a jogar o apresenta ao jogador a introdução do jogo e as instruções. Depois desse passo, o jogo começa.

Passos:

1. O utilizador acede à página de treino;
2. Seleciona um jogo da lista;
3. Pressiona o botão de jogar;
4. O jogo é carregado;
5. O sistema apresenta o ecrã de introdução e instruções;
6. O utilizador pressiona o botão de início para começar a jogar.

UC 3.1 – Mover Personagem

O utilizador move o personagem pela cena livremente, utilizando os controlos do teclado e do rato.

UC 3.2 – Interagir com um Objeto

O utilizador move o personagem para perto de um objeto interativo e uma legenda aparece com o nome da entidade (Área, Equipamento, Estação de Trabalho, ...) que o objeto está a representar. O jogador pressiona o botão de interação e uma pequena janela embutida é aberta em primeiro plano navegando para uma página do sistema.

Passos:

1. O utilizador começa a jogar um jogo;
2. Aproxima o personagem de um dos objetos interativos (*Resource, Area, etc.*);
3. O objeto ilumina-se e aparece uma informação no ecrã;
4. Pressiona o botão de interação e o ecrã de interação aparece.

UC 3.3 – Consultar Ajuda

O utilizador pressiona o botão de ajuda e é aberta uma nova janela com um *link* do portal de documentação e ajuda do sistema.

Passos:

1. O utilizador começa a jogar um jogo;
2. Pressiona o botão de ajuda no rodapé da interface;
3. O sistema abre uma nova janela com o Portal de Documentação e Ajuda do MES.

UC 3.4 – Mudar a Vista

O utilizador pode trocar de vista durante o jogo. Existem dois tipos de vista:

- A vista de terceira pessoa, na qual o jogo flui normalmente onde o jogador controla o Avatar;
- A vista de topo, na qual o jogador pode mover a câmara pela cena em vista de cima e o jogo entra em pausa, de forma a dar oportunidade ao jogador para ver a planta da fábrica e a informação sobre as máquinas, as estações de trabalho, as áreas, os fluxos de produção, entre outros.

UC 3.5 – Ver informação dos objetivos

Durante o jogo o utilizador pode ver informação sobre os objetivos concluídos, os que faltam concluir e os detalhes e as instruções do objetivo atual.

Passos:

1. O utilizador começa a jogar um jogo;
2. Pressiona um botão para ver os detalhes do objetivo atual;
3. O sistema apresenta as Instruções e Instâncias de contexto do objetivo.

UC 3.6 – Ver informação da planta de fábrica

No modo de vista de topo, o utilizador pode ver informação sobre os equipamentos da fábrica, as estações de trabalho e as áreas de produção.

Passos:

1. O utilizador começa a jogar um jogo;
2. Pressiona o botão de mudança de vista;
3. A vista de topo é ativada;
4. Altera o modo de vista de topo (*Resource*, *Step* ou *Area*);
5. O sistema apresenta a localização das máquinas (*Resource*) as áreas (*Area*) ou as estações de trabalho (*Steps*), dependendo do modo de vista selecionado.

UC 4 – Ver informação do perfil

O utilizador pode ver a informação do seu perfil de jogador. Pode ver a informação básica do seu utilizador no sistema o histórico de jogos jogados e as respetivas classificações.

Passos:

1. O utilizador acede à página de treino;
2. O sistema apresenta a informação básica de perfil (Utilizador, Certificado e Papel) e o histórico de jogos jogados e respetivas classificações.

4 Implementação

4.1 Arquitetura

De uma forma simplificada o sistema MES da Critical Manufacturing está dividido em três grandes dimensões (*Figura 23*):

- **Front-End:** Consiste nas interfaces gráficas/Cliente (HTML5, Silverlight)
- **Back-End:** Consiste na aplicação servidora que efetua todas as operações e contem a lógica toda de negócio
- **DataBase:** Consiste em todos os mecanismos e sistemas de armazenamento dos dados

A interface gráfica Web divide-se em diferentes pacotes conforme um agrupamento de funcionalidades. Como a interface Web está construída utilizando a framework *Angular*, o padrão de software utilizado é o MVC (Model View Controller) que consiste num conjunto de componentes que interagem entre si para criar a interface como um todo. Cada pacote (*Package*) contém um conjunto de componentes web.

A solução final irá consistir num novo modulo do sistema MES (modulo: *Training*) que irá incluir o protótipo do jogo sérió a desenvolver nesta Dissertação. Este modulo será parte integrante da interface Web do sistema MES como um novo pacote (*Package*).

Este novo pacote incluirá um conjunto de componentes que serão incorporados na interface. Sendo os principais componentes, a página de treino onde são consultados o perfil do jogador e os desafios disponíveis, e o componente do ecrã de jogo, que contem a lógica e o motor de jogo.

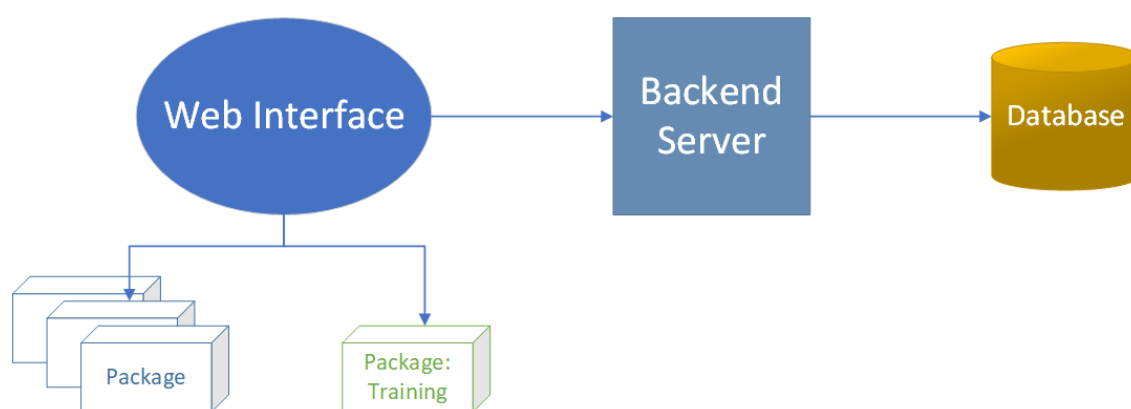


Figura 23 - Diagrama da arquitetura simplificado

4.2 Modelo de Dados

Relativamente ao modelo de dados, o novo módulo irá necessitar de guardar a informação toda de cada jogo/desafio e a informação das classificações obtidas por cada jogador.

Cada jogo é mapeado utilizando uma tabela chamada de **TrainingGame** que guarda as informações base como o nome (*Name*), a descrição do jogo (*Description*), o texto de introdução do jogo (*Introduction*), o tempo máximo de conclusão (*Time*), uma imagem de ilustração (*Image*) e está associado a uma instância de um *FabLive3D* que contém a informação 3D necessária para o jogo

Um jogo tem um conjunto de objetivos (**TrainingGameObjective**) em que cada objetivo tem um título (*Title*), um texto com as instruções (*Instructions*), um número de sequência (*Sequence*) e uma Query de avaliação de conclusão do objetivo (*EvaluationQuery*).

Uma *Query* (em português: “Consulta”) no sistema MES é uma entidade que permite obter dados do sistema de uma forma filtrada, semelhante a uma *Query* de Base de Dados. Para um objetivo ser dado como concluído, o resultado dessa *Query* tem de ser positivo, ou seja, apresentar pelo menos um resultado.

Para além dos objetivos, um jogo tem também um contexto inicial, que consiste num conjunto de instâncias que são criadas no arranque do jogo para criar contexto para jogar o mesmo. Cada instância (**TrainingGameContextInstance**) é identificada com um nome (*Name*) um tipo (*EntityType*) e uma ação de sistema para a criação da instância (*CreationAction*). A ação de sistema é uma entidade genérica que contém um bloco de código com lógica responsável pela criação da instância de contexto

Cada objetivo aponta para uma ou mais instâncias de contexto para executar a *Query* de avaliação contextualizada as instâncias específicas.

Os resultados dos jogos são guardados numa tabela (**TrainingGameEmployeeScore**) que guarda para um determinado jogador/utilizador, a pontuação (*Score*) o tempo (*Time*) a data (*Date*) e os objetivos concluídos (*ObjectivesCompleted*).

Cada jogador é identificado com o seu utilizador de sistema mapeado através de uma entidade que representa um Funcionário (**Employee**)

No diagrama da *Figura 24*, podem ser visualizadas as entidades do modelo de dados e as suas relações. Estão ilustradas a verde as entidades/tabelas novas e a azul as pré-existentes.

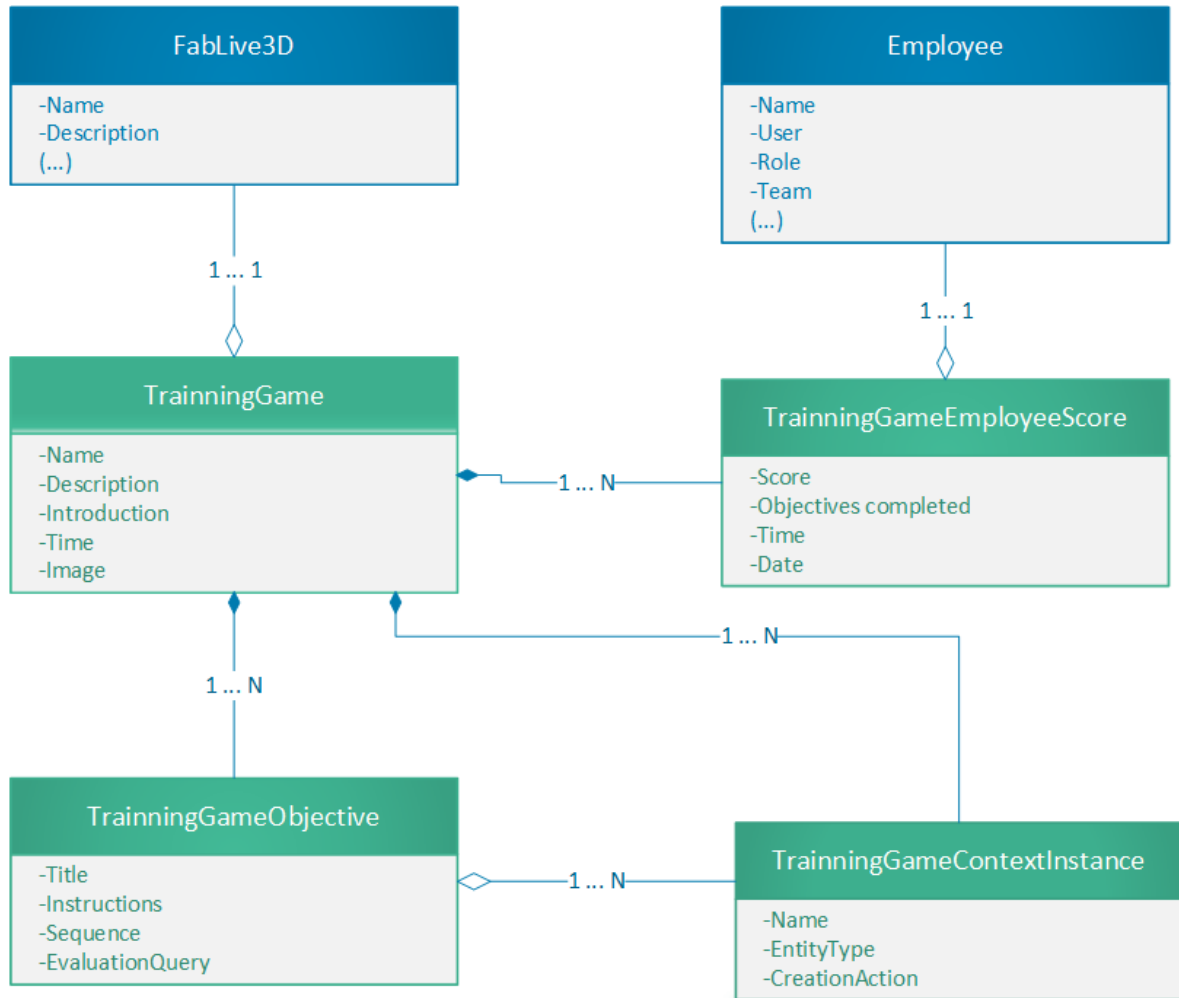


Figura 24 - Modelo de Dados

4.3 Interface Web

Considerando a implementação ao nível da interface web, o módulo Training é constituído por um conjunto de componentes Angular dependentes entre si. A relação entre os componentes é ilustrada na *Figura 25*:

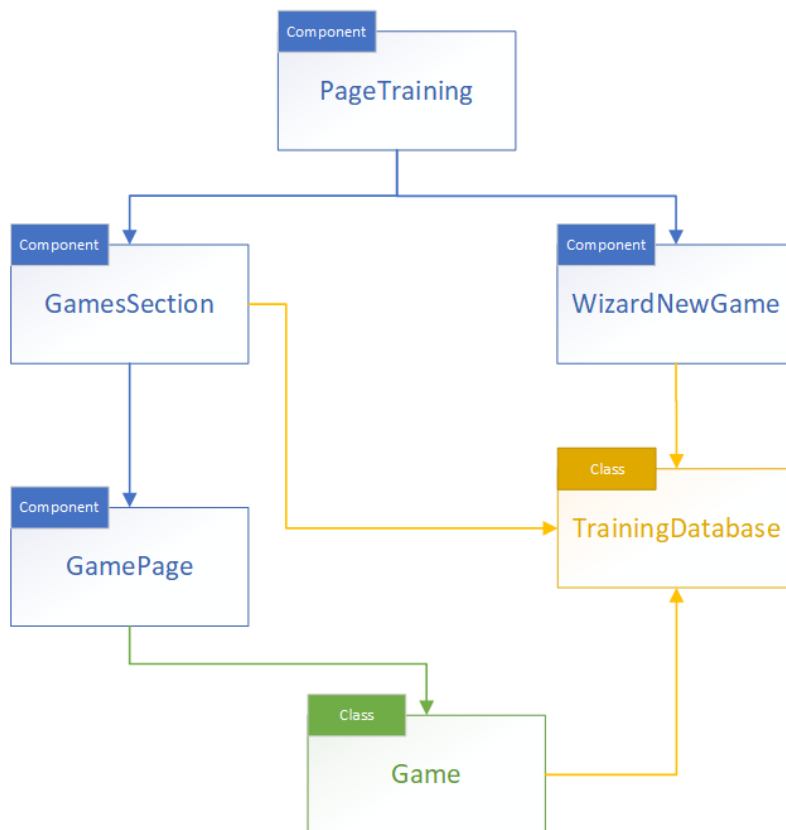


Figura 25 - Estrutura de componentes do módulo Training

PageTraining é o componente principal, que constitui a página de treino que é aberta através do menu da aplicação. Este componente contém uma barra com botões para as diferentes ações possíveis (Criar Jogo, Apagar Jogo, Atualizar a Página) e um corpo que contém um componente para listar os jogos e os dados de perfil do jogador (**GamesSection**)

A ação de criar um novo jogo evoca a instanciação de um outro componente **WizardNewGame** que consiste no assistente de criação de um novo jogo.

Por fim quando o jogador seleciona um jogo para começar a jogar um outro componente é instanciado (**GamePage**). Este componente consiste no ecrã de jogo onde contém toda a interface e o motor de jogo.

Existe ainda uma classe utilitária que encapsula o acesso aos dados (**TrainingDatabase**) utilizada para o *CRUD* dos jogos e das pontuações do utilizador.

4.4 Motor de Jogo

Para o desenvolvimento do jogo foi implementado um pequeno motor de jogo que utiliza a biblioteca javascript THREE.js para a representa7ao 3D. Este motor 3, de certa forma, espec3fico para o jogo, mas traz a possibilidade de acrescentar funcionalidade facilmente. Utiliza uma gestão centralizada dos objetos do jogo, em que cada objeto define o seu comportamento e 3 atualizado no ciclo principal. A comunica7ao entre os objetos e controlador do jogo, bem como entre o jogo e a interface com o utilizador 3 feita atrav3s de eventos. O diagrama de classes da implementa7ao do jogo 3 representado na *Figura 26*

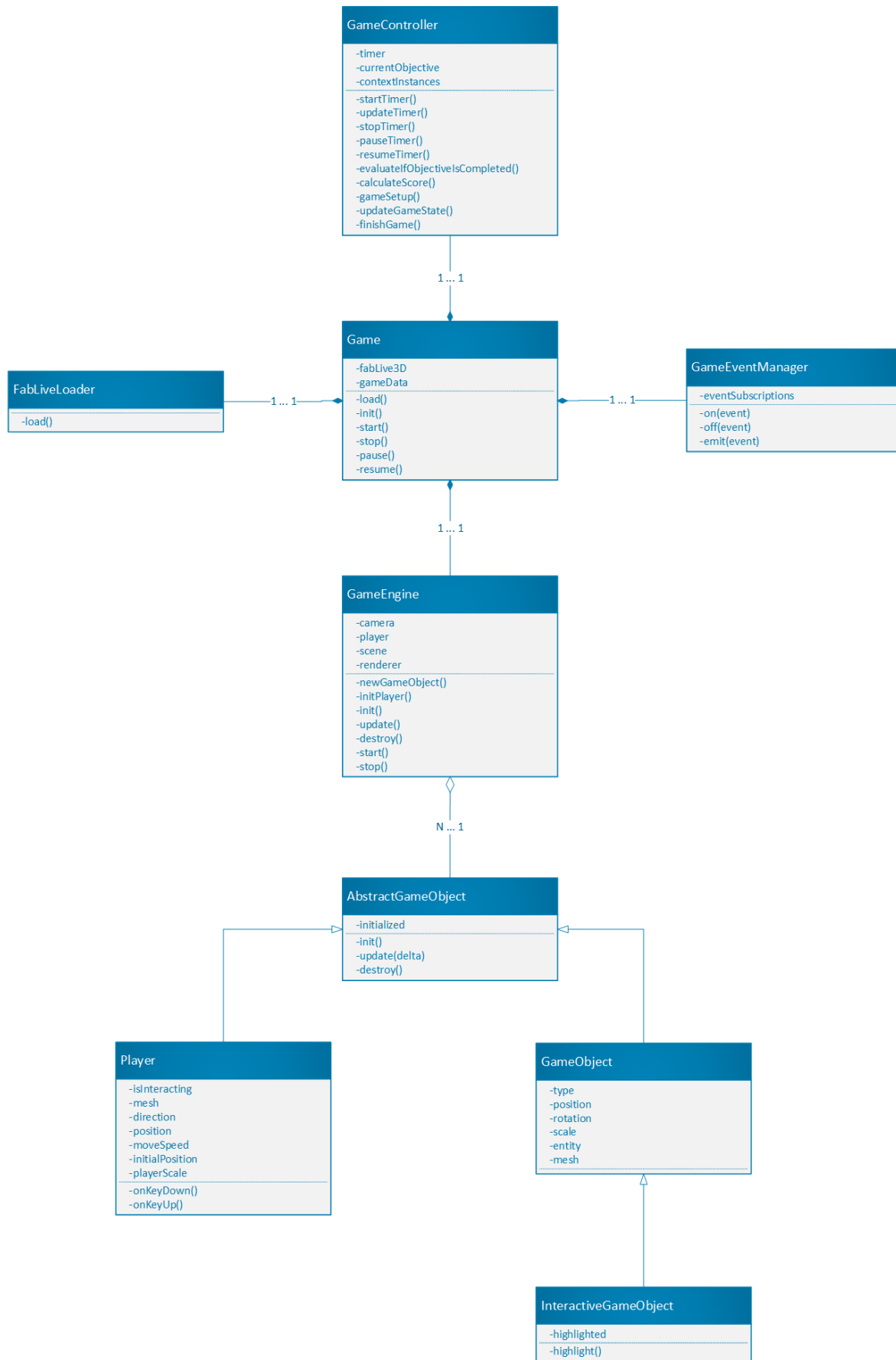


Figura 26 - Diagrama de classes da implementação do jogo

Como se pode observar na *Figura 26*, a classe principal (**Game**), consiste no núcleo do jogo, que controla a execução do jogo e faz a ponte entre os vários componentes principais:

- Controlador (**GameController**)
- Motor de Jogo (**GameEngine**)
- Gestor de Eventos (**GameEventManager**)
- Carregador de dados do FabLive3D (**FabLiveLoader**)

GameController

O controlador tem a responsabilidade de gerir toda a lógica do jogo, controlar o tempo, avaliar se os objetivos estão cumpridos, calcular a pontuação, terminar o jogo e registar a pontuação.

GameEventManager

O gestor de eventos é uma classe que controla todos os eventos do jogo. Desde a subscrição até à emissão de eventos e alerta dos subscritores.

FabLiveLoader

Esta classe é responsável unicamente por carregar os dados de uma instância FabLive3D e de criar os objetos (Decoração e Interativos) no cenário do jogo e de obter a informação necessária para a posição inicial e escala do jogador.

GameEngine

O motor de jogo tem a responsabilidade de orquestrar e atualizar todos os objetos do jogo, de controlar o desenho 3D do cenário e gerir e executar o ciclo principal do jogo. Esta camada é a mais genérica, pois os objetos que fazem parte do jogo são instanciados no motor de jogo e herdando o comportamento da classe **AbstractGameObject** que inclui o comportamento base de um objeto (ciclo: *start*, *update* e *destroy*) ou da classe **GameObject** que para além do comportamento base serve de *template* para objetos com representação 3D.

Todos os objetos decorativos da cena são instâncias de **GameObject**, os objetos interativos são instâncias de **InteractiveGameObject**, que implementa o comportamento da interação com o jogador.

O jogador controla um avatar que é controlado pela instância da classe **Player**, que implementa todo o comportamento do avatar no jogo – desde a colisão e interação com os outros objetos até às diferentes vistas da câmara.

