FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Gestão Avançada de Manutenção

Carlos Daniel Pais Barros

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador ATEP: Eng. Jorge Ferreira

Orientador FEUP: Prof. Pedro João

30 de Julho de 2020

Resumo

Nos últimos anos, a gestão de manutenção tem vindo a ser substituída por uma digitalização dos processos que, para além de facilitar o registo e planeamento de eventos, permite ainda um acesso ao histórico de manutenção de equipamentos mais acessível. A área da manutenção assume cada vez mais um papel de valorização dos recursos e garantia de qualidade de produção de uma empresa, o que explica a procura constante das melhores soluções tecnológicas.

Esta dissertação foi realizada não só com o intuito de descrever o desenvolvimento de uma base de dados capaz de registar diferentes eventos de manutenção associados a bens sobresselentes (nomeadamente eventos de manutenção preventiva, curativa, de calibrações ou de inspeções), como também de apresentar a conceção de uma interface gráfica adequada ao auxilio da base de dados.

Numa fase inicial, procedeu-se à modulação da base de dados do sistema, tendo a mesma sido desenvolvida em *Oracle Express*. De seguida, foi criada a interface gráfica recorrendo a uma arquitetura MVC onde os *models* e *controllers* foram implementados em C# e as *views* em EXT JS. Para além do projeto em MVC, foi ainda criada uma biblioteca para fazer a ligação entre os *controllers* e a base de dados.

A aplicação desenvolvida é capaz de fazer a gestão dos ciclos de vida dos componentes sobresselentes, oferecendo a possibilidade de decompor equipamentos complexos em peças mais simples.

Abstract

Nowadays, maintenance management has been replaced by a digitization of processes that, in addition to facilitating the registration and planning of events, also allows access to the equipment maintenance history more efficiently. The maintenance area increasingly assumes a role of valuing resources and guaranteeing the quality of a company's production, which explains the constant search for the best technological solutions.

This dissertation was carried out not only to describe the development of a database capable of recording different maintenance events associated with spare goods (namely preventive, curative, calibration or inspection events), but also to present the design of a graphical interface suitable for the assistance of the database.

In an initial phase, the system database was modulated, having been developed in textit Oracle Express. Then, the graphical interface was created using an MVC architecture where the models and controllers were implemented in C# and the views in EXT JS. In addition to the MVC project, a library was created to make the connection between the controllers and the database.

The developed application is capable of managing the life cycles of the spare components, offering the possibility to decompose complex equipment into simpler parts.

Agradecimentos

Gostaria de deixar o meu agradecimento a quem esteve envolvido direta ou indiretamente no desenvolvimento deste projeto:

- À minha família por todo apoio ao longo do meu percurso académico
- Ao departamento de IT da Amkor Technology Portugal, especialmente ao Eng. Jorge Ferreira pela disponibilidade e orientação ao longo do projeto e ainda ao Eng. Kevin Rodrigues por ter disponibilizado tempo para descodificar todas as minhas dúvidas acerca das ferramentas usadas durante o desenvolvimento do projeto.
- Ao meu orientador, professor Pedro João pela sua disponibilidade, suporte e encorajamento ao longo da dissertação.
- Aos meus amigos, pela companhia e pelo apoio dado desde sempre

A todos, muito obrigado

Carlos Barros

Conteúdo

1 Introdução **1**
1.1 Contexto e Motivação 1
1.2 Objetivos 1
1.3 Estrutura do Documento 2

2 Revisão Bibliográfica **3**
2.1 Manutenção 3
2.2 História da Manutenção 3
2.3 Tipos de Manutenção 4
2.3.1 Manutenção Curativa 4
2.3.2 Manutenção Preventiva 4
2.3.3 Manutenção Preditiva 5
2.4 Indicadores de desempenho 5
2.4.1 Fiabilidade 5
2.4.2 Manutibilidade 5
2.4.3 Disponibilidade 6
2.5 Gestão da Manutenção 6
2.5.1 RCM – *Reliability Centered Maintenance* 6
2.5.2 TPM – *Total Productive Maintenance* 7
2.6 Software de Gestão de Manutenção 8
2.7 Bens sobresselentes 9
2.8 Arquitetura MVC 9

3 Manutenção na ATEP **11**
3.1 Apresentação da ATEP 11
3.2 Processo Produtivo 11
3.3 A situação atual 12
3.4 Solução Proposta 12

4 Desenvolvimento do Projeto **15**
4.1 Modelação de Base de dados 15
4.1.1 Diagrama de Classes 15
4.1.2 Modelo Relacional 16
4.2 Aplicação Desenvolvida 16
4.2.1 Estrutura do código 17
4.2.2 Ecrã Inicial 17
4.2.3 Histórico de ações 19
4.2.4 Registo e planeamento de ações de manutenção 19

4.2.5 Calendário de ações planeadas 24
4.2.6 Criação de procedimentos para ações planeadas 25
4.3 Utilização da Aplicação 26

5 Caso de teste **27**
5.1 Gestão do ciclo de vida de um sobresselente 27

6 Conclusões **33**

A Base de Dados **35**
A.1 Diagrama de Classes 35
A.2 Modelo Relacional 35

B Aplicação **37**
B.1 Diagrama de Casos de Uso 37

Referências **39**

Lista de Figuras

2.1 Tipos de Manutenção 4
2.2 8 pilares do TPM[12] 7

4.1 Diagrama de Classes Simplificado 16
4.2 Ecrã da aplicação desenvolvida 17
4.3 Tabela com lista de peças 18
4.4 Painéis à direita da tabela de peças 18
4.5 Barra para navegação na aplicação 19
4.6 Janela com detalhes de ação 19
4.7 Formulário para registo ou planeamento de ações 20
4.8 Formulário após ser selecionado um tipo de ação planeada 21
4.9 Formulário após ser selecionado um tipo de ação Preparação para saída de Stock 22
4.10 Formulário para preencher a tabela da fig 4.9 23
4.11 Tabela com procedimentos no caso do tipo de ação Inspeção 24
4.12 Formulários para adicionar detalhes de procedimento de uma manutenção curativa(imagem à esquerda) ou de uma inspeção (imagem à direita) 24
4.13 Painel com ações planeadas 25
4.14 Formulário para criação de procedimentos referência 25
4.15 Formulário para adição de procedimento à tabela 26

5.1 Lista com componente a selecionar 27
5.2 Ecrã após seleção de componente 28
5.3 Ecrãs após registo de evento de receção e entrada em stock 28
5.4 Ecrãs após registo de evento de saída em stock 29
5.5 Ações Planeadas para TAMBOR01 29
5.6 Mensagem para confirmar conclusão da ação 30
5.7 Tabela atualizada com ação completa 30
5.8 Histórico de ações atualizado 31
5.9 Detalhe da ação completada 31

Abreviaturas e Símbolos

ERP	Enterprise Resource Planning
OEE	Overall Efficient Equipment
RCM	Reliability Centered Maintenance
TPM	Total Productive Maintenance
MTBF	Mean Time Between Failure
MTTR	Mean Time To Repair
WLB	Wafer Level Ball Grid Array

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contexto e Motivação

Atualmente todos os equipamentos utilizados no nosso quotidiano necessitam manutenção, desde os dispositivos simples até a aparelhos mais complexos, como é o caso dos equipamentos industriais. Os equipamentos industriais, para conseguirem oferecer níveis de produção elevados, em regimes contínuos, requerem uma maior importância nas atividades de manutenção. A manutenção permite estender o tempo de vida de um aparelho, e pode ser dividida em três tipos: curativa, preventiva e preditiva.

A manutenção preventiva tem como objetivo evitar falhas nos equipamentos através da realização de atividades regulares de verificação, tais como a limpeza do equipamento ou o controlo dos ciclos de carga do mesmo. Este tipo de operações aumenta, não só o tempo de vida útil do equipamento, como também otimiza o seu funcionamento. Ainda que se realizem atividades de prevenção, estas não são totalmente eficazes contra possíveis avarias, sendo que nesses casos, um outro tipo de manutenção é tida em conta, a curativa. Tal como o nome indica, a manutenção curativa permite "curar" o mau funcionamento dos equipamentos, repondo o seu estado de atividade standard.

Por fim, existe ainda a manutenção preditiva, considerada a mais complexa de implementar, relativamente às mencionadas anteriormente. A manutenção preditiva é baseada na monitorização dos parâmetros de desempenho dos equipamentos e permite, através da interpretação dos dados recolhidos, fazer a previsão das avarias antecipadamente. Evitar estas avarias leva a que seja possível a utilização do equipamento durante todo o seu tempo de vida útil.

No caso do trabalho proposto, serão aplicadas técnicas de gestão de manutenção preventiva e curativa para a gestão dos equipamentos da ATEP - Amkor Technology Portugal, S.A.

1.2 Objetivos

Esta dissertação procura o desenvolvimento de uma arquitetura de sistemas de informação que permita a gestão dos ciclos de vida dos bens sobresselentes da empresa. Para este fim, foram

definidas as seguintes tarefas:

- Aprender sobre as soluções de gestão de manutenção já implementadas
- Familiarização com as ferramentas de desenvolvimento a utilizar no desenvolvimento do projeto
- Modelação da base de dados
- Desenvolvimento da interface gráfica sobre a base de dados modelada

Numa fase inicial, uma aquisição de conhecimento acerca das soluções implementadas permite o entendimento de como é que uma ferramenta de gestão da manutenção terá de funcionar, assim como quais os requisitos mínimos para a sua implementação.

Com uma noção dos mecanismos implementados atualmente, falta ainda adquirir experiência nas ferramentas de desenvolvimento que serão utilizadas durante o projeto, nomeadamente as linguagens de programação, C# e EXT JS, e o ambiente de desenvolvimento da base de dados da *Oracle Express*.

Após o cumprimento dos dois primeiros pontos, passa-se para o desenvolvimento da aplicação em si. Durante a primeira fase de desenvolvimento, é projetada a base de dados que servirá de suporte à interface implementada posteriormente.

Por fim, será criada a interface gráfica fazendo uso dos conhecimentos adquiridos em C# e EXT JS.

No final do projeto, pretende-se que esteja desenvolvida uma aplicação que permita ao utilizador fazer o registo e/ou o planeamento dos eventos de um determinado equipamento sobresselente, assim como a consulta de todos os dados históricos desse mesmo equipamento.

1.3 Estrutura do Documento

Este dissertação encontra-se dividido em seis capítulos. No capítulo 1 é feita a introdução do tema tendo em conta o contexto atual, e também apresentados os objetivos do projeto.

No capítulo 2 são introduzidos os conceitos que servirão de base para o trabalho a realizar.

No capítulo 3 é feita a caraterização da ATEP. É apresentada tanto a solução atual da empresa na área da manutenção, assim com a solução proposta nesta dissertação.

No capítulo 4 é demonstrada a aplicação desenvolvida e a sua utilização.

No capítulo 5 é apresentado o cenário que serviu para testar a aplicação.

Por fim no capítulo 6 são tiradas as conclusões desta dissertação.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo é feita a revisão bibliográfica dos temas base para esta dissertação. Numa primeira parte, são abordados os conceitos essenciais da manutenção, como os tipos de manutenção ou os indicadores de desempenho, já numa segunda fase são introduzidos conceitos da área de IT, nomeadamente os *software* de gestão de manutenção e a arquitetura MVC.

2.1 Manutenção

A manutenção é, atualmente, uma das áreas mais importantes da atividade industrial tendo um papel fundamental na valorização dos recursos assim como ao nível do desempenho da produção de uma empresa. A manutenção pode ser definida como o conjunto de ações que permitem que um determinado equipamento funcione com o rendimento máximo, através de mecanismos de intervenção para evitar a avaria do mesmo. Na eventualidade de ocorrer uma avaria, tanto o custo para os seus detentores, como o tempo de paragem, devem ser o mais reduzidos possível [8].

2.2 História da Manutenção

No início da era industrial, a eficiência da utilização dos equipamentos industriais não era alvo de preocupação dos donos destes mesmos equipamentos, existindo apenas a sua manutenção na sua vertente reativa, isto é, a intervenção nos equipamentos ocorria apenas no caso de avaria.

Após o fim da 2ª Guerra Mundial deu-se um desequilíbrio na indústria devia à escassez de mão de obra e a um correspondente elevado número de avarias relacionadas com a utilização excessiva dos equipamentos. Isto levou a que a indústria tivesse que inovar, desenvolvendo metodologias de planeamento e controlo da manutenção, que serviram de mote ao surgimento do conceito de manutenção preventiva.