4.5 Fluxo de Jogo

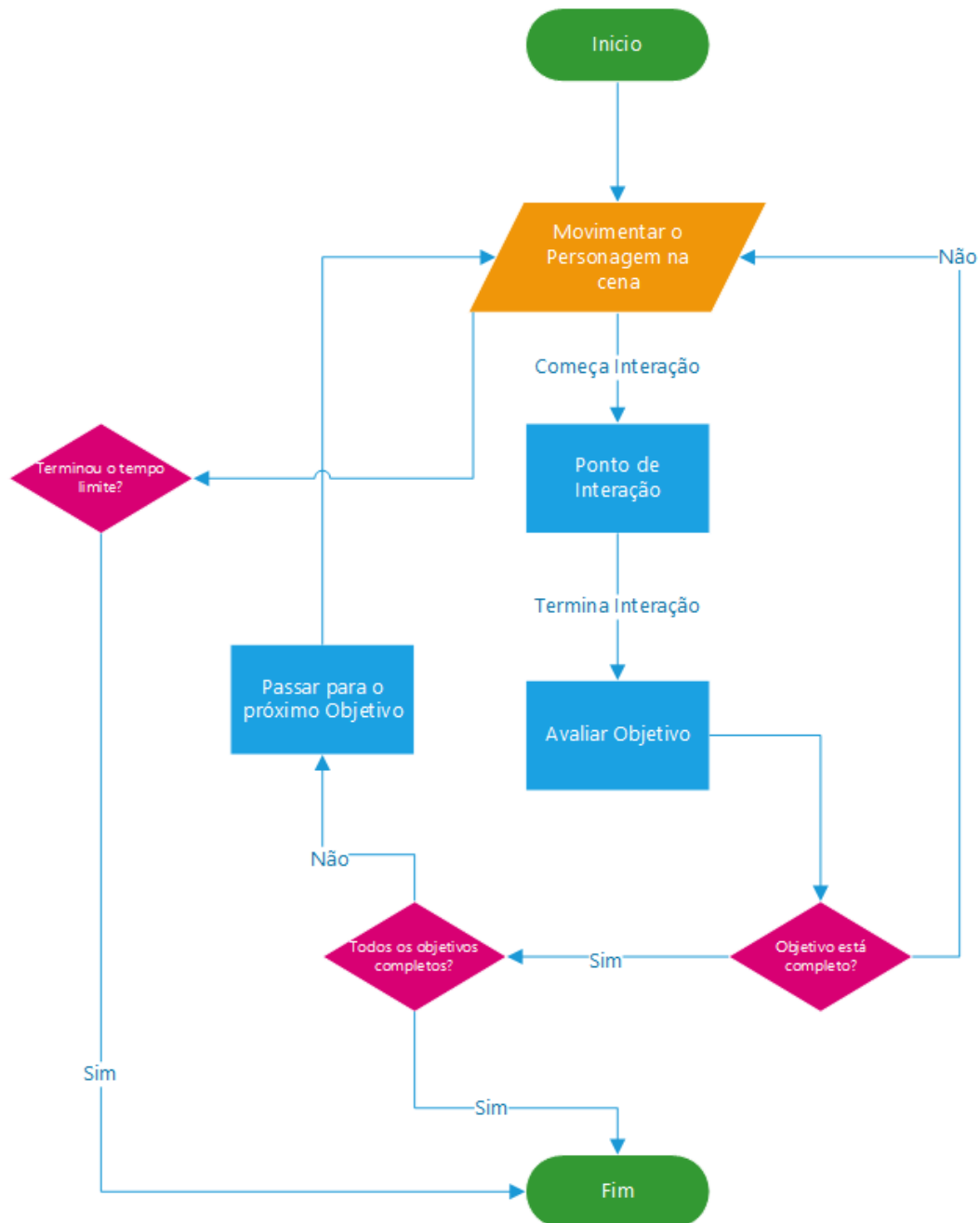


Figura 27 - Diagrama de Fluxo de Jogo

Na Figura 27 apresenta um diagrama ilustrativo do fluxo de jogo. Assim que o jogador inicia um jogo são carregados os dados necessários e é feito um *setup* inicial. Os dados necessários para o jogo são divididos em dois blocos:

- Os dados base do jogo, dados dos objetivos, das instruções, ...
- Os dados 3D (cenário, posição inicial do jogador, pontos de interação, ...) oriundos de uma instância de um FabLive3D

Quando um jogo é iniciado os dados base já vão pré-carregados, e os dados 3D são carregados durante o *setup* do jogo, aparecendo um ecrã de carregamento enquanto os dados não estão todos prontos.

Durante o jogo, o jogador movimenta o avatar pelo cenário livremente e, quando este se aproxima de um objeto interativo, aparece uma indicação de uma possível interação. Assim que o jogador pressiona o botão de interação, começa a interação e é aberta uma janela sobreposta ao jogo com uma página da aplicação correspondente ao objeto em questão. Assim que o jogador terminar a interação, através do botão para terminar, o controlador do jogo avalia se o objetivo atual foi completado.

Se foi completado, o controlador do jogo verifica se se trata do último objetivo da sequência e se todos os objetivos foram atingidos. Se sim, então o jogo termina e é apresentada a classificação ao jogador. Se não, o controlador define o objetivo seguinte como o atual e o jogo continua normalmente. Se não foi completado o objetivo atual após a interação, o jogo segue normalmente e o objetivo atual mantém-se.

Durante o jogo, existe também um temporizador que começa no tempo máximo definido e vai em contagem decrescente até chegar a 0 segundos. Quando o temporizador termina, o jogo também termina, mostrando a classificação obtida ao jogador.

4.6 Jogo e Interface Gráfica

Neste capítulo, é descrito o fluxo de execução para cada Caso de Uso/Ação do utilizador introduzido no capítulo de Design, acompanhado por algumas imagens da interface gráfica e do jogo. O jogador para jogar um jogo acede à página de treino (Training), através do menu de 'Administration' da aplicação web do MES. Na *Figura 28* pode-se ver como se faz o acesso à nova página de 'Training'

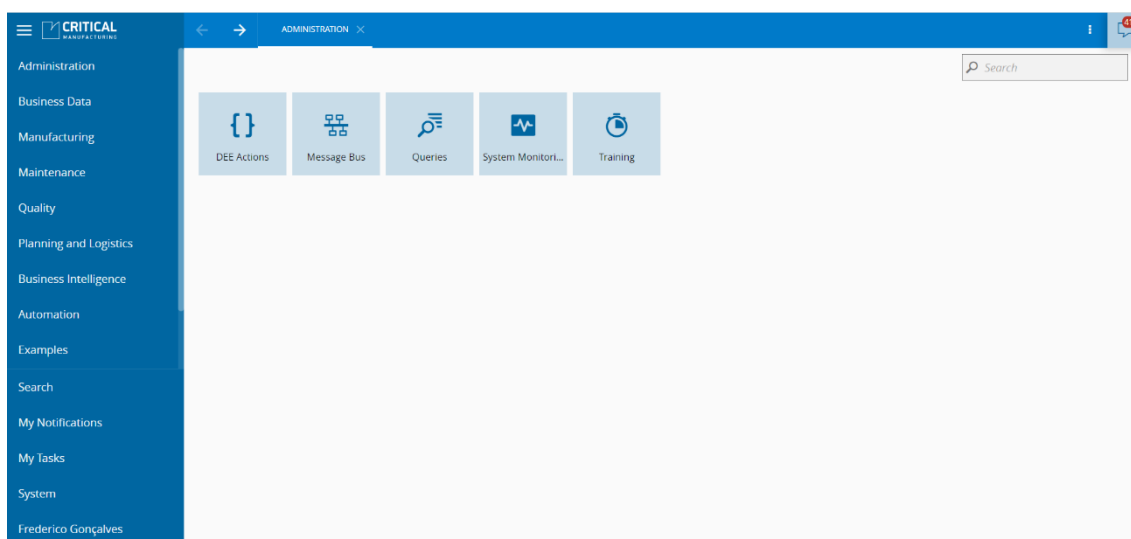


Figura 28 - Acesso ao Menu Training

A página de Training contém a informação do perfil do jogador e a lista de jogos que podem ser jogados, como se pode observar na *Figura 29*.

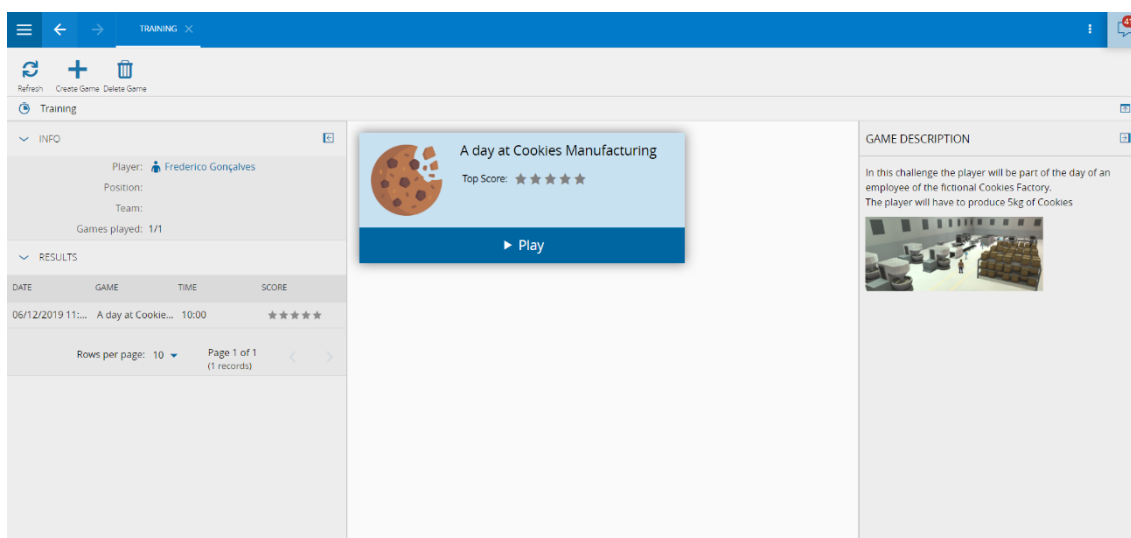


Figura 29 - Página "Training"

De seguida são apresentadas as possíveis ações do utilizador associadas a cada Caso de Uso:

UC 1 - Criar novo Jogo

5. O utilizador administrador acede ao menu “Administration”;
6. Acede ao sub-menu “Training”;
7. Na barra de ações do topo seleciona a ação “Create Game”;
8. Preenche os dados necessários no assistente de criação;
9. Pressiona o botão para finalizar e o jogo é criado.

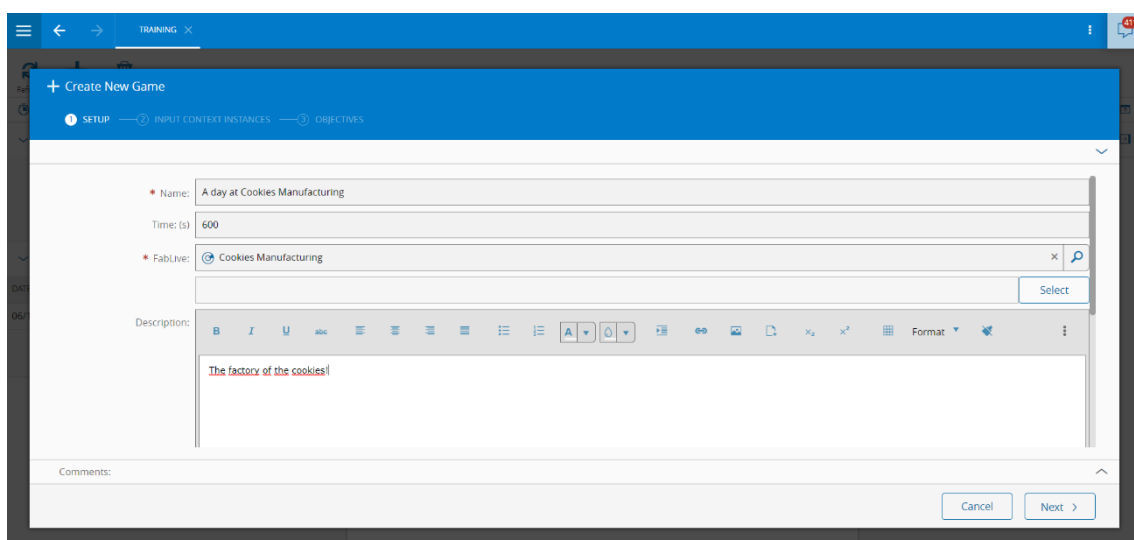


Figura 30 - Assistente de criação de um novo Jogo

UC 2 - Apagar Jogo

7. O utilizador administrador acede ao menu “Administration”;
8. Acede ao sub-menu “Training”;
9. Seleciona um jogo da lista;
10. Na barra de ações do topo seleciona a ação “Delete Game”;
11. Uma caixa de diálogo aparece para confirmar;
12. Confirma e o jogo é apagado.

UC 3 – Jogar Jogo

7. O utilizador administrador acede ao menu “Administration”;
8. Acede ao sub-menu “Training”;
9. Seleciona um jogo da lista;

10. Pressiona o botão “Play”;
11. O jogo é carregado;
12. Um ecrã de introdução é apresentado;
13. Pressiona o botão “Start” para começar a jogar.