Já nas décadas de 60 e 70, o aparecimento dos primeiros computadores e o aumento do conhecimento maior dos padrões de avaria, resultando num crescimento da utilização de técnicas de manutenção preventiva. Este avanço na tecnologia, trouxe o início do estudo da relação entre a probabilidade de falha e a idade de um equipamento, dando assim origem à manutenção preditiva.

2.3 Tipos de Manutenção

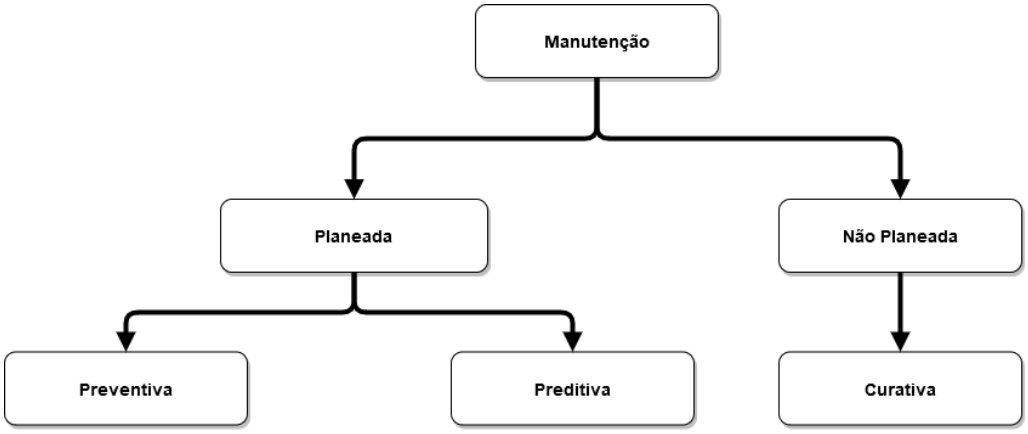


Figura 2.1: Tipos de Manutenção

Na figura 2.1, são apresentados os principais tipos de manutenção. Para um bom plano de manutenção, a política da empresa não se poderá limitar a apenas um tipo de manutenção. Num cenário ideal, o sistema de gestão não contaria com manutenção curativa, no entanto imprevistos acontecem e nesses casos, uma intervenção não planeada terá de acontecer.

2.3.1 Manutenção Curativa

A manutenção curativa corresponde ao trabalho de reparação de um bem após a ocorrência de uma falha [14]. Uma falha num equipamento é sempre inesperada e por isso mesmo, um evento de manutenção curativa é um evento de manutenção não planeada. Uma avaria é definida como, o estado de um bem (equipamento) caraterizado pela sua inaptidão para desempenhar uma função requerida, excluindo situações em que essa inaptidão seja planeada[4].

2.3.2 Manutenção Preventiva

Este tipo de manutenção engloba todas as atividades necessárias para evitar avarias nos equipamentos assim como para mantê-los em boas condições de funcionamento. Ao contrário da manutenção curativa que ocorre quando o equipamento está avariado, a manutenção preventiva fará intervenções periódicas no equipamento antes deste falhar [5]. A periodicidade destas intervenções poderá ser baseada em diferentes mecanismos de decisão acordados pela empresa, como por exemplo no número de ciclos, no tempo, na distância ou ainda em condições de funcionamento específicas, salientando-se a título de exemplo, a possibilidade de o valor retirado de um sensor ser superior a um limite previamente definido. Como a manutenção preventiva é composta por atividades planeadas, estas não irão causar atrasos na produção, e permitirão, através de um planeamento bem feito, que tanto o material como o pessoal necessário para as tarefas, esteja assegurado e organizado [14].

2.3.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é definida como: *"Manutenção condicionada efectuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do bem"*[4]. Ao contrário da manutenção preventiva em que é definida uma agenda para as intervenções de manutenção, na manutenção preditiva são analisados os dados dos sensores presentes no equipamentos de modo a que seja feito um controlo da sua degradação, permitindo que seja realizada a previsão do próximo momento de falha.

2.4 Indicadores de desempenho

Nesta secção serão apresentados alguns indicadores que servem para medir o desempenho do sistemas, mais concretamente, das metodologias de manutenção. Os indicadores terão de ser fáceis de calcular a partir dos dados diários dos equipamentos [8].

2.4.1 Fiabilidade

A fiabilidade é definida como a *"Aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo"*[4], podendo, ao ser representada como uma probabilidade, ser utilizada como um indicador de desempenho..

Para a estimação da fiabilidade é calculada a taxa de avarias definida pela seguinte expressão:

$$\lambda(t) = \frac{\text{N}^{\text{o}} \text{ de Avarias}}{\text{Tempo de utilização}} \tag{2.1}$$

Para além da taxa de avarias, há um outro parâmetro usualmente utilizado na estimação da fiabilidade, designado por MTBF (*Mean Time Between Failure*). Este critério indica o tempo que um sistema está parado, desde o momento em que a falha ocorre, até ao momento em que o sistema volta a estar operacional. Este parâmetro está relacionado com a taxa de avarias e pode ser calculado da seguinte forma:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \tag{2.2}$$

2.4.2 Manutibilidade

A manutibilidade é igualmente um conceito importante para a manutenção de equipamentos. Define-se como sendo a *"Aptidão de um bem, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos"*[4] e pode ainda ser interpretado como a facilidade de manutenção de um determinado equipamento [8].

A manutibilidade de um equipamento pode ser analisada como um indicador, através do cálculo do MTTR (*Mean Time To Repair*) que indica o tempo médio de reparação do equipamento sendo calculado pela seguinte expressão:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo de Reparação}}{\text{N}^{\text{o}} \text{ de Avarias}} \tag{2.3}$$

2.4.3 Disponibilidade

O indicador de disponibilidade sugere o tempo durante o qual o equipamento está a funcionar. Este indicador determina a probabilidade de um equipamento estar operacional num momento aleatório e relaciona-se com a fiabilidade e manutibilidade da seguinte forma:

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \tag{2.4}$$

2.5 Gestão da Manutenção

O avanço na tecnologia, já referido anteriormente, não contribuiu apenas para o desenvolvimento de uma nova metodologia de manutenção, pois foi também responsável pelo aumento da complexidade dos equipamentos, acompanhado de um crescimento do número de requisitos da manutenção. Para encarar os novos problemas surge então a gestão de manutenção. Segundo [4] a gestão da manutenção são "*todas as actividades de gestão que determinam os objectivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspectos económicos*".

2.5.1 RCM – *Reliability Centered Maintenance*

Os objetivos principais do RCM são a redução dos custos de manutenção e o desenvolvimento de um programa de manutenção preventiva, programa esse que poderá já existir antes da aplicação do RCM.

Este modelo de gestão tem como função primordial a análise das tarefas de manutenção, podendo evitar ou eliminar aquelas que não forem cruciais para o funcionamento dos equipamentos [13].

Para a realização da análise segundo RCM, são efetuadas as seguintes questões:

- Quais as funções do equipamento e quais os seus indicadores de desempenho?
- Quais as falhas funcionais que podem ocorrer?
- Qual é a causa de cada falha?

- O que acontece quando ocorre cada falha?
- De que forma a falha é relevante?
- O que pode ser feito para prevenir a falha de ocorrer?
- O que fazer no caso de não existir uma medida adequada para prevenir a falha?

2.5.2 TPM – *Total Productive Maintenance*

O TPM é um modelo de gestão originalmente desenvolvido no Japão na década de 70. O principio base deste modelo passa por anular o tempo de paragem dos equipamentos, os defeitos nos produtos e ainda os acidentes. Estruturalmente, o modelo baseia-se nos 8 pilares apresentados na figura 2.2.

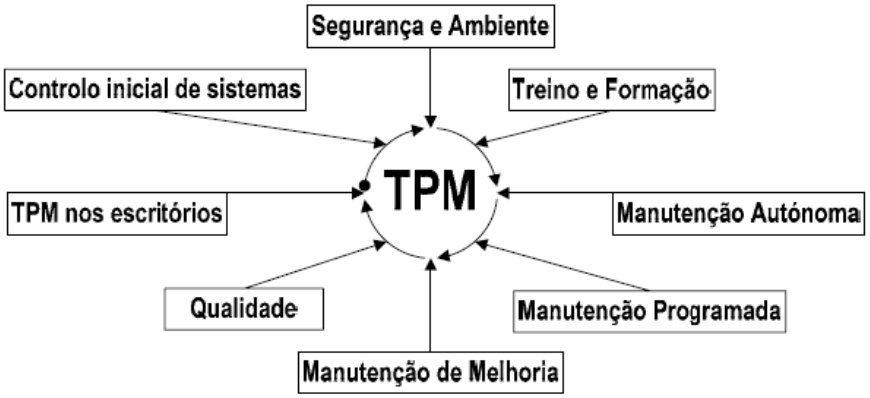


Figura 2.2: 8 pilares do TPM[12]

- Manutenção de Melhoria - Criar equipas pequenas de trabalhadores para encontrem problemas nos equipamentos e arranjarem as respetivas soluções
- Manutenção Programada - Planear as intervenções de manutenção com base nos dados dos equipamentos
- Manutenção Autónoma - Atribuir a responsabilidade das rotinas de manutenção aos funcionários
- Treino e formação - Certificar que os funcionários adquirem o conhecimento necessário para cumprir os objetivos do TPM
- Segurança e Ambiente - Garantir a segurança no local de trabalho
- Controlo Inicial de Sistemas - Aproveitar o conhecimento adquirido durante o TPM para o desenho de novos equipamentos

- TPM nos escritórios - Extender as ideias do TPM fora das zonas dos equipamentos
- Qualidade - Implementar métodos de verificação de qualidade nos equipamentos para diminuir defeitos [6]

Para a monitorizar o TPM é aplicado o OEE (*Overall Efficient Equipment*). O OEE serve como indicador do estado do TPM, quantificando as fontes de diminuição da eficiência de produção e dividindo-as por três categorias. Através destas medidas é possível perceber o estado da produção e qual o caminho a seguir para melhorá-la. As três categorias de perda de eficiência são: diminuição de disponibilidade, diminuição de performance e diminuição de qualidade [7].

$$OEE[1] = Disponibilidade * Performance * Qualidade \tag{2.5}$$

2.6 Software de Gestão de Manutenção

O software de gestão de manutenção é uma ferramenta que organiza a informação que permite controlar e programar as ações de manutenção. Tem como objetivo essencial o aumento da disponibilidade dos equipamentos através do incremento da eficiência das tarefas de manutenção [10]. A escolha de um software de gestão de manutenção deverá ser, segundo Cabral[9], baseada na organização e no âmbito técnico, o que acaba por vezes por não acontecer ao se recorrer a uma solução como um ERP (*Enterprise Resource Planning*) cujo foco será no custo da manutenção. Um software de gestão completo deverá contar com os seguintes requisitos:

- Possuir uma lista de equipamentos devidamente codificados e documentados
- Tornar possível o planeamento da manutenção
- Fazer a gestão de equipamentos igualmente codificados
- Possuir registos detalhados de todas as operações (data de inicio, data de conclusão, pessoal responsável, materiais aplicados, etc)
- Permitir uma análise da manutenção, seja na área económica ou na área da eficiência da mesma
- Possuir uma interface simples mas completa para que o utilizador não perca tempo com o software

A utilização de uma ferramenta informática só será justificada se existir um objetivo para o uso da tecnologia e se os utilizadores souberem fazer uso da ferramenta[11] . O objetivo só será claro se os requisitos estiverem bem definidos sendo por isso essencial uma escolha ciente e precisa dos requisitos a aplicar para que a implementação de um software de gestão, tenha sucesso. É necessário concluir também que a formação na utilização do software não poderá ser negligenciada para que a tecnologia seja utilizada no seu potencial máximo.

2.7 Bens sobresselentes

Um bem na área de manutenção é definido como sendo "*Qualquer elemento, componente, aparelho, subsistema, unidade funcional, equipamento ou sistema que pode ser considerado individualmente*"[4]. Isto significa que um equipamento complexo pode ser considerado um bem, contudo o mesmo pode também ser decomposto em equipamentos mais simples, dando origem ao aparecimento de vários bens. Um exemplo claro sobre este principio mencionado é o conjunto de uma máquina de lavar, a qual é considerada um bem, porém todas as partes que a constituem (como a porta ou a borracha colocada na porta), são também consideradas bens. Destes bens que compõem um bem mais complexo, são considerados bens sobresselentes, aqueles que servem para substituir o bem original no equipamento principal. Os bens sobresselentes coincidem com qualquer "*Bem destinado a substituir um bem correspondente, com vista a restabelecer a função requerida de origem*"[4].

2.8 Arquitetura MVC

A arquitetura MVC serve para estruturar uma aplicação, fazendo a divisao da mesma em três camadas:

- *Models*
- *Views*
- *Controllers*

A utilização de uma arquitetura MVC diminui a dependência entre as diversas áreas de código, facilitando a programação e os testes de uma aplicação. Uma arquitetura que não faça uma divisão estruturada do código está mais propensa ao aparecimento de erros, assim como a uma maior dificuldade em possíveis atualizações de software[2].

Os *Models* fazem a ligação entre a base de dados e a *View* que será apresentada ao utilizador. Os *Models* serão responsáveis pela leitura e escrita de dados e ainda notificar a *View*, em utilização, quando os dados forem alterados[3].

As *Views* têm a função de disponibilizar todos os elementos gráficos de uma página (como por exemplo as caixas de texto ou os botões), servindo para fazer a interação com o utilizador[3].

Os *Controllers* fazem a ligação entre os *Models* e as *Views*, sendo responsáveis por escolher quais os *Models* a usar ou qual a *View* a apresentar ao utilizador através do resultado da interação entre o utilizador e a interface[3].

Capítulo 3

Manutenção na ATEP

Neste capítulo é feita a apresentação ATEP e a discussão da situação atual na empresa no que toca à área de manutenção. É também introduzida a solução proposta para o projeto.

3.1 Apresentação da ATEP

A ATEP é uma filial da Amkor Technology focada nos processos de *packaging* e teste de semicondutores em formato *wafer*, com aplicação na área das comunicações e da indústria automóvel. Esta especialização coloca a empresa no centro do processo de fabrico de semicondutores tornando-se assim numa instituição prestadora de serviços cujos produtos são fornecidos pelo cliente que os adquire no final do processo. O processo de *packaging* serve para criar uma estrutura capaz de fazer a ligação elétrica entre um circuito integrado e o equipamento onde será inserido. Para além do processo de *packaging*, existe também um processo de testagem do produto para que a qualidade seja garantida, não havendo possibilidade de falhas que possam colocar em causa o funcionamento do produto final, nem a segurança do utilizador.

3.2 Processo Produtivo

Os avanços da tecnologia e do mercado dos semicondutores têm criado a necessidade de desenvolvimento de circuitos integrados com caraterísticas superiores às dos existentes existentes, a um preço mais baixo. Para responder a esta necessidade, surgiu a tecnologia de *packaging*, WLB (*Wafer Level Ball Grid Array*). WLB é uma tecnologia de *fan in*, ou seja, é uma tecnologia para fazer o *packaging* dos integrados quando os circuitos não necessitam de um elevado número de ligações.

Nos casos em que o produto final necessite de um elevado número de ligações ao circuito, para as quais as dimensões do produto *fan in* não são suficientes, aparece uma nova tecnologia de *packaging*, eWLB (*Embedded Wafer Level Ball Grid Array*), desenvolvida pela Infineon e que possibilita a criação de produtos *fan in*, como também de produtos *fan out*. O produto *fan out*

permite a resolução do problema em que o número de ligações ao circuito requisitado é demasiado elevado para o produto *fan in*.

Na ATEP são fabricados produtos de *fan in* e de *fan out*, através da tecnologia eWLB.

3.3 A situação atual

A gestão de manutenção da ATEP assenta no software de gestão empresarial SAP que permite não só, o registo de todos os eventos de manutenção realizados, como também o planeamento destes eventos.

O software de gestão de manutenção SAP começa por necessitar da criação de localizações, isto é, para que depois seja possível organizar os equipamentos, por localização, é essencial criar os locais para os quais se destinam os aparelhos visados (cada localização será identificada por um código/ID). Com a existência das localizações poderão então ser criadas as fichas de dados para cada equipamento, sendo que cada equipamento terá também um identificador único e irá estar associado a uma localização. A organização dos equipamentos por locais permite que a consulta dos dados de cada equipamento seja acessível e também facilita na atribuição de responsabilidades por zona. Na plataforma SAP, a manutenção pode ser dividida em dois módulos, o módulo da manutenção planeada e o módulo da manutenção não planeada.

No módulo da manutenção não planeada, é possível registar todos os eventos de falhas nos equipamentos. No caso de registo de uma falha será criada uma ordem de trabalho para a ação de reparação, e quando essa mesma ação acontecer o seu responsável irá preencher um formulário na plataforma para registar os procedimentos tomados na reparação assim como o material utilizado.

No módulo da manutenção planeada, a arquitetura SAP possibilita a criação de eventos de manutenção planeada para cada equipamento. Para cada equipamento pode ser definido um plano de manutenção, sendo que este plano irá ter uma estratégia definida. A estratégia é estabelecida quando o utilizador do *software* associa um conjunto de ações ao plano de manutenção do equipamento em questão. Para além das ações a realizar terá de ser também definida a periodicidade do plano e a tolerância dos alertas para cada ação. Cada ação terá igualmente associados valores de periodicidade e tolerância dos alertas, assim como um conjunto de procedimentos a executar. Após o equipamento ter o plano de manutenção definido, os técnicos de manutenção irão ser notificados da ação de manutenção a realizar, através de uma ordem de trabalho com os procedimentos a efetuar, criada em SAP. Após a realização dos procedimentos, a ordem é registada como completa e arquivada no sistema.

3.4 Solução Proposta

Apesar do SAP já oferecer uma solução bastante robusta na área de manutenção, esta mesma solução é generalizada para todas as empresas que utilizem SAP, o que faz com que exista por vezes excesso de informação, tornando a plataforma mais difícil de utilizar. Noutra perspetiva, o sistema SAP é uma solução com muitos anos de desenvolvimento e também com muita utilização

das mais variadas instituições, o que prova a sua qualidade. Com isto, a solução proposta para este projeto passa pelo desenvolvimento de uma aplicação onde os equipamentos alvo de manutenção sejam os componentes sobresselentes que integram os equipamentos mais complexos, com o objetivo de poder avaliar a vantagens e desvantagens de um sistema em que os equipamentos sejam decompostos em peças mais simples, podendo esta solução ser implementada posteriormente num software como SAP. Para testar esta solução foi desenvolvida uma aplicação que tenta criar um cenário semelhante ao do SAP onde seja possível fazer a gestão dos ciclos de vida de bens sobresselentes. O desenvolvimento da solução dividiu-se em duas fases. Na primeira fase foi realizado o desenho de uma base de dados capaz de decompor os equipamentos numa hierarquia de peças e onde é possível o registo dos eventos de manutenção, e numa segunda fase ocorreu o desenvolvimento de uma interface gráfica auxiliar à utilização da base de dados.

Capítulo 4

Desenvolvimento do Projeto

Neste capitulo será apresentada a metodologia usada na construção da aplicação para a gestão dos bens sobresselentes. O desenvolvimento dividiu-se em duas partes, com a primeira a consistir no desenho da base de dados que funciona por baixo da aplicação e a segunda a corresponder ao desenvolvimento da interface que serve de ligação entre o utilizador e a base de dados.

4.1 Modelação de Base de dados

Nesta secção são apresentadas as fases da modelação da base de dados desenvolvida no projeto.

4.1.1 Diagrama de Classes

O diagrama de classes desenvolvido serve para especificar os atributos de cada tabela, assim como as suas relações entre si. O diagrama completo desenvolvido encontra-se no anexo A.1. Na figura 4.1 é apresentado um diagrama de classes simplificado para demonstrar as tabelas existentes e as suas relações. Na tabela GeneralDurables, onde são guardados os dados relativos a um sobresselente, cada linha poderá ser interpretada como a ficha técnica de uma peça, sendo de que cada peça será identificada pelo campo InternalDurable. O objetivo desta aplicação é poder registar os eventos de manutenção das peças sobresselentes de um equipamento complexo com o maior detalhe possível. Para esse fim, é utilizada a tabela DurableActions onde são guardadas as informações genéricas de todas as ações. Como cada ação deverá ser detalhada, é utilizada a tabela DurableActionsDetailed que oferece a possibilidade de dividir uma ação em várias ações mais elementares. Se o tipo de ação a detalhar for mais especifico, como por exemplo uma ação de manutenção curativa, será necessária mais informação para caraterizar a ação e para isso são utilizadas mais três tabelas: DurablesMeasures, onde são guardados os detalhes de uma ação de inspeção, CurativeMaintenance, onde são guardados os detalhes de uma ação de manutenção curativa, e DurablePlannedActions, onde são guardadas as informações das ações de manutenção

planeadas. A tabela CurativeMantenanceInventory é utilizada como referência da lista de materiais que podem ser utilizados numa ação de manutenção curativa. Para finalizar, a tabela DurablesPlannedActionReference serve de referência para a tabela DurablePlannedActions, guardando os procedimentos a tomar em cada ação planeada para a peça em causa.

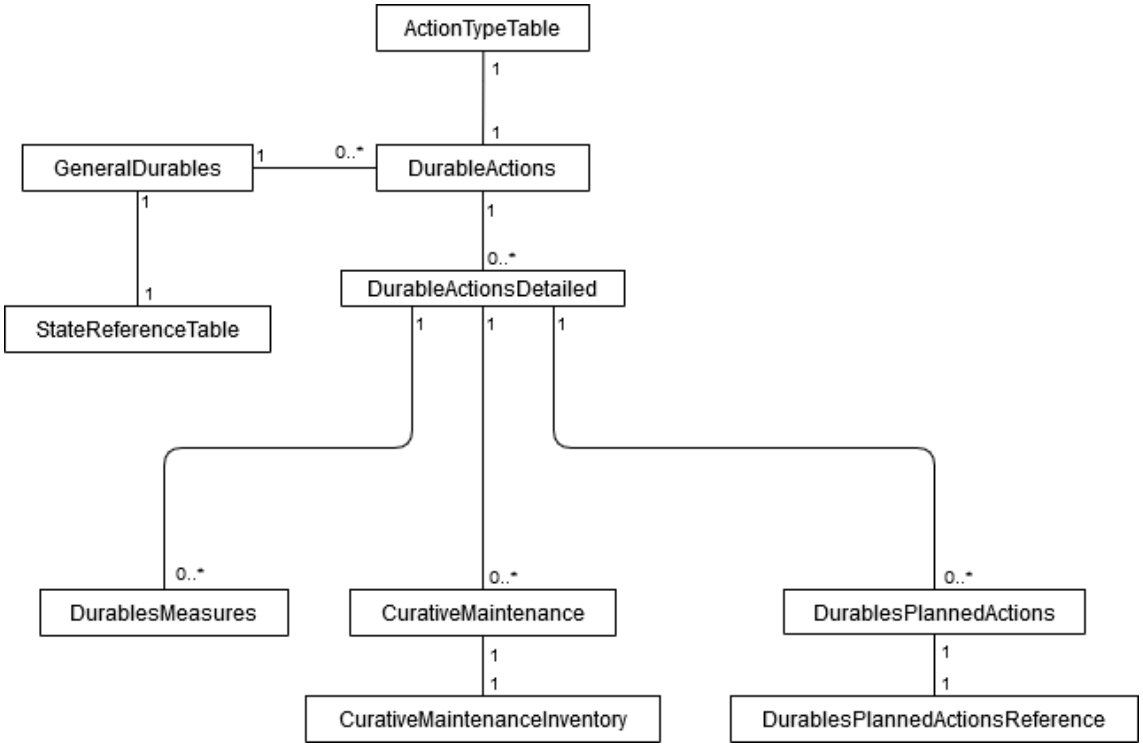


Figura 4.1: Diagrama de Classes Simplificado

4.1.2 Modelo Relacional

Para complementar o diagrama de classes foi preparado também um modelo relacional da base de dados que identifica as restrições presentes nas tabelas. O modelo relacional desenvolvido encontra-se no anexo A.2. Através deste modelo é possível identificar em cada tabela vários parâmetros, nomeadamente as chaves primárias, atributos sublinhados, as chaves estrangeiras, atributos que apresentam a seguinte forma *#Chave Estrangeira->Tabela Referência*, e os atributos que não podem ser nulos e que podem ser identificados com a seguinte notação *attribute [NN]*[15].

4.2 Aplicação Desenvolvida

A aplicação desenvolvida tem como objetivos a gestão dos ciclos de vida das peças sobresselentes através do registo de eventos de manutenção, calibração e inspeção fazendo uso da base de dados esquematizada.