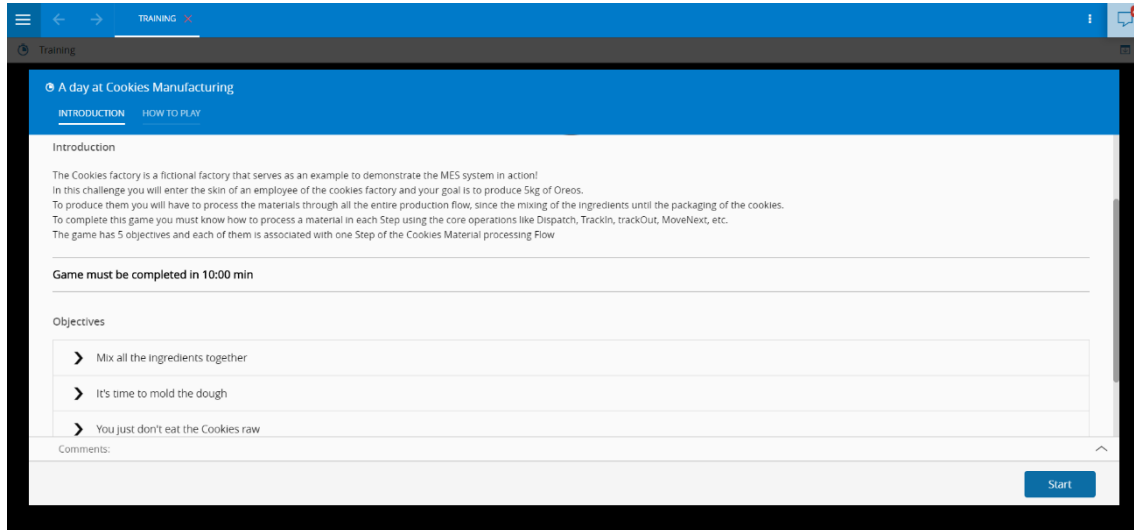


Figura 31 - Diálogo introdutório de um Jogo

UC 3.1 – Mover Personagem

1. O utilizador está a jogar;
2. Pressiona os botões da direção e ajusta a direção do personagem;
3. Pressiona o botão de andar e o personagem anda para a frente.



Figura 32 - Ecrã de Jogo (Vista de Jogo)

UC 3.2 – Interagir com um Objeto

5. O utilizador está a jogar;
6. Aproxima o personagem de um dos objetos interativos (*Resource, Area, etc.*);
7. O objeto ilumina-se e aparece uma informação no ecrã;
8. Pressiona o botão de interação e o ecrã de interação aparece.

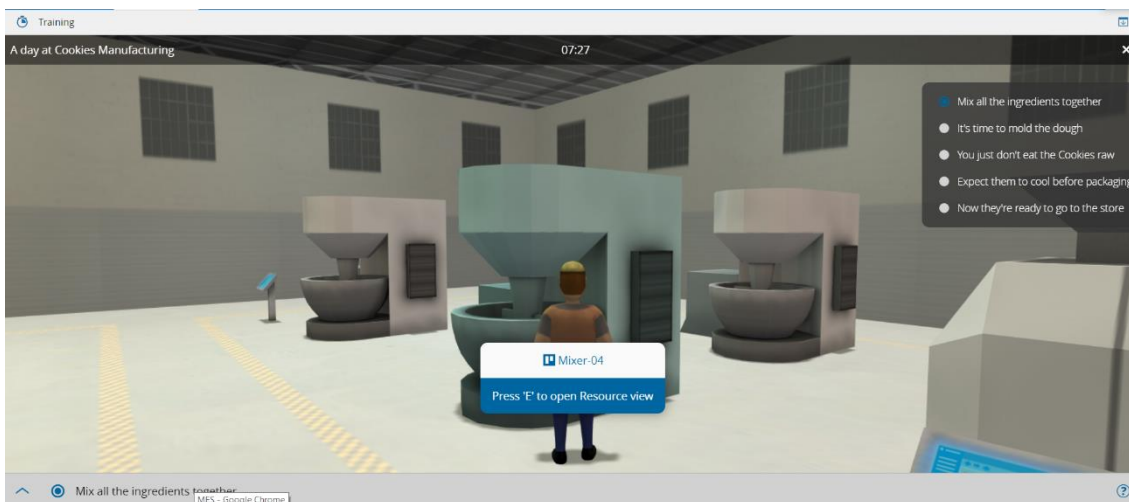


Figura 33 - Ecrã de Jogo - Interação com um Resource (Equipamento)

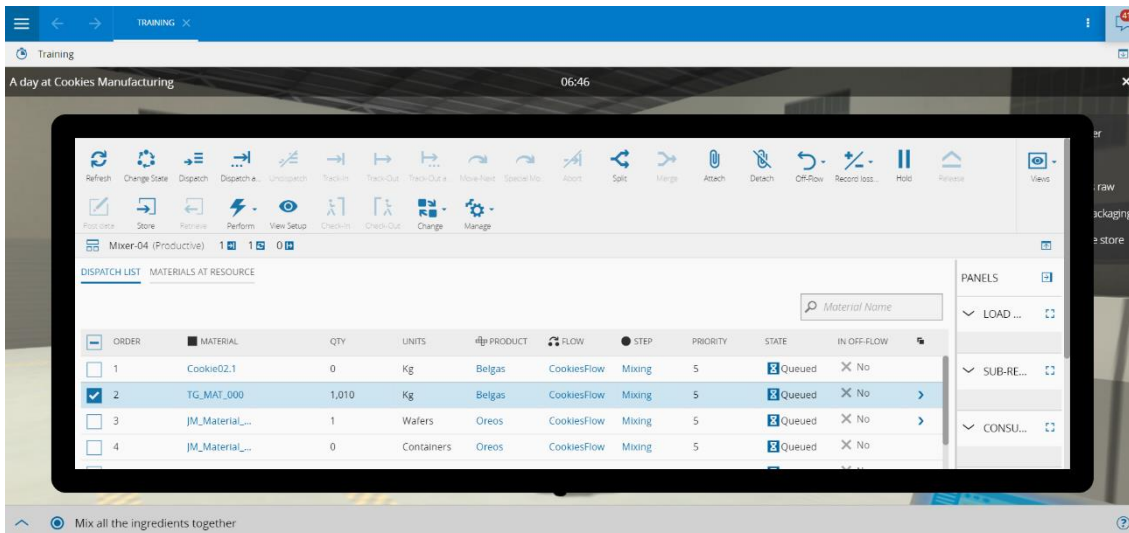


Figura 34 – Ecrã de interação com um objeto (Tablet Virtual com acesso a determinadas páginas do MES)

UC 3.3 – Consultar Ajuda

4. O utilizador está a jogar;
5. Pressiona o botão de ajuda no rodapé da interface;
6. Uma nova aba do browser é aberta e o Portal de Documentação e Ajuda do MES é aberto na página específica sobre as páginas de manufatura. (Manufacturing Views/Fab Explorer).

UC 3.4 – Mudar a Vista

1. O utilizador está a jogar o jogo;
2. Pressiona o botão de mudança de vista;
3. A vista de topo é ativada e o jogador pode mover a câmara livremente sobre o cenário, mas não pode mover o personagem;
4. Volta a pressionar o botão de mudança de vista;
5. A vista é alterada de novo para a vista de jogo.

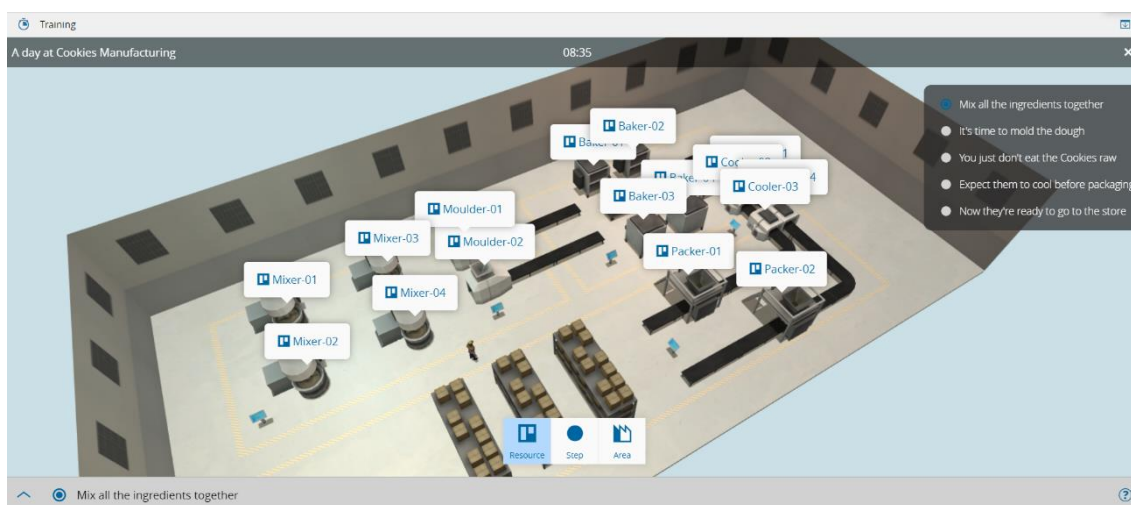


Figura 35 - Ecrã de Jogo - vista de topo

UC 3.5 – Ver informação dos objetivos

4. O utilizador está a jogar o jogo;
5. Expande o rodapé da interface gráfica do jogo;
6. Os detalhes do objetivo atual são mostrados (Instruções e Instâncias de contexto).

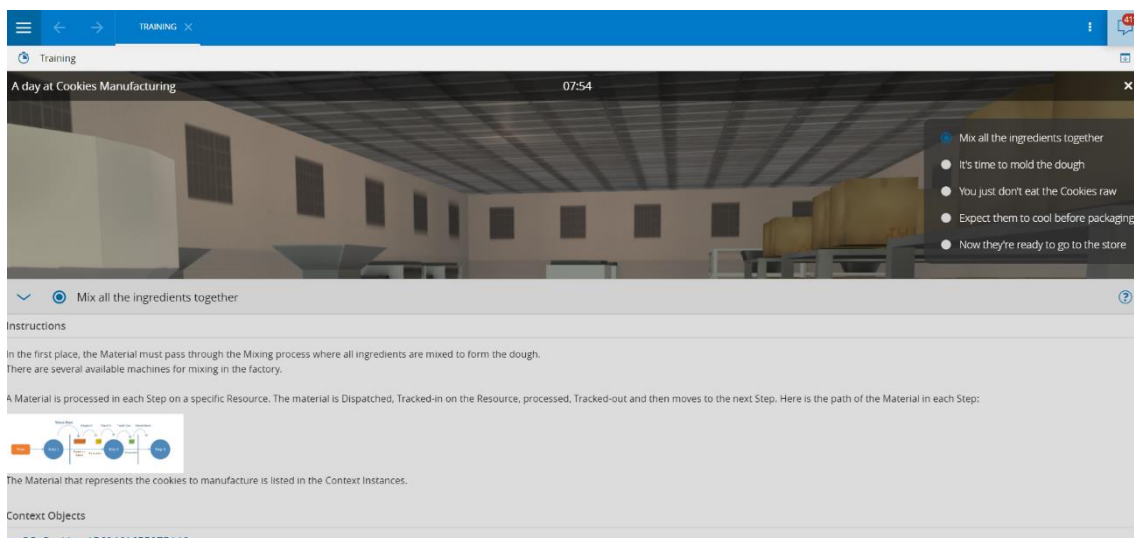


Figura 36 - Ecrã de jogo - Detalhes do Objetivo

UC 3.6 – Ver informação da planta de fábrica

6. O utilizador está a jogar o jogo;
7. Pressiona o botão de mudança de vista;
8. A vista de topo é ativada;
9. Altera o modo de vista de topo (*Resource*, *Step* ou *Area*);
10. Dependendo do modo selecionado, pode de ver a localização das máquinas (*Resource*) as áreas (*Area*) ou as estações de trabalho (*Steps*).



Figura 37 - Ecrã de Jogo - Vista de Topo (Opção de vista de Etapas de produção)

UC 4 – Ver informação do perfil

3. O utilizador administrador acede ao menu “Administration”;
4. Acede ao sub-menu “Training”;
5. Na aba esquerda da página, consulta a informação básica de perfil (Utilizador, Certificado e Papel) e sobre o histórico de jogos jogados e respetivas classificações.

5 Avaliação

O sucesso do jogo sério a desenvolver neste projeto está dependente da aceitação do mesmo pelo público-alvo. O jogo no final terá de ser capaz de motivar os utilizadores do MES a aprenderem como utilizar a interface do sistema MES. Os jogos devem ser simples de criar e configurar para serem usados como ferramenta auxiliar das formações.

Para avaliar a utilidade e a qualidade da solução desenvolvida, foi definido que uma amostra de 50 pessoas seria convidada a experimentar o protótipo do jogo desenvolvido respondendo posteriormente a um questionário.