4.2.1 Estrutura do código

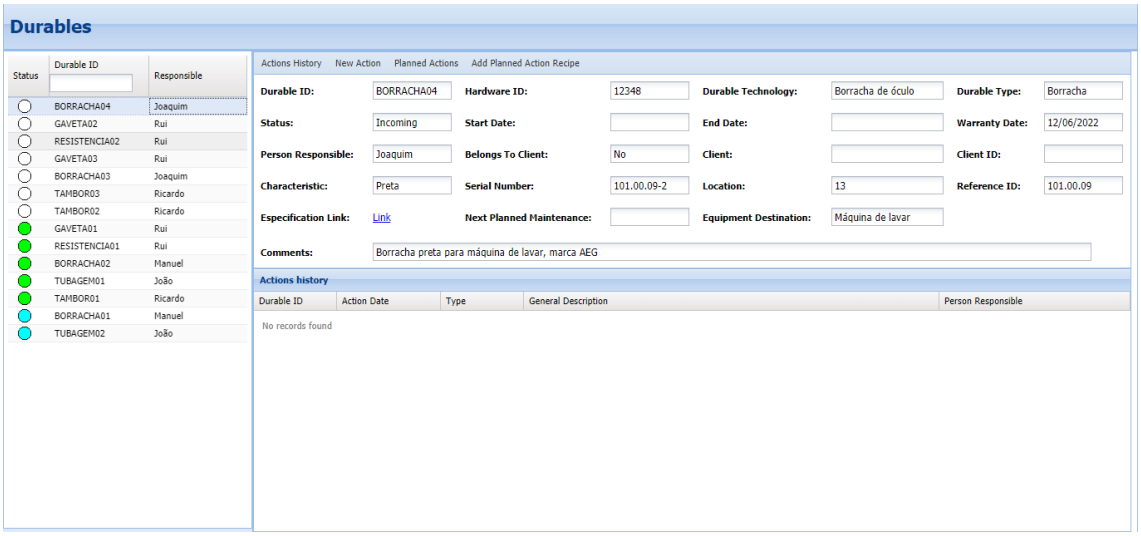


Figura 4.2: Ecrã da aplicação desenvolvida

A aplicação foi desenvolvida utilizando uma arquitetura MVC. Na figura 4.2 é apresentado o ecrã principal da aplicação. No que diz respeito à estrutura do código, o ecrã apresentado na figura 4.2 é dividido em duas *Views*, a primeira responsável pelo painel da esquerda, a tabela com a lista de peças em que é possível operar, e a segunda responsável pelo painel da direita do ecrã apresentado, contendo todas as informações referentes à peça que é selecionada, assim como todas as janelas para a realização de operações. Foi criado apenas um *Controller* que ficou responsável pelo controlo das duas *Views*. Em relação aos *Models* foram desenvolvidos os suficientes para existir resposta a todas as interações possíveis da parte do utilizador.

4.2.2 Ecrã Inicial

O ecrã inicial da aplicação apresenta uma tabela, semelhante à da figura 4.3, com a lista de sobresselentes onde é possível atuar. A tabela apresenta apenas a informação essencial de cada peça: o estado, o seu id e a pessoa responsável pela mesma. O estado de cada peça encontra-se representado por cores, sendo branco para *incoming*, azul para *stock*, verde para *productive* e vermelho para *retired*. Estes estados servem para armazenar a função que a peça está a desempenhar, sendo que, *incoming* demonstra que a peça ainda não está nas instalações da fábrica, *stock* indica que a peça está nas instalações e está pronta para poder ser utilizada quando for necessária, *productive* corresponde à peça estar a ser utilizada no equipamento destino, e *retired* indica que a peça já foi utilizada e que terminou o seu ciclo de vida, tendo sido descartada.

Os quatro estados possíveis de cada peça irão definir o ciclo de vida da mesma. O ciclo de vida de uma peça irá iniciar-se quando o estado da peça passar de *incoming* para *stock* e será terminado quando o estado for alterado de *productive* para *retired*.

Ao selecionar uma linha da tabela é apresentado, à direita da mesma, um novo ecrã com dois painéis como na figura 4.4.

Status	Durable ID	Responsible
	RESISTENCIA02	Rui
	BORRACHA03	Joaquim
	GAVETA03	Rui
	BORRACHA04	Joaquim
	GAVETA02	Rui
	RESISTENCIA01	Rui
	GAVETA01	Rui
	BORRACHA02	Manuel
	TUBAGEM01	João
	BORRACHA01	Manuel
	TUBAGEM02	João

Figura 4.3: Tabela com lista de peças

Actions History | New Action | Planned Actions | Add Planned Action Recipe

Durable ID:	RESISTENCIA01	**Hardware ID:**	00001	**Durable Technology:**	Resistência	**Durable Type:**	Resistência
Status:	Productive	**Start Date:**	15/06/2020	**End Date:**		**Warranty Date:**	12/06/2023
Person Responsible:	Rui	**Belongs To Client:**	No	**Client:**		**Client ID:**	
Characteristic:	950W	**Serial Number:**	163.00.00-1	**Location:**	13	**Reference ID:**	163.00.00
Especification Link:	Link	**Next Planned Maintenance:**		**Equipment Destination:**	Máquina de lavar		
Comments:	Resistência AEG 950 W						

Actions history

Durable ID	Action Date	Type	General Description	Person Responsible
RESISTENCIA01	15/06/2020 14:15:00	Stock Exit	Colocar em produção	Ricardo
RESISTENCIA01	15/06/2020 09:15:00	Stock Exit Prepa...	Preparar saida de stock	Ricardo
RESISTENCIA01	15/06/2020 09:00:00	Reception	Receção de resistência	Maria
RESISTENCIA01	15/06/2020 09:00:00	Stock Entrance	Entrada em stock	Maria

Figura 4.4: Painéis à direita da tabela de peças

No painel superior são exibidos os restantes dados relativos à peça selecionada. No painel inferior poderá ser apresentado tanto o histórico de ações na peça selecionada como também o registo das ações planeadas da peça selecionada. Na barra superior deste ecrã existem quatro botões que disponibilizam as opções de navegação ao utilizador. O botão *Action History*, presente

na barra de navegação é ativado automaticamente quando a peça é selecionada , ou seja, o histórico de ações é o conteúdo inicial do painel inferior quando o ecrã é aberto.

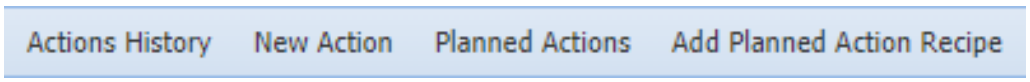


Figura 4.5: Barra para navegação na aplicação

4.2.3 Histórico de ações

Ao acionar o botão *Actions History* presente na barra de navegação da figura 4.5, será apresentado o histórico de ações da peça selecionada no painel de baixo como mostra a figura 4.4. Apesar deste botão ser ativado automaticamente quando é selecionada uma peça, o painel com o histórico de ações poderá ser substituído com o painel pelo calendário das ações planeadas, sendo que este botão, *Actions History*, é necessário para recuperar o painel com o histórico de ações. A tabela com o histórico de ações da figura 4.4 contém apenas a informação essencial de cada ação. Como cada ação poderá ser mais detalhada, é possível aceder a individualmente a esses mesmos detalhes de cada ação, ao fazer duplo clique numa das ações da tabela, resultando no aparecimento de uma janela como a que está demonstrada na figura 4.6.

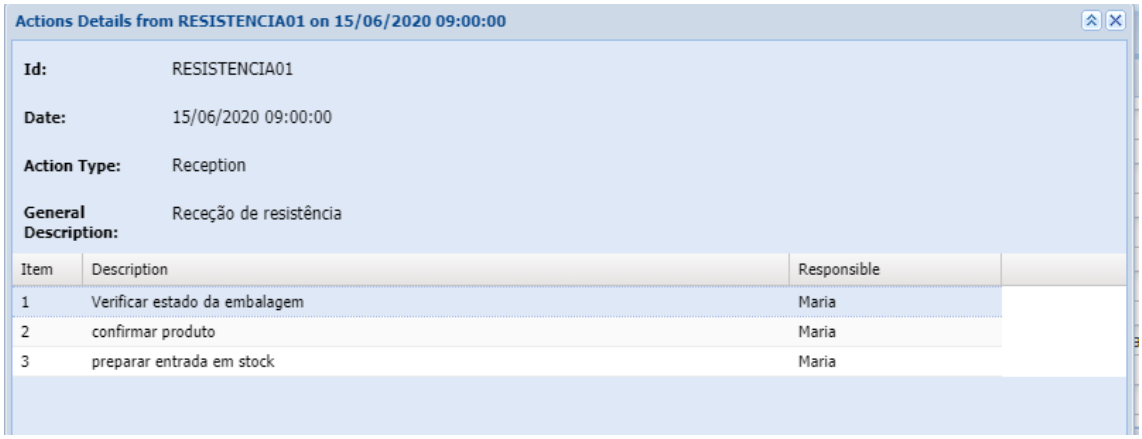


Figura 4.6: Janela com detalhes de ação

Poderá haver ações com mais detalhe, como as ações de manutenção curativa. De forma análoga, para aceder aos novos detalhes, bastará fazer de novo um duplo clique numa linha da tabela presente numa janela como a da figura 4.6, para abrir uma nova janela com os restantes detalhes.

4.2.4 Registo e planeamento de ações de manutenção

Através do botão *New Action*, presente na barra de navegação da figura 4.5, é possível abrir o formulário onde é realizado o planeamento/registo das ações de um bem sobresselente. Um

exemplo deste formulário é apresentado na figura 4.7. Nesta figura, o campo 1 (dentro da caixa com o contorno a vermelho) indica o id da peça em que será realizado o evento a criar, o campo 2 e 3 servem para indicar a data e a hora do evento realizado ou a realizar, o campo 4 é onde é feita a escolha do tipo de ação (é neste campo que também é definido se o evento é um planeamento ou um registo de uma ação), no campo 5 é pedida uma descrição do evento e, por fim, no campo 6 é apresentado o nome da pessoa responsável pela realização do evento (este campo é preenchido automaticamente recolhendo o nome do utilizador com sessão iniciada no sistema).

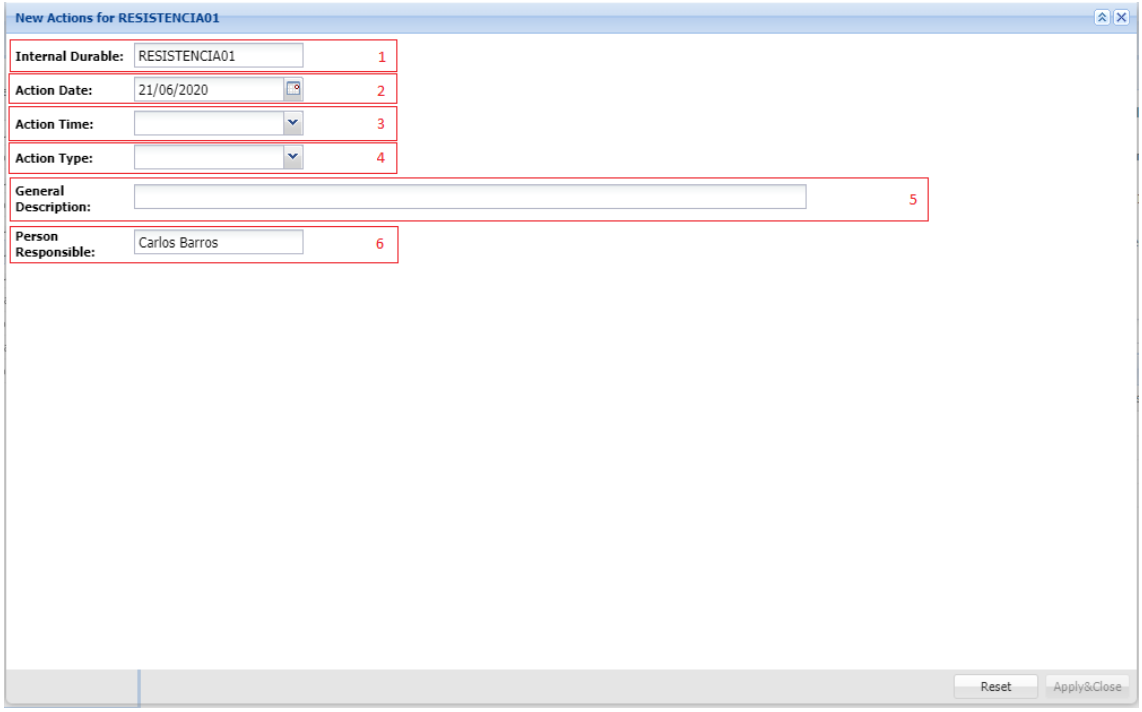


Figura 4.7: Formulário para registo ou planeamento de ações

No campo 4 do formulário da figura 4.7, é possível selecionar os seguintes tipos de ação:

- Receção
- Entrada em Stock
- Preparação para saída de Stock
- Saída de Stock
- Limpeza
- Manutenção Preventiva
- Calibração
- Manutenção Curativa

- Inspeção

As ações do tipo Receção e Entrada em Stock só podem ser realizadas quando o estado da peça é Incoming e uma ação do tipo Receção acontece sempre antes de uma entrada em stock, sendo que por isso mesmo, só é possível criar um evento de Entrada em Stock a seguir à realização de um evento de Receção. Após uma ação de Entrada em Stock, o estado da peça passa de Incoming para Stock. As ações do tipo Preparação para saída de Stock e Saída de Stock só podem ser realizadas quando o estado da peça é Stock e, tal como nas ações anteriores, as duas opções nunca irão aparecer em simultâneo. Uma ação do tipo Preparação para saída de Stock acontece sempre antes de uma Saída de stock e por isso, só é possível criar um evento de Saída em Stock, após ter sido realizado um evento de Preparação para saída de Stock. Depois de uma ação de Saída de Stock, o estado da peça passa de Stock para Productive. As restantes ações só serão opção quando o estado da peça for Productive, sendo que qualquer um destes tipos de ação pode ser realizado ou planeado a qualquer momento, isto é, não é necessário ter existido um evento de Manutenção Curativa antes de um evento de Calibração ou vice versa.