Esperava-se que no final esta experiência se conseguisse atribuir uma percentagem de qualidade para o protótipo desenvolvido, face aos objetivos propostos, e que se conseguissem recolher opiniões e sugestões de como se poderia melhorar o conceito para se aproximar de uma solução final.

5.1 Experiência realizada

A experiência realizada consistiu numa experimentação por parte de um determinado público alvo da Critical Manufacturing, com um total de 50 colaboradores constituídos por toda a equipa de desenvolvimento do MES, a equipa de vendas, a equipa de validação e a equipa de formadores e *technical writers*.

Cada indivíduo da amostra iria testar o protótipo desenvolvido no projeto desta Dissertação jogando um jogo/desafio de exemplo e respondendo posteriormente a um questionário.

Por fim, o protótipo desenvolvido iria ser submetido a uma medição de qualidade através da utilização da ferramenta QEF (Ver 5.1.1). Esta medição seria feita através da análise das respostas ao questionário correspondentes a cada requisito. Como o protótipo se tratava de uma prova de conceito, o questionário iria também incluir perguntas de resposta aberta para que as pessoas possam sugerir correções e melhorias.

5.1.1 Quantitative Evaluation Framework (QEF)

O QEF (Quantitative Evaluation Framework) (Escudeiro & Bidarra, 2008) é uma ferramenta que permite avaliar a qualidade de um produto multimédia. Com esta ferramenta, avalia-se o nível de qualidade da solução final através da divisão em Dimensões, onde cada Dimensão tem um conjunto de fatores e cada fator um conjunto de requisitos. O requisito tem um peso atribuído e uma percentagem de cumprimento. Esta avaliação determina a percentagem de qualidade do produto, sendo por norma utilizada no final e ao longo da tarefa de desenvolvimento de forma a controlar progressivamente a qualidade do produto e garantir que está num bom caminho.

Para avaliar o protótipo desenvolvido foram propostas 3 dimensões: Jogabilidade, Usabilidade e Objetivo Séri0.

A dimensão “Jogabilidade” pretende avaliar a parte mais funcional do jogo, ou seja, se a experiência que o jogador tem é satisfatória e envolvente e se o jogo é intuitivo e fácil de jogar.

A dimensão “Usabilidade” pretende avaliar os aspetos mais relacionados com a interface gráfica e com a experiência de utilização do jogo e das páginas do módulo de treino.

A dimensão “Objetivo Séri0” prende-se mais com os objetivos sérios do projeto, considerando a capacidade que o jogo tem para auxiliar na aprendizagem do sistema e na capacidade de motivar os utilizadores a aprenderem mais e melhor sobre o MES.

A cada uma destas dimensões foi definido um conjunto de requisitos, agrupados em Fatores, como pode se pode ver no *Anexo D – QEF*. Em cada requisito foi definida uma métrica de avaliação que ajuda a identificar a percentagem de cumprimento desse requisito. Existem requisitos que são avaliados pelo questionário e outros (mais funcionais) que são avaliados se foram cumpridos ou não.

No caso dos requisitos funcionais a percentagem de cumprimento depende se a funcionalidade está completa (cumprimento de 100%) ou inexistente (cumprimento de 0%). No caso de requisitos avaliados pelo questionário foi desenvolvida uma fórmula para associar as respostas às perguntas do questionário com as percentagens de cumprimento do requisito. As respostas têm 5 hipóteses de resposta que estão associadas a um peso, e cada peso está associado a uma percentagem de cumprimento do requisito como se pode ver na *Tabela 3*.

Resposta	Peso	Percentagem de cumprimento do requisito
Discordo plenamente	1	0%
Discordo	2	25%
Não concordo nem discordo	3	50%
Concordo	4	75%
Concordo plenamente	5	100%

Tabela 3 - Relação entre respostas do questionário, pesos e percentagem de cumprimento dos requisitos do QEF

Para se saber a percentagem de cumprimento do requisito é necessário calcular o peso médio de cada resposta através da seguinte fórmula (*Equação 2*):

$$Peso\ médio = \frac{\sum_{R=1}^5 N_R \times Peso_R}{T_n}$$

Equação 2 - Cálculo do peso médio da resposta

Em que R = Hipótese de resposta à pergunta (1 a 5)

$$Em\ que\ T_n = \sum_{R=1}^5 N_R$$

Em que N = Número de indivíduos que responderam à hipótese de resposta R

5.2 Interpretação dos resultados obtidos

Relativamente à expectativa inicial, apenas 22 dos 50 convidados (44%) fizeram a experiência e responderam ao questionário. Em seguida serão apresentadas as respostas a cada pergunta uma breve análise qualitativa individual para cada pergunta, seguida de uma análise qualitativa global.

A - Há quanto tempo está na empresa?		
Resposta	Contagem	Percentagem
< 1 ano	9	40.9%
> 1 ano < 3 anos	6	27.3%
> 3 anos < 5 anos	3	12.6%
> 5 anos	4	18.2%

Tabela 4 - Respostas à pergunta: "Há quanto tempo está na empresa?"

Como se pode ver na *Tabela 4*, dos colaboradores que responderam ao questionário, 68,2% destes estão na empresa há menos de 3 anos (40,9 % há menos de 1 ano e 27,3% há menos de 3 anos), levando a que a maioria das respostas sejam provenientes de colaboradores recentes.

B - Qual o seu nível de conhecimento do MES da Critical Manufacturing?		
Resposta	Contagem	Percentagem
Muito	7	31.8%
Algum	10	45.5%
Pouco	5	22.7%

Tabela 5 - Respostas à pergunta: " Qual o seu nível de conhecimento do MES da Critical Manufacturing?"

Como se pode ver na *Tabela 5*, a maioria dos respondentes afirma ter já algum conhecimento do sistema MES da Critical Manufacturing.

Respostas ao questionário

A seguir são apresentadas as respostas às perguntas de escolha múltipla relacionadas com cada requisito do QEF, organizadas por fator/dimensão:

1 - Jogabilidade

J01 – O objetivo e as regras do jogo são fáceis de perceber				
1.1 - O objetivo e as regras do jogo são fáceis de perceber				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	6	27.3%	5	100
Concordo	13	59.1%	4	75
Nem concordo nem discordo	3	13.6%	3	50
Discordo	0	0%	2	25
Discordo plenamente	0	0%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			4,14 / 4	
% Cumprimento selecionada:			75%	

Tabela 6 – Respostas à pergunta 1.1 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 6 observa-se que a maioria dos respondentes considera que o objetivo do jogo e as regras são claras, embora não exista uma opinião unânime, sendo que 13.6% das pessoas não concordam nem discordam. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 75%.

J02 – O jogo proporciona uma experiência agradável e satisfatória				
1.2. O jogo proporciona uma experiência satisfatória				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	9	40.9%	5	100
Concordo	10	45.5%	4	75
Nem concordo nem discordo	3	13.6%	3	50
Discordo	0	0%	2	25
Discordo plenamente	0	0%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			4,27 / 4	
% Cumprimento selecionada:			75%	

Tabela 7 - Respostas à pergunta 1.2 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 7 observa-se que a maioria dos respondentes considera que o jogo proporciona uma experiência satisfatória ao jogar. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 75%.

J03 – O jogo é envolvente				
1.3. O jogo é envolvente				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	14	63.6%	5	100
Concordo	7	31.8%	4	75
Nem concordo nem discordo	1	4.5%	3	50
Discordo	0	0%	2	25
Discordo plenamente	0	0%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			4,59 / 5	
% Cumprimento selecionada:			100%	

Tabela 8 - Respostas à pergunta 1.3 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na *Tabela 8* observa-se que a grande maioria dos respondentes considera que o jogo é envolvente. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 100%.

2 – Usabilidade

U01 – O jogo é fluido				
2.1. O jogo é fluido				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	11	50%	5	100
Concordo	8	36.4%	4	75
Nem concordo nem discordo	2	9.1%	3	50
Discordo	1	4.5%	2	25
Discordo plenamente	0	0%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			4,32 / 4	
% Cumprimento selecionada:			75%	

Tabela 9 - Respostas à pergunta 2.1 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na *Tabela 9* observa-se que a maioria dos respondentes considera que o jogo é fluido, embora existam alguns respondentes que não concordaram. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 75%.

U02 – Os elementos da interface do jogo estão posicionados num sítio adequado				
2.2. A interface do jogo é fácil de ler				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	6	27.3%	5	100
Concordo	14	63.6%	4	75
Nem concordo nem discordo	2	9.1%	3	50
Discordo	0	0%	2	25
Discordo plenamente	0	0%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			4,18 / 4	
% Cumprimento selecionada:			75%	

Tabela 10 - Respostas à pergunta 2.2 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 10 observa-se que grande parte dos respondentes considera que os elementos da interface do jogo estão posicionados num sítio adequado. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 75%.

U03 - O jogo tem erros que comprometem a jogabilidade				
2.3. O jogo tem erros que comprometem a jogabilidade				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	0	0%	5	0
Concordo	4	18.2%	4	25
Nem concordo nem discordo	5	22.7%	3	50
Discordo	6	27.3%	2	75
Discordo plenamente	7	31.8%	1	100
Média do peso/ Média do peso arredondada:			2.27 / 2	
% Cumprimento selecionada:			75%	

Tabela 11 - Respostas à pergunta 2.3 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 11 observa-se que existem opiniões diversas, devido aás respostas disperças pelas opções. No entanto, após o calculo do peso médio, aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 75%.

U04 - O acesso à ajuda durante o jogo é fácil				
2.4. O acesso à ajuda durante o jogo é fácil				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	1	4.5%	5	100
Concordo	10	45.5%	4	75
Nem concordo nem discordo	3	13.6%	3	50
Discordo	7	31.8%	2	25
Discordo plenamente	1	4.5%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			3.14 / 3	
% Cumprimento selecionada:			50%	

Tabela 12 - Respostas à pergunta 2.4 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 12 observa-se que as respostas foram bastante dispares, tendo respondentes que concordaram e outros que não concordaram, levando a concluir que o acesso a ajuda no jogo não era muito fácil e útil para toda a gente. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 50%.

U05 - A informação do perfil do jogador é útil e fácil de consultar				
2.5. As informações no perfil do jogador são úteis				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	5	22.7%	5	100
Concordo	7	31.8%	4	75
Nem concordo nem discordo	8	36.4%	3	50
Discordo	2	9.1%	2	25
Discordo plenamente	0	0%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			3.68 / 4	
% Cumprimento selecionada:			75%	

Tabela 13 - Respostas à pergunta 2.5 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 13 observa-se que maior parte dos respondentes concorda, mas uma outra grande parte com opinião neutra ou a discordar sobre a utilidade e a facilidade da consulta da informação de perfil do jogador. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 75%.

3 - Objetivo SériO

OS02 – O jogo ajuda a transmitir o conhecimento das operações do sistema MES ao jogador				
3.1 - O jogo auxilia na compreensão das funcionalidades do MES ao jogador				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	13	59.1%	5	100
Concordo	6	27.3%	4	75
Nem concordo nem discordo	3	13.6%	3	50
Discordo	0	0%	2	25
Discordo plenamente	0	0%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			4.45 / 4	
% Cumprimento selecionada:			75%	

Tabela 14 - Respostas à pergunta 3.1 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 14 observa-se que a maior parte dos respondentes concorda sobre o facto de o jogo efetivamente ajudar a transmitir o conhecimento das operações do MES ao jogador. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 75%.

OS03 - O jogo incute os jogadores a jogar por iniciativa própria				
3.2. Depois de ter jogado o desafio de exemplo, sente vontade de experimentar outros desafios sobre diferentes funcionalidades do sistema				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	13	59.1%	5	100
Concordo	9	40.9%	4	75
Nem concordo nem discordo	0	0%	3	50
Discordo	0	0%	2	25
Discordo plenamente	0	0%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			4.59 / 5	
% Cumprimento selecionada:			100%	

Tabela 15 - Respostas à pergunta 3.2 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 15 observa-se que todos os respondentes a concordam sobre o facto de o jogo incutir os jogadores a jogarem por iniciativa própria. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 100%.

OS04 - A ajuda disponibilizada no jogo é útil para atingir os objetivos do jogo				
3.3. A ajuda disponibilizada no jogo é útil para conseguir atingir os objetivos do jogo				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	6	27.3%	5	100
Concordo	7	31.8%	4	75
Nem concordo nem discordo	3	13.6%	3	50
Discordo	5	22.7%	2	25
Discordo plenamente	1	4.5%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			3.5 / 3	
% Cumprimento selecionada:			50%	

Tabela 16 - Respostas à pergunta 3.3 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 16 observa-se uma opinião muito díspar em relação à utilidade da ajuda disponibilizada no jogo, pois existem muitos respondentes a não concordar ou a ter uma opinião neutra face aos que concordaram, ao que leva a concluir que a ajuda disponibilizada não foi assim tão útil. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 50%.

OS05 - O jogo motiva a autoaprendizagem das funcionalidades do sistema				
3.4. O jogo motiva a auto-aprendizagem das funcionalidades do sistema				
Resposta	Contagem	Percentagem	Peso	% Cump.
Concordo plenamente	13	59.1%	5	100
Concordo	7	31.8%	4	75
Nem concordo nem discordo	2	9.1%	3	50
Discordo	0	0%	2	25
Discordo plenamente	0	0%	1	0
Média do peso/ Média do peso arredondada:			4.5 / 4	
% Cumprimento selecionada:			75%	

Tabela 17 - Respostas à pergunta 3.4 com o resultado da percentagem de cumprimento

Na Tabela 17 observa-se que a maior parte dos respondentes concordam, ao que o jogo motiva os jogadores a aprenderem por iniciativa própria acerca das funcionalidades do sistema. Aplicando a fórmula de conversão obteve-se uma percentagem de cumprimento do requisito de 75%.

Resposta aberta

Na *Tabela 18* e *Tabela 19* estão apresentadas algumas das respostas às perguntas abertas selecionadas pela relevância.

A - Quais foram as suas principais dificuldades no primeiro contacto com o MES?
Respostas
Perceber dependências, regras de negócio e os fluxos dos processos.
A aprendizagem dos conceitos iniciais, que são explorados nesta demo.
Identificar os conceitos chave (Material, Track-in, Dispatch, etc)
Perceber o significado das entidades e das regras de negócio.
Perceber o modelo de dados Associar os conceitos de fabrico aos às entidades do MES
Perceber a diferença entre Produto e Material
Perceber a forma como era modelado no MES um fluxo de produção

Tabela 18 – Respostas mais relevantes à pergunta ‘A’ das perguntas de resposta aberta

B - Quais são os pontos a melhorar no jogo?
Respostas
Melhor visibilidade, ao longo das operações, se os objetivos estão ou não a ser cumpridos. Objetivos mais granulares para uma melhor noção de progresso.
Mais informações de auxílio à execução do jogo e explicação dos conteúdos do MES.
Dentro da própria ResourceView era útil haver tooltips de ajuda (com info e a fazer focus) a sugerir as ações que o utilizador deve fazer tendo em conta o estado em que está.

O controlo do avatar pode ser melhorado. Controlos com o rato, pois com o teclado é pouco intuitivo Mais informação e ajudas
O jogo podia ter informação por cima de cada Resource. Podia também indicar um caminho e dar pistas do que fazer e onde ir em cada objetivo
Era preferível se o jogo tivesse uma vista de cima parecida com o FabLive3D e os controlos fossem parecidos com o Sims, pois seria mais intuitivo. Podia existir um sistema de dicas para orientar o jogador no objetivo atual. Podia ter um botão para consultar as instruções a qualquer momento, sem ser só no início

Tabela 19 - Respostas mais relevantes à pergunta 'B' das perguntas de resposta aberta

Análise das respostas

Analisando as respostas no global, a maioria afirma que teve dificuldade em:

- Entender a diferença entre um Produto e um Material;
- Perceber as relações entre um fluxo de produção e a sua modelação no MÊS;
- A generalidade de algumas das entidades do MÊS.

Em panorama geral, houve uma resposta positiva ao protótipo desenvolvido, pelo que os inquiridos afirmaram que se tratava de uma boa ideia para implementar no MES, principalmente para ajudar nas formações, em concordância com o objetivo inicial do projeto. No entanto, como se tratou de uma prova de conceito, os inquiridos apontaram alguns defeitos e possíveis melhorias para que no futuro o jogo se possa tornar algo realmente utilizável. Por isso, algumas das sugestões foram:

- Mais ajuda e dicas ao longo do jogo;
- Controlo do avatar mais intuitivo (mais uso do rato em vez de teclado);
- Visualização mais detalhada sobre o estado dos objetivos;
- Mais ajudas visuais como indicação de percurso e localização dos materiais em processamento.

Resultado do QEF

Relativamente à avaliação da qualidade do protótipo desenvolvido, segundo as respostas ao questionário, e aplicando o modelo QEF, obteve-se uma percentagem de qualidade de **83%**.

6 Conclusões

Numa altura em que os sistemas de informação trazem cada vez mais funcionalidade e tratam grandes quantidades de dados, torna-se um desafio cada vez maior explicar de uma forma intuitiva todos os conceitos inerentes a estes sistemas como operar com os mesmos.

No caso dos sistemas MES, que são sistemas de software com uma dimensão relativamente grande e com uma relativa complexidade, torna-se fundamental a existência de formações tanto para os funcionários das fábricas que o utilizam, bem como os engenheiros que o desenvolvem.

Atualmente, cada vez mais se observa uma grande adesão a diferentes metodologias de treino e formação, nomeadamente aos jogos sérios e ao recurso à simulação. A formação digital com recurso a estas metodologias, traz várias vantagens que tornam o processo mais eficaz, nomeadamente a motivação acrescida dos formandos e a melhor compreensão dos conceitos devido ao uso de cenários simulados.

Sendo o MES da Critical Manufacturing um sistema com uma natureza complexa, surgiu a ideia de criar algo que aproveite os recursos e funcionalidades existentes, explorando a simulação, de forma a trazer exemplos práticos que ajudem na compreensão do fluxo de dados e das operações principais do sistema. Para isso, foi desenvolvido um protótipo/prova de conceito de um jogo sério, inserido num novo módulo (módulo de Training) da aplicação web (HTML5) do MES, que permite criar e jogar desafios que utilizam dados da aplicação (entidades e modelos 3D) recriando um cenário simulado de interação com o sistema numa fábrica, onde o jogador faz o papel de um funcionário que tem um conjunto de tarefas a realizar num determinado tempo limite.

Este jogo terá como principal objetivo ser utilizado como uma ferramenta que auxilie as formações dos utilizadores do MES e dos novos colaboradores que estão a ter o seu primeiro contacto com o sistema.

Para comprovar/avaliar se o jogo desenvolvido tinha capacidade de atender ao principal objetivo do projeto, foi realizada uma experiência onde um grupo-teste de jogadores respondeu a um questionário que permitia avaliar a qualidade do jogo como um produto, assim como descobrir quais as oportunidades de melhoria.

A experiência realizada levou a concluir que o jogo foi efetivamente uma boa ideia para uma ferramenta inovadora para as formações, mas que para ser efetivamente algo útil teria de ser implementadas algumas melhorias, como por exemplo, um sistema de ajuda e dicas, interface e controlos mais intuitivos, e mais informação e feedback visual ao longo do decorrer do jogo.

Para trabalho futuro, surgiram ainda ideias de tornar o jogo multijogador e de tornar o módulo de treino como uma plataforma interna de e-learning com capacidades de ensinar efetivamente os utilizadores e atribuir certificações conforme a conclusão de planos de treino.

Referências

- A. D., F. B., & R. B. (2014). Serious Games for education and training. *International Journal of Serious Games*.
- Aegis Software. (13 de Fevereiro de 2018). *Understanding MES - Manufacturing Execution Systems*. Obtido de New Castle Systems:
<https://www.newcastlesys.com/blog/understanding-mes-manufacturing-execution-systems>
- Allucyne. (Janeiro de 2019). *3D and Training Hand in Hand*. Obtido de Allucyne.com:
<https://www.allucyne.com/en/customer-project/3d-training-simulator-for-oil-and-gas-56>
- Angular. (2019). Obtido de angular.io: <https://angular.io/>
- BadgeVille Reviews. (Janeiro de 2019). Obtido de Technology Advive:
<https://technologyadvice.com/products/badgeville-reviews/>
- Blöchl, S. &. (2016). Simulation Game for Intelligent Production Logistics - The PuLL Learning Factory. pp. 130-135.
- Brandl, D. (14 de Outubro de 2011). *Engineering and IT Insight: MES vs. ERP for manufacturing*. Obtido de Control Engineering:
<https://www.controleng.com/articles/engineering-and-it-insight-mes-vs-erp-for-manufacturing/>
- Brant A. Cheikes, Marty Geier, Rob Hyland, Frank Linton, Linda Rodi, & Hans-Peter Schaefer. (1998). Embedded Training for Complex Information Systems. *International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, (pp. 36-45).
- Critical Manufacturing S.A. (11 de 11 de 2018). *Manufacturing Execution Systems*. Obtido de Critical Manufacturing: <http://www.criticalmanufacturing.com/en/critical-manufacturing-mes/what-is-manufacturing-execution-system>
- Critical Manufacturing S.A. (Janeiro de 2019). Obtido de Portal das Tecnologias de Produção: <https://portal.produtech.org/company/critical-manufacturing-s-a>
- Critical Manufacturing S.A. (Janeiro de 2019). *What is Manufacturing Execution System*. Obtido de Critical Manufacturing S.A:
<http://www.criticalmanufacturing.com/en/critical-manufacturing-mes/what-is-manufacturing-execution-system>
- Direcionadores do processo de inovação: o papel da estratégia, liderança e cultura. (1 de 1 de 2019). Obtido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Modelo-New-Concept-Development-NCD_fig1_307712679
- elearningsuperstars. (Janeiro de 2019). *TRAIN4TRADESKILLS: VIRTUAL REALITY HOUSE*. Obtido de elearningsuperstars.com:

http://www.elearningsuperstars.com/project/virtual-reality-house-by-train4tradeskills/?utm_campaign=elearningindustry.com&utm_source=%2F5-killer-examples-gamified-elearning&utm_medium=link

Escudeiro, P., & Bidarra, J. (2008). Quantitative Evaluation Framework (QEF). *Conselho Editorial/Consejo Editorial*, 16.

FlexSim Software Products, Inc. (Janeiro de 2019). *FlexSim Software*. Obtido de FlexSim: <https://www.flexsim.com/pt/flexsim/>

GameLearn. (Janeiro de 2019). *Serious Games Company for Corporate Training*. Obtido de game-learn.com: <https://www.game-learn.com/serious-games-company-for-corporate-training/>

Heidmann, O. (2015). How to create a serious game? *EUDL - European Union Digital Library*.

Hurst, W., Shone, N., Tully, D., Shi, Q., Chalmers, C., Hulse, J., & O'Hare, D. (2019). Developing a Productivity Accelerator Platform to Support UK Businesses in the Industry 4.0 Revolution. *Third International Congress on Information and Communication Technology*, 517-525.

IEFP. (s.d.). *Introdução à Plataforma e-learning*. Obtido de E-learning IEFP: https://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/46766/mod_scorm/content/0/ens01/01ens01.htm

K. D. (2013). Sustainable Product Innovation: The Importance of the Front- End Stage in the Innovation Process. *Advances in Industrial Design Engineering*, pp. 139-166.

Kairos 3D. (06 de 12 de 2018). *Our innovative platform for 3D interactive applications*. Obtido de Kairos 3D: <https://www.kairos3d.it/platform/>

kmed Europa, Lda. (2014). *Formação Profissional - O que é?* Obtido de kmed Europa: <http://www.kmedeuropa.pt/formacao.php>

L., G. G., & A., A. (2008). Habilidades y Competencias Sociales en Juegos en Línea. *5to Simposio Iberoamericano en Educación, Cibernética e Informática (SIECI)*.

Leal, F. M. (2017). Learning lean with lego: developing and evaluating the efficacy of a serious game. *Epub*.