Após a escolha do tipo de ação, o formulário pode comportar-se de três formas diferentes.

Do ponto de vista do utilizador, o caso mais simples acontece quando o tipo de ação selecionada estiver no grupo de ações planeadas. Este grupo de ações planeadas é composto pelos seguintes tipos de ação: Limpeza, Manutenção Preventiva e Calibração. Quando o utilizador seleciona o tipo de ação será apresentada uma tabela com os procedimentos a planear, um exemplo disto pode ser visualizado na figura 4.8.

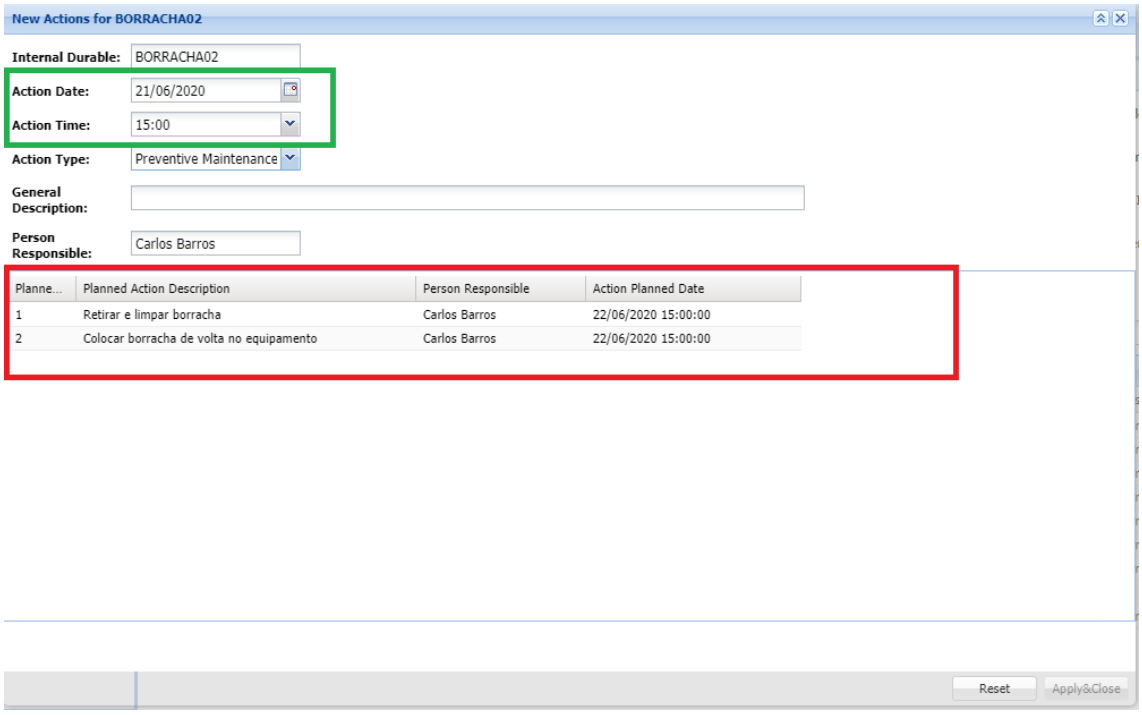


Figura 4.8: Formulário após ser selecionado um tipo de ação planeada

No caso de ser selecionado um tipo de ação planeada, o formulário irá servir para fazer o planeamento de um evento, o que quer dizer que a data e a hora de ação indicam a data e a hora em que o utilizador deseja planear o evento. A tabela com os procedimentos a planear, assinalada na caixa vermelha presente na figura 4.8, irá também conter as datas para cada procedimento que são calculadas de forma automática a partir da data introduzida pelo utilizador nos campos que estão sinalizados (caixa verde) na figura 4.8.

Após os campos e a tabela estarem preenchidos, ao ser premido o botão *Apply&Close*, o evento fica planeado, garantindo que o formulário seja submetido. É de salientar ainda a possibilidade de não existirem procedimentos armazenados na tabela de referência de ações planeadas para o sobresselente selecionado e que, para que a ação seja efetivamente planeada, é necessário que a tabela seja preenchida. Caso esta última condição não se verifique, o utilizador não poderá submeter o formulário e planear a ação.

O segundo caso possível de comportamento do formulário acontece quando é selecionado como tipo de ação uma das seguintes: Receção, Entrada em Stock, Preparação para saída de Stock ou Saída de Stock. Quando escolhida uma destas opções, aparece, por baixo dos campos iniciais do formulário, uma tabela vazia como na figura 4.9.

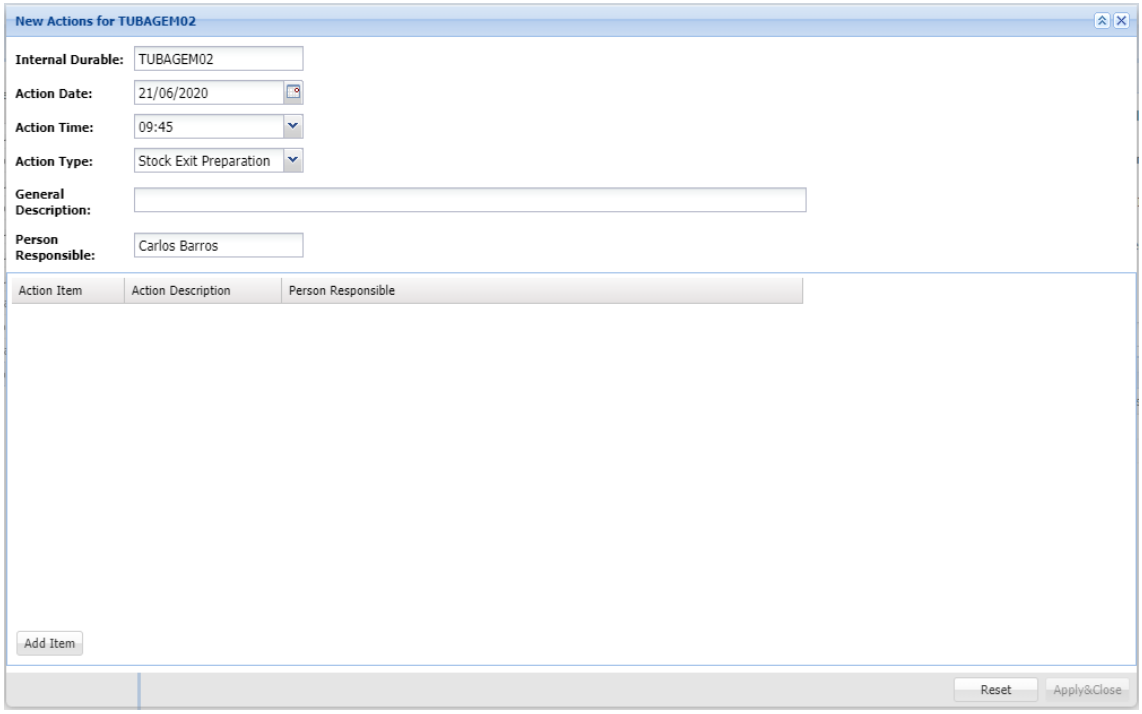


Figura 4.9: Formulário após ser selecionado um tipo de ação Preparação para saída de Stock

Para o utilizador conseguir submeter o formulário, a tabela tem que ser preenchida com os procedimentos adotados. Para preencher a tabela, o utilizador tem de pressionar o botão *Add Item* que abre um novo formulário como o da figura 4.10. Neste formulário, o utilizador só tem que fornecer uma descrição para cada procedimento, pois o preenchimento do nome do responsável,

assim como a numeração dos procedimentos são feitos de forma automática. Após submeter este formulário, intermédio é possível registar a ação submetendo o formulário inicial.

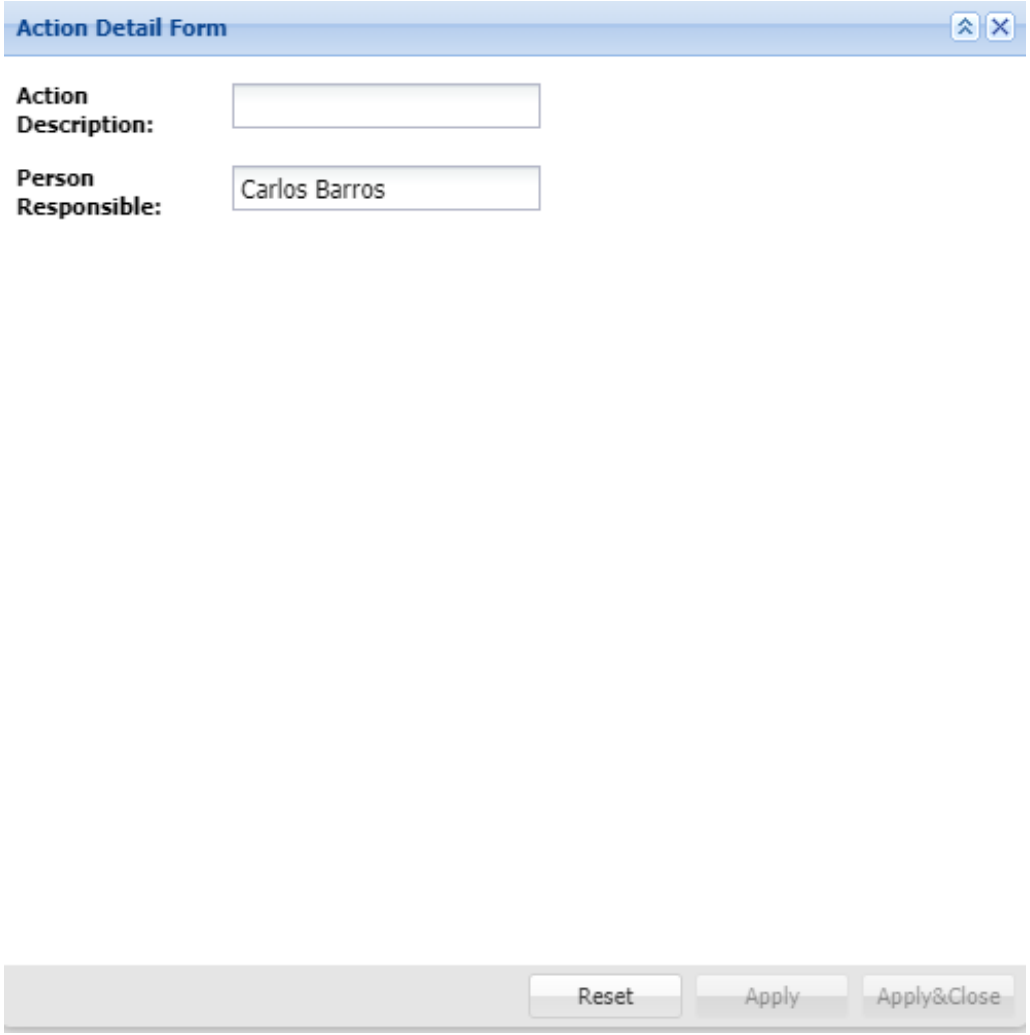


Figura 4.10: Formulário para preencher a tabela da fig 4.9

Por fim, o último caso de comportamento, acontece quando o tipo de ação selecionada é inspeção ou manutenção curativa. Apesar de serem diferentes, o comportamento do formulário é igual. Inicialmente, após ter sido escolhido o tipo de ação, o comportamento é igual ao do segundo caso, aparece uma tabela para ser preenchida, sendo, a tabela, preenchida como no caso anterior. Porém, este tipo de ações, de inspeção ou de manutenção curativa, poderão necessitar de mais detalhe na descrição dos procedimentos e para isso, após o preenchimento da tabela, existe a opção de expansão de uma linha com a tabela preenchida a ficar no formato da figura 4.11. Cada linha da tabela pode conter uma nova tabela onde são guardados os detalhes de cada procedimento. Para adicionar esses mesmos detalhes, o utilizador terá de selecionar o botão *Add Measured Item*, no caso de inspeção, ou o botão *Add Curative Action*, no caso de manutenção curativa, abrindo um novo formulário para a introdução dos novos dados. Os tipos de formulário são apresentados na

figura 4.12. Por fim, quando todos os detalhes tiverem sido preenchidos, é possível submeter o formulário inicial registando a ação realizada.

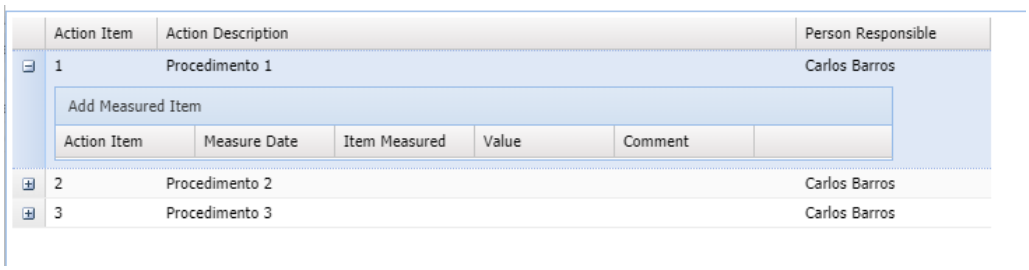


Figura 4.11: Tabela com procedimentos no caso do tipo de ação Inspeção

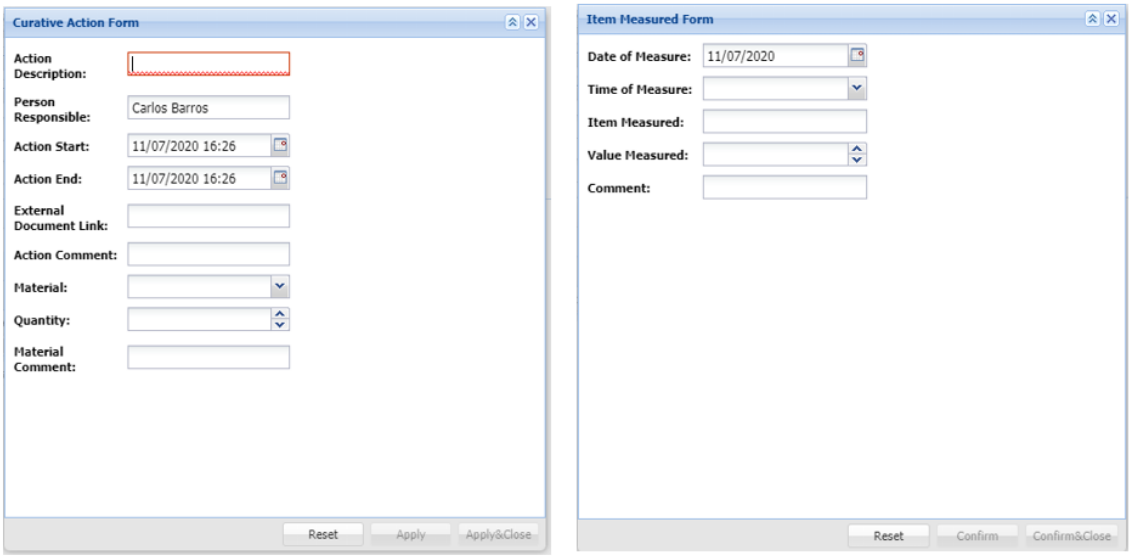


Figura 4.12: Formulários para adicionar detalhes de procedimento de uma manutenção curativa(imagem à esquerda) ou de uma inspeção (imagem à direita)

4.2.5 Calendário de ações planeadas

O botão *Planned Actions*, quando ativado, preenche o painel inferior com as ações planeadas que ainda estão por realizar assim como com as que já foram realizadas. Na tabela visualizada na figura 4.13, observa-se que as ações que já foram completadas tem as linhas preenchidas a verde quando foram completadas antes da data planeada e a amarelo quando a data de conclusão da ação é posterior à data planeada. A checkbox presente na última coluna serve para marcar a execução da ação planeada, aparecendo a mensagem de confirmação. Quando a execução é confirmada, a tabela é atualizada com a data em que a ação foi concluída e com o responsável pela execução da ação, que será a pessoa que tiver a sessão iniciada no sistema.

Planned Actions

Action Type	Action Description	Item	Planned Respon...	Planned Date	Completion Date	Complete
Preventive Maintenance	Colocar borracha de volta no equipamento	2	Carlos Barros	17/06/2020 02:45:00		☐
Preventive Maintenance	Retirar e limpar borracha	1	Carlos Barros	17/06/2020 02:45:00		☐
Preventive Maintenance	kkmk	1	Carlos Barros	17/06/2020 11:30:00		☐
Preventive Maintenance	dsds	2	Carlos Barros	17/06/2020 11:30:00		☐
Preventive Maintenance	Recolocar borracha no equipamento	2	Carlos Barros	13/06/2020 01:30:00	15/06/2020 14:18:14	☑
Preventive Maintenance	retirar borracha e limpá-la	1	Carlos Barros	13/06/2020 01:30:00	12/06/2020 15:16:43	☑
Preventive Maintenance	Retirar e limpar borracha	1	Ricardo	17/06/2020 10:30:00	16/06/2020 14:48:10	☑
Preventive Maintenance	Colocar borracha de volta no equipamento	2	Ricardo	17/06/2020 10:30:00	16/06/2020 14:48:22	☑

Figura 4.13: Painel com ações planeadas

4.2.6 Criação de procedimentos para ações planeadas

Por fim o último botão da barra de navegação da figura 4.5, Add Planned Action Recipe, abre o formulário para a criação da referência para os procedimentos a tomar nos vários tipos de ações planeadas do bem sobresselente selecionado. Um exemplo deste formulário pode ser visualizado na figura 4.14, cuja tabela já se encontra preenchida.

New Actions for BORRACHA02

Id: BORRACHA02

Action Type: Cleaning

Add Item

Planned Item	Action Description	Person Responsible	Day Offset
1	Procedimento 1	Carlos Barros	2
2	Procedimento 2	Carlos Barros	4

Confirm

Figura 4.14: Formulário para criação de procedimentos referência

Contudo, numa fase inicial, a tabela encontra-se vazia e para poder ser preenchida, o utilizador tem que escolher primeiro o tipo de ação. Após a escolha do tipo de ação, a informação é introduzida na tabela através do preenchimento do formulário da figura 4.15, no qual o utilizador tem de que indicar a descrição do procedimento, alterar, se for caso disso, o responsável pela ação, e

indicar o número de dias a adicionar à data indicada pelo utilizador ao planear a ação para calcular a data em que o evento é planeado. Após o preenchimento da tabela, o utilizador pode submeter o formulário criando assim o conjunto de procedimentos a tomar para a ação planeada escolhida na peça em questão.

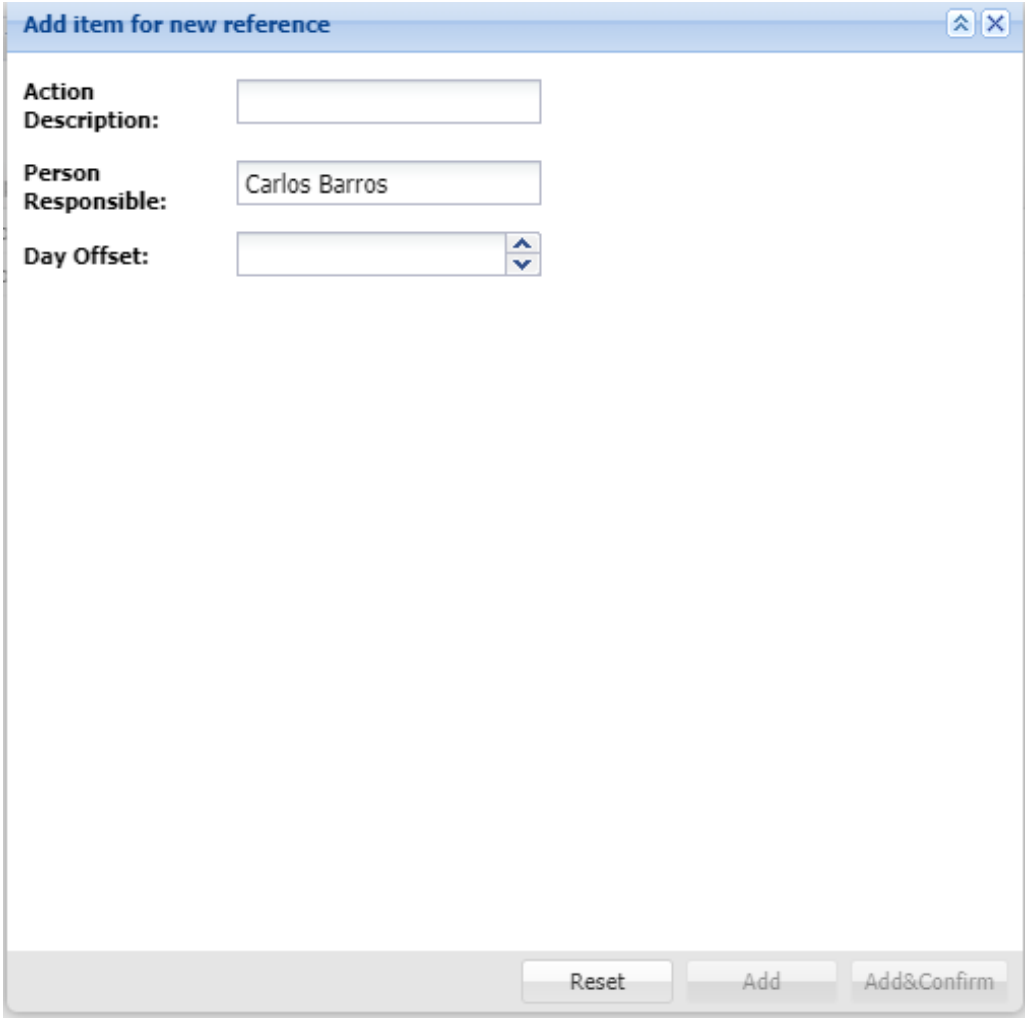


Figura 4.15: Formulário para adição de procedimento à tabela

4.3 Utilização da Aplicação

Para uma melhor compreensão do funcionamento da aplicação, foi desenvolvido o diagrama de casos de uso presente no anexo B.1. Este diagrama de casos de uso serve para demonstrar a interação entre o utilizador e a interface da aplicação. Quando o utilizador seleciona um bem sobresselente da lista disponibilizada, terá as opções demonstradas no diagrama (*Action History, New Action, Planned Actions, Add Planned Action Recipe*). Após a primeira escolha são representadas as possibilidades de comportamento da interface.

Capítulo 5

Caso de teste

Para testar a aplicação desenvolvida num cenário aproximado à realidade, e devido à impossibilidade de realizar a fase de testes com os equipamentos para os quais a aplicação se destina, foi definido como cenário de teste os componentes sobresselentes integrantes de um eletrodoméstico, como uma máquina de lavar a roupa.

5.1 Gestão do ciclo de vida de um sobresselente

Para exemplificar a gestão do ciclo de vida é seguido o trajeto do componente TAMBOR01 que aparece na lista de peças da figura 5.1. Para selecionar o TAMBOR01 é, feito clique sobre a respetiva linha, permitindo a abertura do ecrã, posicionado à direita da lista de sobresselentes, com os dados do TAMBOR01 como demonstra a figura 5.2.