MacRae, C. (26 de Fevereiro de 2018). *Gamification and the human role in Industry 4.0*. Obtido de just Auto: https://www.just-auto.com/interview/gamification-and-the-human-role-in-industry-40_id181395.aspx

Marr, B. (Setembro de 2018). *What is Industry 4.0*. Obtido de Forbes: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/#545f0fba9788>

O que é MES. (Janeiro de 2019). Obtido de TGN Brasil: <https://tgnbrasil.com.br/o-que-e-mes-manufacturing-execution-system/>

- Ordaz, N., Romero, D., Gorecky, D., & R. Siller, H. (2015). Serious Games and Virtual Simulator for Automotive. *Procedia Computer Science*, 267 – 274. doi:10.1016/j.procs.2015.12.247
- Read, J. C. (2015). Serious games in education. *EAI Endorsed Transactions on Serious Games*, 1-2.
- Sanal, A. (8 de Agosto de 2018). *7 Award Winning E-learning Examples And What We Like About Them!* Obtido de playXLPro: <https://playxlpro.com/seven-award-winning-e-learning-examples-and-what-we-like-about-them/>
- Santos Costa, A. C., & Marchiori, P. Z. (2015). Gamifica o, elementos de jogos e estratégia: uma.
- Sawyer, B., & Smith, P. (2008). Serious games taxonomy. *Paper presented at the serious games summit at the game developers conference, San Francisco, USA.*
- Scholten, B. (2007). *The Road to Integration: A Guide to Applying the ISA-95 Standard in Manufacturing.* ISA.
- Sendler, U. (2017). *The Internet of Things: Industrie 4.0 Unleashed.* Springer.
- Swacha, J. (2016). Gamification in Enterprise Information Systems: What, why and how. *Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS)*, (pp. 1229-1233). Gdansk.
- Tauchim, P. S. (Janeiro de 2019). *Factorico - Factory simulation game.* Obtido de itch.io: <https://itch.io/t/140872/factorico-factory-simulation-game>
- ThreeJs.* (2019). Obtido de ThreeJs.org: <https://threejs.org/>
- Universidade do Minho. (2018). *TecMinho.* Obtido de Gamifica o: estratégias de jogos aplicadas ao e-learning: <https://www.tecminho.uminho.pt/showcourse.php?plan=1&course=2805>
- University of Colorado Denver. (20 de Outubro de 2010). *Video games can be highly effective training tools, study shows: Employees learn more, forget less, master more skills.* Obtido de Science Daily: www.sciencedaily.com/releases/2010/10/101019171854.htm
- Valckenaers, P., & Brussel, H. V. (2005). Holonic manufacturing execution systems. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 427-432.
- Vilas, H. M. (Agosto de 2012). Jogos de Computador para a Forma o em Engenharia Informática. p. 5.
- W., B. J. (20 de Dezembro de 2018). *Gamifica o de LMS: 7 Mecânicas de Jogos.* Obtido de SkillBuilderLMS: <https://www.skillbuilderlms.com/br/lms-gamification-game-mechanics/>
- Warwick Manufacturing Group. (2007). *Quality Function Deployment*. Coventry, UK: School of Engineering, University of Warwick.

WebGL API. (2019). Obtido de MDN Web Docs: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL_API

Zion Market. (2018). *Manufacturing Execution System (MES) Market By Function (Quality Analysis, Document Control, Inventory Management, Production Tracking, Production Performance Analysis, Resource Allocation, And Others), By Process Industry (Oil And Gas, Food And Beverages*. Nova Iorque: Globe Newswire.

Zurmo. (Janeiro de 2019). *The New Open Source CRM: Gamified, Mobile, Social*. Obtido de zurmo.org: <http://zurmo.org/>

Anexos

Anexo A – Análise de Valor

Modelo NCD (New Concept Development)

No desenvolvimento de um novo produto, existe a fase de *Front-End*, que é considerada como o primeiro estágio de desenvolvimento de novos produtos e que envolve o período da geração da ideia até a sua aprovação para o desenvolvimento, ou a sua finalização. (Kristel, 2013)

O modelo NCD (New Concept Development) é um modelo desenvolvido por Koen et al. (2001), que define os componentes-chave para a fase de *Front-End* da inovação (Figura 38). A componente central do gráfico é o Motor, que representa a liderança, cultura e estratégia de negócios da organização que impulsiona os cinco elementos-chave:

1. Identificação da oportunidade
2. Análise da oportunidade
3. Geração e enriquecimento de ideias
4. Seleção da ideia
5. Definição do conceito

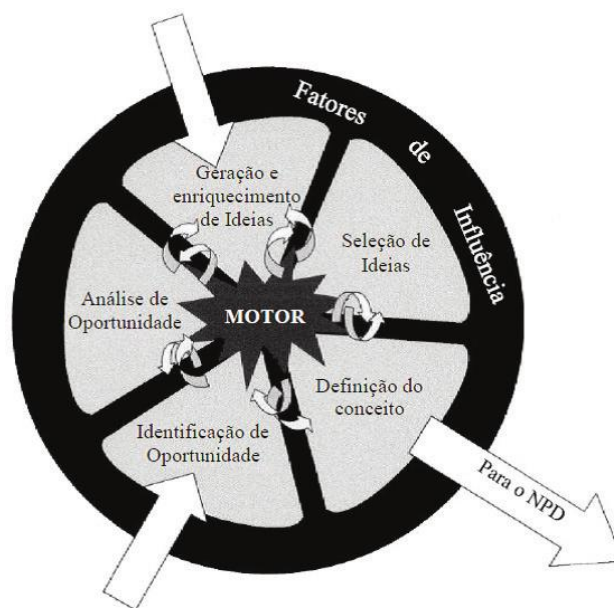


Figura 38 - Modelo NCD (Direcionadores do processo de inovação: o papel da estratégia, liderança e cultura, 2019)

Identificação e Análise da Oportunidade

Atualmente surgem cada vez mais soluções para auxílio na gestão, planeamento e controlo empresarial/industrial. Cada vez mais “a máquina” substitui o ser humano, o que faz com

que este tenha de se adaptar as constantes transformações e atualizações nas tecnologias. A nova revolução industrial (Indústria 4.0), projeta novas soluções para a indústria que levam a automação a extremos, surgindo algumas preocupações relacionadas ao emprego na manufatura. Falam-se de abordagens, que procuram recolocar o ser humano no comando, de forma a aproveitar a capacidade única insubstituível de tomada de decisão do ser humano, deixando o trabalho físico e pesado para as máquinas. (MacRae, 2018)

Com esta utilização cada vez mais frequente das tecnologias de informação na manufatura e nas empresas, cada vez mais os funcionários são forçados a coadunar as suas tarefas com o auxílio de software. E, por isso, os sistemas de informação empresariais como ERP, MES, entre outros, estão cada vez a ficar mais complexos, principalmente no mundo da indústria de alta performance, onde são procuradas soluções de MES mais completas e abrangentes.

De acordo com o relatório (Zion Market, 2018), o mercado global de sistemas de execução de fabrico (MES) foi avaliado em US\$ 9,28 biliões em 2017 e deverá atingir aproximadamente US\$ 21,70 biliões até 2024. Ainda de acordo com o relatório, é referido que os sistemas MES são focados em fornecer soluções para otimizar e melhorar o processo de fabrico para engenheiros e gestores, para além de ajudarem a gerar uma maior produção a um custo mínimo, oferecendo um grande valor para as empresas de manufatura.

Devido a diversidade das empresas e dos processos de manufatura, são procuradas soluções de MES suficientemente genéricas para que cada cliente possa personalizar e acrescentar funcionalidade específica ao seu modelo de negócio e às operações do chão de fábrica. Com a oferta destes sistemas muito versáteis e com uma adaptação dinâmica, torna-se necessário dar bastantes formações aos operários que vão interagir com o sistema, sempre que algo novo é acrescentado ou modificado no processo e no software. Portanto, existe uma necessidade de agilizar o processo de formação procurando um método mais motivador e mais simples para configurar os exercícios de treino práticos.

O foco será então preparar melhor e de forma mais rápida os operadores conduzindo-os para um comportamento ideal nas suas tarefas diárias. Portanto, para atacar este problema surgem várias abordagens utilizando simulação, jogos sérios ou gamificação para aumentar a eficácia e a motivação na aprendizagem dos sistemas de software. Os jogos sérios e a gamificação são um fenómeno das Tecnologias da Informação (TI) cujo conceito é considerado por alguns, como uma solução real para diversos problemas organizacionais. (Santos Costa & Marchiori, 2015)

No caso do sistema *MES* da *Critical Manufacturing*, a sua utilização é feita por clientes que por norma têm muitos colaboradores, portanto, o desenvolvimento de um método de assistência ao treino usando um jogo sério é um fator motivador para a aquisição de novos clientes e para os clientes que já utilizam o produto e os serviços prestados pela empresa.

Seleção e Enriquecimento de Ideias

A ideia deste projeto surgiu na empresa *Critical Manufacturing S.A.* devido à necessidade de treinar novos utilizadores e programadores recentemente contratados, transmitindo todos os conceitos do negócio e funcionalidades do sistema, devido à complexidade do mesmo.

Aproveitando um módulo existente no sistema (fabLive3D), pretende-se desenvolver um jogo sérió de treino para os utilizadores do MES. Trata-se de um jogo 3D em terceira pessoa, que recorre a modelos 3D da planta da fábrica e dados existentes no sistema MES, onde os utilizadores jogam níveis adaptados as suas necessidades de treino com o intuito de aprender a utilizar o software num ambiente simulado onde efetuam as tarefas diárias como se estivessem realmente no chão de fábrica.

A ideia sofreu um processo de amadurecimento ao longo de várias reuniões e foi convergindo para uma solução mais refinada e detalhada, nomeadamente no que diz respeito à mecânica do jogo e construção dos desafios, com o intuito de obter um jogo de treino apelativo e útil.

Definição do Conceito

O conceito do jogo a desenvolver neste projeto relaciona-se principalmente com a aprendizagem através da simulação, com o objetivo de preparar os utilizadores do MES para realizarem as suas tarefas recorrendo a uma utilização regular do sistema.

O jogo poderá ser moldado para cada perfil de utilizador, de forma a criar desafios que treinem a capacidade de executar operações específicas no sistema (com mais ou menos criticidade para o processo de fabrico) aliadas ao papel desempenhado.

Para o utilizador, é uma forma motivadora de aprender a operar com este sistema complexo, permitindo também que este melhore a sua habilidade com o software para aumentar a sua produtividade e a capacidade de resposta a diferentes situações.

Proposta de Valor para o Cliente

O “Valor” pode ser definido como um grau de benef3cio que as partes interessadas retiram de um produto e a percep7ao do cliente e das demais partes interessadas sobre o grau de atendimento de suas necessidades.