Status	Durable ID	Responsible
	TAMBOR01	Ricardo
	TAMBOR02	Ricardo
	TAMBOR03	Ricardo
	BORRACHA04	Joaquim
	GAVETA02	Rui
	RESISTENCIA02	Rui
	GAVETA03	Rui
	BORRACHA03	Joaquim
	TUBAGEM01	João
	GAVETA01	Rui
	RESISTENCIA01	Rui
	BORRACHA02	Manuel
	TUBAGEM02	João
	BORRACHA01	Manuel

Figura 5.1: Lista com componente a selecionar

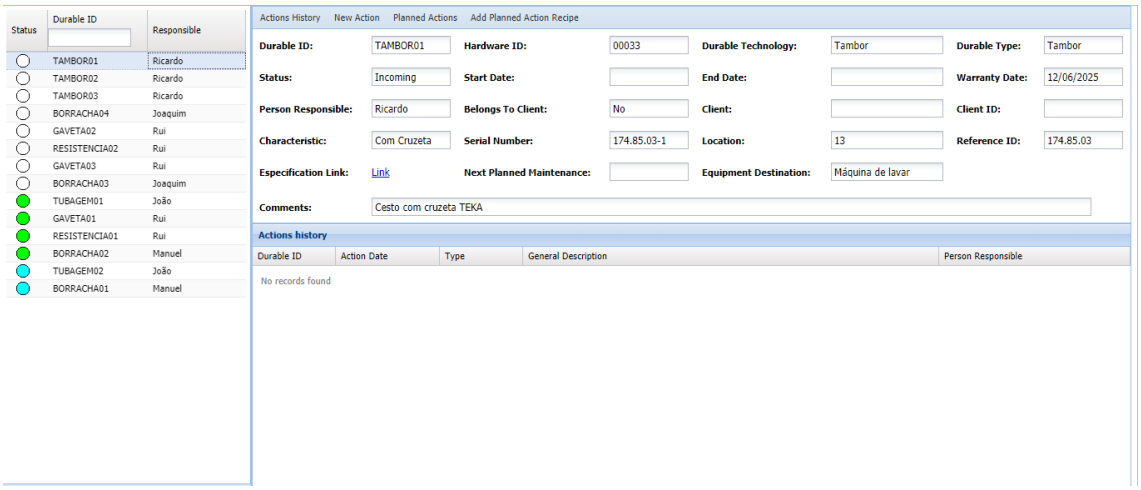


Figura 5.2: Ecrã após seleção de componente

Como se pode verificar pela figura 5.2, a data de entrada do sobresselente ainda não existe. Isto acontece porque o estado do componente é *Incoming*, o que quer dizer que a peça ainda não chegou às instalações. Considera-se que o inicio do ciclo de vida corresponde ao momento em que o componente entra em stock. Para confirmar que a peça chegou às instalações tem que haver um utilizador no sistema a fazer o registo de receção do componente. A simulação deste cenário é obtida através da criação de uma ação de receção e de uma ação de entrada em stock, para iniciar o ciclo de vida do TAMBOR01. Após a criação destes dois eventos, a tabela com o histórico de ações, anteriormente vazia, apresenta agora duas linhas com os eventos correspondentes. O resultado da tabela com o histórico de ações pode ser visualizado na figura 5.3.

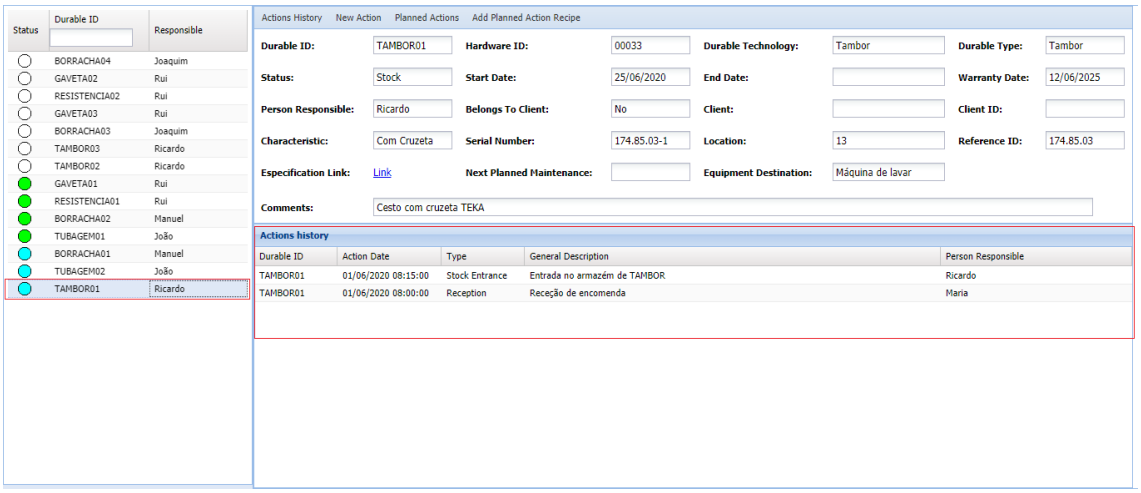


Figura 5.3: Ecrãs após registo de evento de receção e entrada em stock

Na figura 5.3 dá para verificar a alteração do estado para stock (circulo azul), agora com os dois eventos registados apresentados na tabela do histórico de ações.

Para que o componente passe para o estado de produção, têm que ser registados mais dois eventos: Preparação de saída de stock e saída de stock. Após a criação destes 2 eventos, os ecrãs ficam como na figura 5.4.

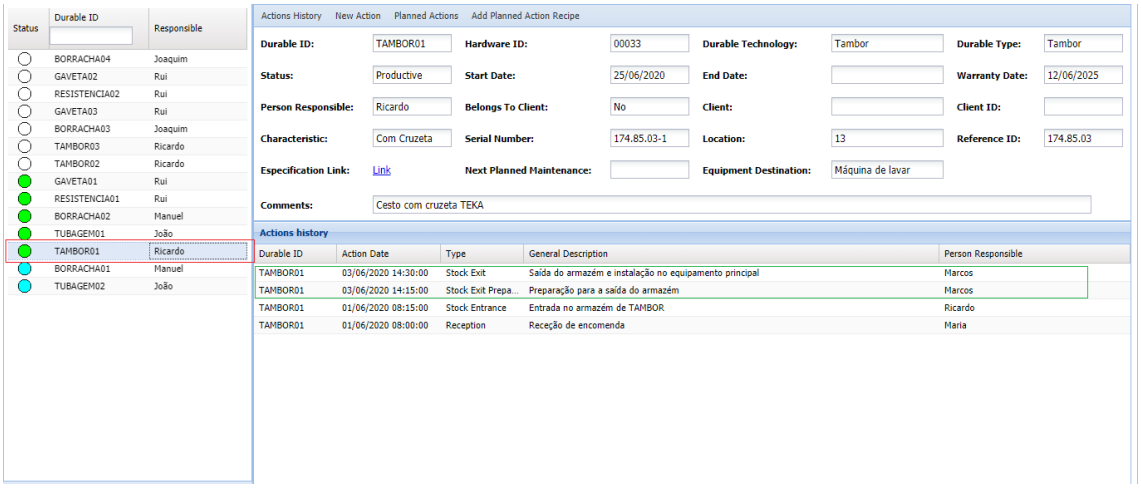


Figura 5.4: Ecrãs após registo de evento de saída em stock

Com a nova alteração do estado na tabela da esquerda, o circulo que indica o estado, passou de azul para verde e existem mais duas linhas no histórico de ações. A partir deste momento, em que o estado do componente é *Productive*, é possível criar ações de qualquer tipo.

Para exemplificar o funcionamento da gestão do ciclo de vida do TAMBOR01, foram adicionados alguns eventos de ações planeadas.

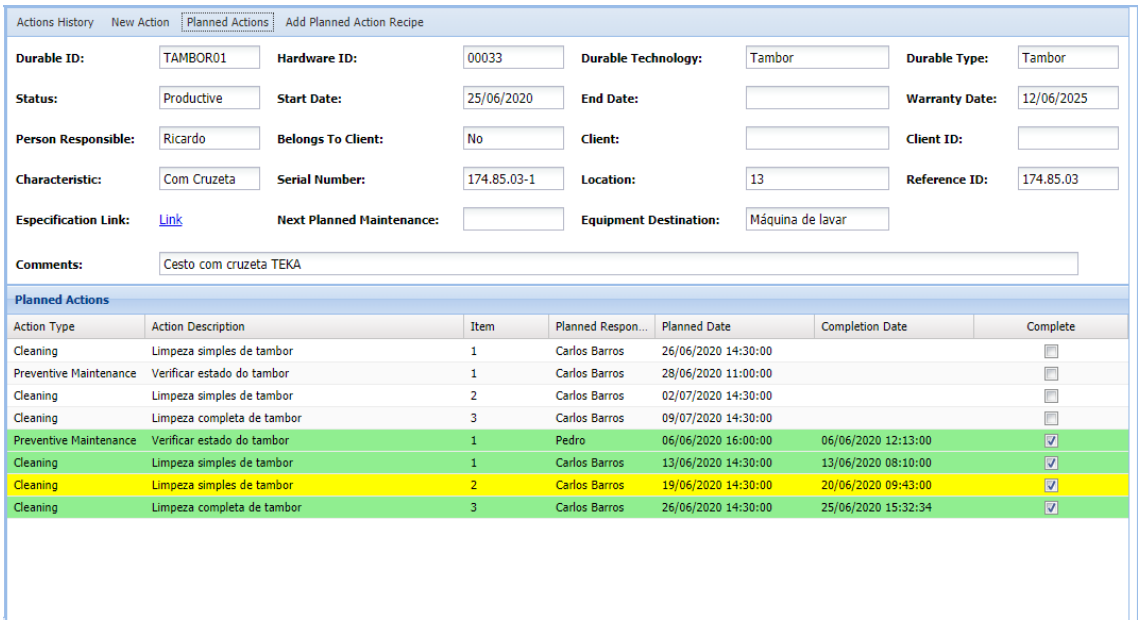


Figura 5.5: Ações Planeadas para TAMBOR01

Na figura 5.5 é possível ver a tabela com as ações planeadas, sendo que as que têm a checkbox marcada, são as ações que foram completadas, ficando com a linha colorida (verde para ações realizadas antes da data planeada e amarelo para ações completadas após a data planeada) e as que não têm a checkbox preenchida são as ações que ainda não foram concluídas. Como exemplo de funcionamento, será ativada a checkbox da primeira ação da tabela. Quando a checkbox é ativada, aparece a mensagem de confirmação da figura 5.6, e posteriormente à confirmação da mensagem, a tabela é atualizada com a ação dada como completa e a linha preenchida com a cor correspondente (neste caso a verde por ser antes da data planeada). O resultado é apresentado na figura 5.7.

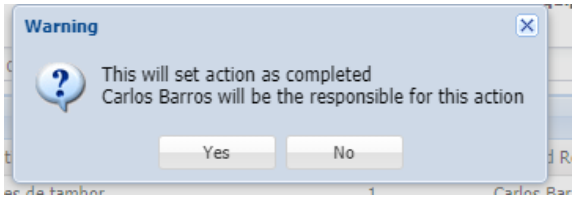
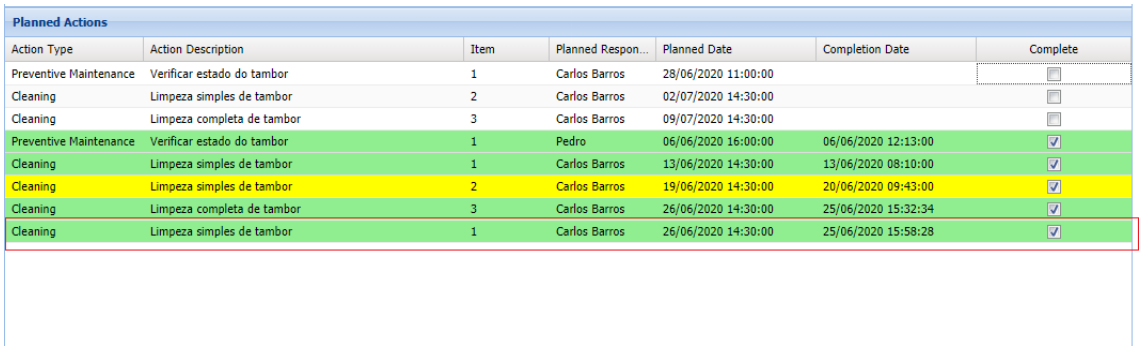


Figura 5.6: Mensagem para confirmar conclusão da ação



Planned Actions

Action Type	Action Description	Item	Planned Respon...	Planned Date	Completion Date	Complete
Preventive Maintenance	Verificar estado do tambor	1	Carlos Barros	28/06/2020 11:00:00		☐
Cleaning	Limpeza simples de tambor	2	Carlos Barros	02/07/2020 14:30:00		☐
Cleaning	Limpeza completa de tambor	3	Carlos Barros	09/07/2020 14:30:00		☐
Preventive Maintenance	Verificar estado do tambor	1	Pedro	06/06/2020 16:00:00	06/06/2020 12:13:00	☑
Cleaning	Limpeza simples de tambor	1	Carlos Barros	13/06/2020 14:30:00	13/06/2020 08:10:00	☑
Cleaning	Limpeza simples de tambor	2	Carlos Barros	19/06/2020 14:30:00	20/06/2020 09:43:00	☑
Cleaning	Limpeza completa de tambor	3	Carlos Barros	26/06/2020 14:30:00	25/06/2020 15:32:34	☑
Cleaning	Limpeza simples de tambor	1	Carlos Barros	26/06/2020 14:30:00	25/06/2020 15:58:28	☑

Figura 5.7: Tabela atualizada com ação completa

Após o planeamento de ações e a respetiva conclusão das mesmas, é possível também observá-las na tabela de histórico de ações como mostra a figura 5.8. Para verificar o detalhe da ação, é preciso fazer duplo clique na linha da ação desejada e como resultado irá aparecer uma nova janela como a da figura 5.9.