Este projeto prevê a cria7ao de um jogo s3rio digital para auxiliar no treino dos utilizadores de um sistema de software MES, utilizando a simula7ao tornar os exemplos práticos das forma7oes mais interessantes e para facilitar a prepara7ao dos mesmos. Ao mesmo tempo, motivará os utilizadores a jogarem não são nas forma7oes, mas tamb3m por iniciativa própria. Por isso, o valor trazido para o cliente será:

- Autonomia e motiva7ao dos utilizadores no processo de aprendizagem do sistema
- M3todo interativo e motivador para complementar as forma7oes dos funcionários
- Simplifica7ao na cria7ao de exemplos práticos para as forma7oes
- Possibilidade de, no futuro, atribuir qualifica7oes/certifica7oes aos funcionários/utilizadores automaticamente atrav3s da conclusão dos planos de treino

Quality Function Deployment (QFD)

O QFD 3 um sistema para projetar um produto ou servi7o com base nas necessidades do cliente, ou seja, consiste numa t3cnica que foi projetada para garantir que as necessidades do cliente sejam atendidas. Esta ferramenta permite-nos fazer uma análise que contribua para obter uma qualidade superior do produto a comercializar e ajuda a alcan7ar o cliente orientando as caracter3sticas do produto para as suas necessidades. (Warwick Manufacturing Group, 2007)

Para o projeto desta disserta7ao, serão apenas relacionados graficamente os requisitos do cliente com os requisitos do projeto numa matriz de rela7ao, de forma a apresentar num panorama geral a qualidade da rela7ao entre ambos, como se pode ver na *Tabela 20*:




















Requisitos do Projeto 	Importância para o cliente (1-5)	Utilização de dados realistas do sistema para o jogo	Mini-jogos criados com os dados fornecidos pelo cliente	Utilização de modelos 3D	Integrado no sistema MES	Relação  Forte  Médio  Fraco
Requisitos do Cliente 						
Jogo motivador	5					
Aprendizagem eficaz	4					
Flexibilidade na construção de desafios	4					
Simulação realista	2					
Poupança de tempo e auxílio em formações	5					
Sem custos adicionais	5					

Tabela 20 - Matriz de Relação entre os Requisitos do Cliente e do Projeto

Benefícios e Sacrifícios

Domínio/Âmbito	Produto (Jogo)	Serviço	Relacionamento
Benefício	<ul style="list-style-type: none"> • Jogo motivador • Desafios do jogo construídos à medida • Aprendizagem intuitiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Treino e formação assistida com o novo módulo (Jogo Sérió) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecimento ao Cliente como um módulo interno do sistema MES • Preço incluído no valor de compra do produto como um todo
Sacrifício		<ul style="list-style-type: none"> • Preparação das formações assistidas com o novo módulo (Jogo Sérió) 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptação ao funcionamento do novo módulo

Tabela 21 - Benefícios e Sacrifícios

Modelo de Negócio CANVAS

<p><i>Atividades-Chave</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver e manter o jogo de treino de utilizadores como mais um módulo do sistema MES 	<p><i>Proposta de Valor</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Autonomia e motivação dos utilizadores no processo de aprendizagem do sistema • Método interativo e motivador para complementar as formações dos funcionários • Possibilidade de, no futuro, atribuir qualificações/certificações aos funcionários/utilizadores automaticamente através da conclusão de planos de treino 	<p><i>Relacionamento com clientes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Suporte • Atendimento ao Cliente • Demonstrações • Implementação de Projeto dedicada ao cliente 	<p><i>Segmentos de Clientes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Indústria de alto rendimento: Semicondutores, Indústria Solar, Indústria de Dispositivos Médicos, entre outros.
<p><i>Recursos-Chave</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Internet • Servidor Web e alojamento • Bases de dados • Equipa de desenvolvimento • Licenças de IDEs 		<p><i>Canais</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Portal de suporte e atendimento ao cliente • Sistema de instalação automática remotamente no cliente 	
<p><i>Estrutura de Custos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Custos com a equipa de desenvolvimento • Custos de equipamento e computadores • Custos de alojamento dos servidores 		<p><i>Fontes de Rendimento</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Venda de licenças do produto • Implementação e Manutenção do produto no cliente 	

Tabela 22 - Modelo de negócio CANVAS

Anexo B – Questionário

Questionário para avaliação de protótipo de jogo sérió para treino de utilizadores do MES da Critical Manufacturing

Contexto

Esta experiência surge no contexto de um projeto prático de uma Dissertação de Mestrado realizada em conjunto com a Critical Manufacturing, sobre o tema “Treino e formação de utilizadores do sistema MES”. Esta dissertação tem como objetivo prático criar uma prova de conceito de uma ferramenta para auxiliar as formações dos utilizadores do MES, e dos novos colaboradores que estão a ter o seu primeiro contacto com o sistema.

Surgiu então a ideia de criar um jogo sérió para treino dos utlizadores, embebido na interface HTML5 do MES, aproveitando recursos e funcionalidades existentes no sistema. A ideia seria explorar a simulação, de forma a trazer exemplos práticos que ajudem na compreensão do fluxo de dados e das operações principais do sistema. O jogo utiliza dados do FabLive3D para permitir recriar um cenário simulado de interação com o sistema numa fábrica, onde o jogador faz o papel de um funcionário que tem um conjunto de tarefas a realizar num determinado tempo limite.

Experiência

Nesta experiência o objetivo será o respondente experimentar o protótipo, jogando o desafio de exemplo e respondendo a um conjunto de questões posteriormente.

Visto o protótipo estar numa fase embrionária, é espectável que através desta experiência se consiga recolher feedback e sugestões para melhorias a implementar no futuro para que se aproxime de uma solução final.

As instruções de como realizar a experiência são as seguintes:

Instruções:

- Aceda ao ambiente de testes através do URL: X
- Na página principal aceda ao menu “Administration”
- Selecione o submenu: “Training”
- Irá ver a sua página de perfil de treino e uma lista de jogos/desafios
- O jogo de teste da experiência é o: “A Day at Cookies Manufacturing”
- Antes do jogo começar leia a introdução e consulte o separador “How to Play” para saber como jogar
- Após jogar o desafio responda às questões do questionário

Questões

A. Há quanto tempo está na empresa?

- < 1 ano
- > 1 ano < 3 anos
- > 3 anos < 5 anos
- > 5 anos

B. Qual o seu nível de conhecimento do MES da Critical Manufacturing?

- Muito
- Algum
- Pouco

1. Jogabilidade

1.1. O objetivo e as regras do jogo são fáceis de perceber

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

1.2. O jogo proporciona uma experiência satisfatória

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

1.3. O jogo é envolvente

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo

2. Usabilidade

2.1. O jogo é fluido

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

2.2. A interface do jogo é fácil de ler

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

2.3. O jogo tem erros que comprometem a jogabilidade

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

2.4. O acesso à ajuda durante o jogo é fácil

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

2.5. As informa7oes no perfil do jogador são úteis

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

3. Objetivo S3rio

3.1. O jogo auxilia na compreensão das funcionalidades do MES

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

3.2. Depois de ter jogado o desafio de exemplo, sente vontade de experimentar outros desafios sobre diferentes funcionalidades do sistema

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

3.3. A ajuda disponibilizada no jogo é útil para conseguir atingir os objetivos do jogo

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

3.4. O jogo motiva a autoaprendizagem das funcionalidades do sistema

- Concordo plenamente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo plenamente

Resposta aberta

A. Quais foram as suas principais dificuldades no primeiro contacto com o MES?

B. Quais são os pontos a melhorar no jogo?

Muito Obrigado por participar nesta experiência

Anexo C – QEF

q	D	Qi	Dimensão	Qj	Wij	Fator	Rwjk	Requisito	Wfk
83%	0.39	83.3	Jogabilidade	83.3	1	Jogabilidade	10	J01 – O objetivo e as regras do jogo são fáceis de perceber	75
							10	J02 – O jogo proporciona uma experiência agradável e satisfatória	75
							10	J03 – O jogo é envolvente	100
		70.8	Usabilidade	70.8	1	Usabilidade	10	U01 – O jogo é fluido	75
							10	U02 – Os elementos da interface do jogo estão posicionados num sítio adequado	75
							10	U03 - O jogo tem erros que comprometem a jogabilidade	75
							10	U04 - O acesso à ajuda durante o jogo é fácil	50
							10	U05 - A informação do perfil do jogador é útil e fácil de consultar	50
							10	U06 - O jogo está disponível em vários idiomas	100
		80	Objetivo Sério	80	1	Objetivo Sério	10	OS01 - O jogo permite personalização dos dados e cenários adaptada ao cliente	100
							10	OS02 – O jogo ajuda a transmitir o conhecimento das operações do sistema MES ao jogador	75
							10	OS03 - O jogo incute os jogadores a jogar por iniciativa própria	100
							10	OS04 - A ajuda disponibilizada no jogo é útil para atingir os objetivos do jogo	50
							10	OS05 - O jogo motiva a autoaprendizagem das funcionalidades do sistema	75

Tabela 23 - Modelo QEF

Legenda:

- W_{ij} = (Peso do Fator j na Dim i) [0, 1]
- R_{wjk} = (Peso do Requisito k do Fator j) {2, 4, 6, 8, 10}
- W_{fk} = (% Cumprimento do Requisito k) [0, 100]

Dimensão	Jogabilidade
-----------------	--------------

		Wfk – Cumprimento do Requisito (%)				
Requisito	Métrica de avaliação	0	25	50	75	100
J01	Resposta a questão: 1.1	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
J02	Resposta a questão: 1.2	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
J03	Resposta a questão: 1.3	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas

Dimensão	Usabilidade
-----------------	-------------

		Wfk – Cumprimento do Requisito (%)				
Requisito	Métrica de avaliação	0	25	50	75	100
U01	Resposta a questão: 2.1	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
U02	Resposta a questão: 2.2	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
U03	Resposta a questão: 2.3	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
U04	Resposta a questão: 2.4	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
U05	Resposta a questão: 2.5	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
U06	A interface do jogo pode ser usada em diferentes idiomas	Não	-	-	-	Sim

Dimensão	Objetivo Sérió
-----------------	----------------

Requisito	Métrica de avaliação	Wfk – Cumprimento do Requisito (%)				
		0	25	50	75	100
OS01	O modulo de treino permite criar jogos/desafios personalizados	Não	-	-	-	Sim
OS02	Resposta a questão: 3.1	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
OS03	Resposta a questão: 3.2	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
OS04	Resposta a questão: 3.3	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas
OS05	Resposta a questão: 3.4	0% de respostas positivas	25% de respostas positivas	50% de respostas positivas	75% de respostas positivas	100% de respostas positivas

Anexo D – Guião do jogo de exemplo

A day at Cookies Manufacturing (Um dia na fábrica de bolachas)

A fábrica de bolachas  uma fábrica fictícia que fabrica bolachas de vários tipos. Serve como exemplo para demonstrar o sistema MES em a7o



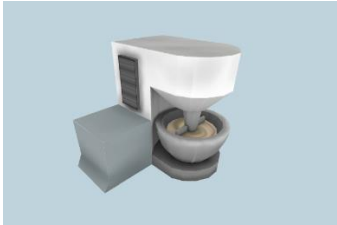

Neste desafio o jogador vai entrar na pele de um funcionário da fábrica de bolachas. O objetivo será produzir 10kg de bolachas Belgas. Para produzir as bolachas terá de fazer passar os materiais por todo as máquinas do fluxo de produ7o, dessa forma o jogador vai aprender como se processa um material até ao seu estado final através do sistema MES.

Objetivos:

- Colocar os ingredientes na misturadora
- Colocar a massa na moldagem
- Colocar as bolachas no forno
- Colocar as bolachas no arrefecimento
- Embalar as bolachas

Anexo E – Assets criados para o jogo de exemplo

Na *Tabela 24* são apresentados os objetos criados durante o desenvolvimento deste projeto para o jogo de exemplo. Todos os objetos foram criados usando a ferramenta Blender (<https://www.blender.org/>). O *avatar* é o único *asset* que é utilizado em todos os jogos criados e é incluído no pacote de Training. Os outros objetos foram usados para criar o fabLive3D usado no jogo de exemplo.

Objeto	Imagem
Avatar do operador	
Forno	
Misturadora	
Máquina de moldagem	

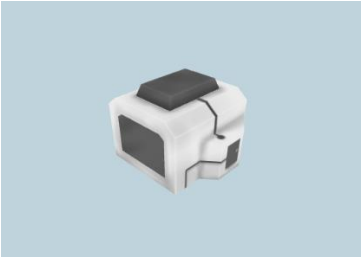
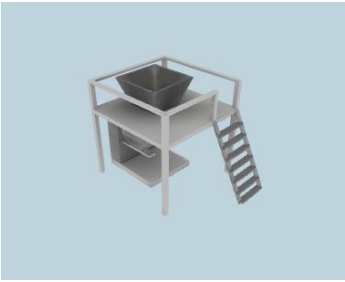



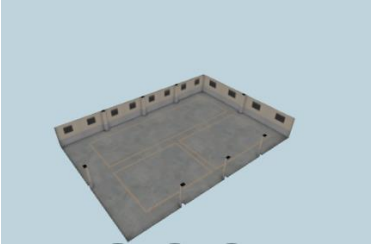
<p>Máquina de arrefecimento</p>	
<p>Máquina de empacotamento</p>	
<p>Tapete rolante</p>	
<p>Prateleira de armazém</p>	
<p>Transportador</p>	
<p>Chão de fábrica</p>	

Tabela 24 - Assets desenvolvidos