Actions history

Durable ID	Action Date	Type	General Description	Person Responsible
TAMBOR01	25/06/2020 14:30:00	Cleaning	Plano de Limpeza do tambor	Carlos Barros
TAMBOR01	12/06/2020 14:30:00	Cleaning	Plano de limpeza do tambor	Carlos Barros
TAMBOR01	12/06/2020 14:30:00	Cleaning	Plano de limpeza do tambor	Carlos Barros
TAMBOR01	12/06/2020 14:30:00	Cleaning	Plano de limpeza do tambor	Carlos Barros
TAMBOR01	03/06/2020 16:00:00	Preventive Main...	Manutenção preventiva do tambor	Carlos Barros
TAMBOR01	03/06/2020 14:30:00	Stock Exit	Saída do armazém e instalação no equipamento principal	Marcos
TAMBOR01	03/06/2020 14:15:00	Stock Exit Prepa...	Preparação para a saída do armazém	Marcos
TAMBOR01	01/06/2020 08:15:00	Stock Entrance	Entrada no armazém de TAMBOR	Ricardo
TAMBOR01	01/06/2020 08:00:00	Reception	Receção de encomenda	Maria

Figura 5.8: Histórico de ações atualizado

PLanned Actions Details from TAMBOR01 on 25/06/2020 14:30:00

Id: TAMBOR01

Date: 25/06/2020 14:30:00

Action Type: Cleaning

General Description: Plano de Limpeza do tambor

Item: 1 **Action Detail Descrition:** Planned Action Type: Cleaning

Action Responsible: Carlos Barros

Item	Description	Responsible	Planned Date	Completion Date
1	Limpeza simples de tambor	Carlos Barros	26/06/2020...	25/06/2020 15:58:28

Figura 5.9: Detalhe da ação completada

Capítulo 6

Conclusões

Nesta dissertação, propunha-se o desenvolvimento de uma base de dados, assim como a elaboração de uma interface sobre a mesma, onde fosse possível fazer a gestão do ciclo de vida dos componentes sobresselentes.

Com o desenvolvimento da aplicação pretendia-se perceber as vantagens e desvantagens de uma arquitetura em que os equipamentos tratados são os componentes de equipamentos mais complexos. Infelizmente, devido à situação de pandemia que está a ser vivida este ano, que acabou por não só atrasar o desenvolvimento do projeto mas que também obrigou à sua realização remotamente, acabou por não ser possível a utilização da aplicação desenvolvida numa situação real.

Em termos de desenvolvimento da aplicação os objetivos foram cumpridos, isto é, a base de dados inicialmente prevista foi desenhada e criada, assim como interface gráfica que funciona sob a base de dados. Para testar a aplicação foi criado um cenário que pudesse simular a utilização do *software* com componentes mais próximos da realidade, ainda assim os testes realizados foram limitados não correspondendo à dimensão da solução em uso na empresa. Os testes, para além de terem sido efetuados com componentes fictícios, foram realizados individualmente, ou seja, a aplicação foi utilizada num único computador com um único utilizador de cada vez. Esta situação não espelha uma realidade industrial onde existe um número muito maior de equipamentos em utilização e consequente utilização simultânea por parte de vários utilizadores. Apesar de tudo, considerando os testes realizados, nada impede que no futuro a aplicação não possa vir a ser devidamente testada.

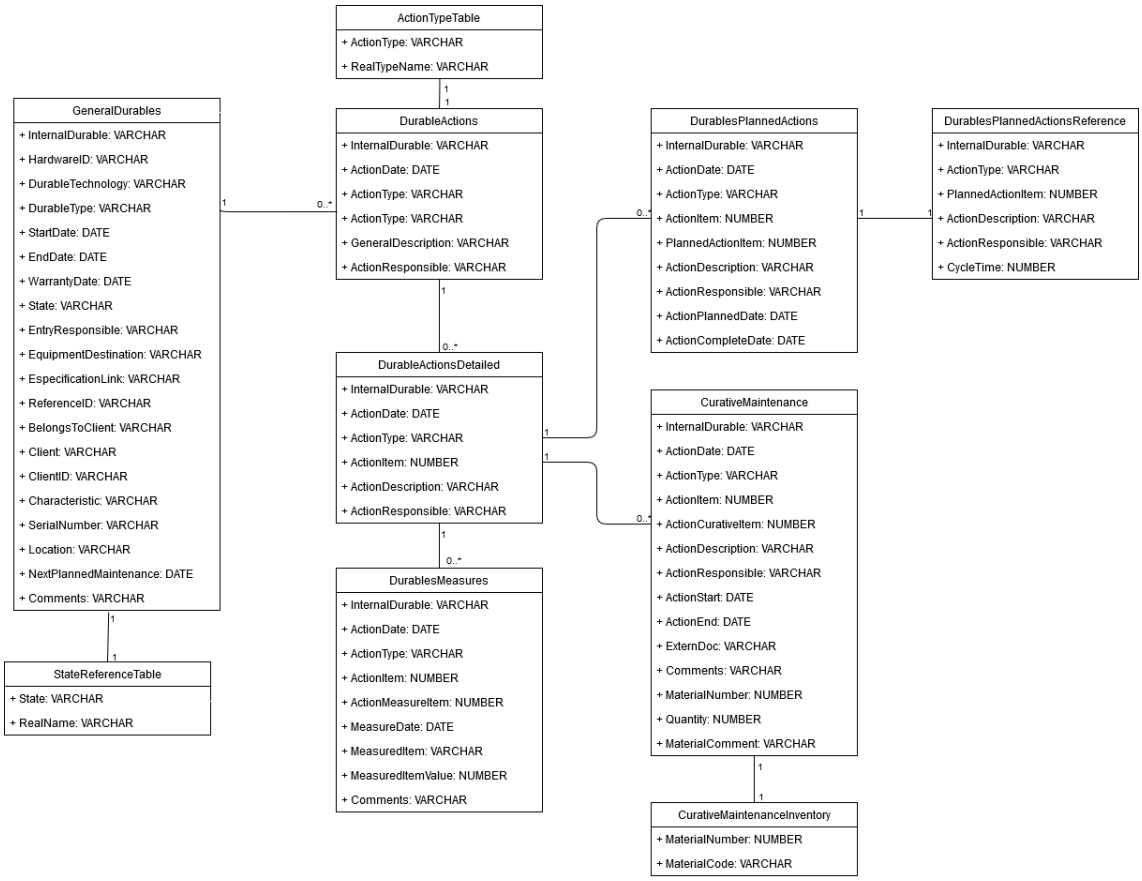
Para trabalho futuro é preciso dizer que, apesar de que neste momento a aplicação está preparada para o que era inicialmente pretendido, um *software* de gestão da manutenção terá de ser mais completo, neste momento a aplicação desenvolvida tem como funcionalidade o controlo das ações de manutenção mas no futuro poderão ser integradas mais funcionalidades como por exemplo o cálculo de indicadores de desempenho. A metodologia adotada no desenvolvimento do projeto, na parte que toca à programação, permite a integração de novos módulos com facilidade. A implementação de novas funcionalidades implica a criação de novos *Models, Views, Controllers* e possivelmente a alteração ou criação de novas tabelas na base de dados, para exemplificar, no caso

de se querer implementar o cálculo dos indicadores de desempenho não é expectável a necessidade de alteração da base de dados, visto que o registo de datas já está implementado nas tabelas atuais, seria apenas esperada a necessidade da criação de novos *Models, Views* ou *Controllers*.

Anexo A

Base de Dados

A.1 Diagrama de Classes



A.2 Modelo Relacional

GeneralDurables (InternalDurable, HardwareID[NN], DurableTechnology[NN], DurableType[NN], StartDate, EndDate, WarrantyDate[NN], #State-> StateReferenceTable [NN], EntryResponsible[NN], EquipmentDestination, EspecificationLink, ReferenceID[NN], BelongsToClient[NN], Client, ClientID, Characteristic, SerialNumber, Location, NextPlannedMaintenance, Comments)

DurableActions (#InternalDurable->GeneralDurables, ActionDate, #ActionType->, GeneralDescription, ActionResponsible)

DurableActionsDetailed (#InternalDurable-> DurableActions, #ActionDate-> DurableActions, #ActionType-> DurableActions, ActionItem, ActionDescription, ActionReponsible)

DurablesPlannedActions (#InternalDurable-> DurableActionsDetailed, #ActionDate-> DurableActionsDetailed, #ActionType-> DurableActionsDetailed, #ActionItem-> ActionTypeTable, >DurableActionsDetailed, PlannedActionItem, ActionDescription, ActionResponsible, ActionPlannedDate, ActionCompleteDate)

DurablesPlannedActionsReference (#InternalDurable->DurablesPlannedActions, #ActionType->DurablesPlannedActions, PlannedActionItem, ActionDescription, ActionResponsible, CycleTime)

CurativeMaintenanceInventory (MaterialNumber, MaterialCode)

CurativeMaintenance (#InternalDurable-> DurableActionsDetailed, #ActionDate-> DurableActionsDetailed, #ActionType-> DurableActionsDetailed, #ActionItem->DurableActionsDetailed, ActionCurativeItem, ActionDescription, ActionResponsible, ActionStart, ActionEnd, ExternDoc, Comments, #MaterialNumber->CurativeMaintenanceInventory, Quantity, MaterialComment)

DurablesMeasures (#InternalDurable-> DurableActionsDetailed, #ActionDate-> DurableActionsDetailed, #ActionType-> DurableActionsDetailed, #ActionItem->DurableActionsDetailed, ActionMeasureItem, MeasureDate, MeasuredItem, MeasuredItemValue, Comments)

ActionTypeTable (ActionType, RealTypeName)

StateReferenceTable (State, RealName)

Anexo B

Aplicação

B.1 Diagrama de Casos de Uso

Referências

[1] Vorne. Calculate OEE. [Online] URL: https://www.oee.com/calculating-oee.html [Acedido em 20 Março 2020].

[2] Steve Smith. Overview of ASP.NET Core MVC. [Online] URL: https://docs.microsoft.com/pt-pt/aspnet/core/mvc/overview?view=aspnetcore-3.1 [Acedido em 11 Junho 2020].

[3] Tutorials Point. MVC Framework. [Online] URL: https://www.tutorialspoint.com/mvc_framework/mvc_framework_introduction.htm [Acedido em 11 Junho 2020].

[4] NP EN 13306. Terminologia da Manutenção, 2007.

[5] Hasnida Ab-Samat, Ernnie Illyani Basri, Nurul Aida Harun, Siew Ching Wee, e Shahrul Kamaruddin. Preventive Maintenance Checklist towards Effective Maintenance System: A Case Study in Semiconductor Industry. *Advanced Materials Research*, 748:1208–1211, aug 2013.

[6] E.Y.T. Adesta, H.A. Prabowo, e D. Agusman. Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 290, 2018.

[7] B. Almada-Lobo. Conteúdos da disciplina de Gestão da Manutenção, MIEM, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2019.

[8] José Paulo Saraiva Cabral. Organização e gestão da manutenção dos conceitos à prática..., 2004.

[9] José Paulo Saraiva Cabral. Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios, 2009.

[10] M. C. Carnero e J. L. Novés. Selection of computerised maintenance management system by means of multicriteria methods. *Production Planning and Control*, 17(4):335–354, 2006.

[11] Mirka Kans. An approach for determining the requirements of computerised maintenance management systems. *Computers in Industry*, 59(1):32–40, 2008.

[12] Pedro Miguel e De Sá Pereira. Planos de Manutenção Preventiva Manutenção de Equipamentos Variáveis na BA Vidro , SA. 2009.

[13] Marvin Rausand. Reliability centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, 1998.

[14] Matthew P. Stephens. *Productivity and reliability-based maintenance management*. 2010.

[15] Jeffrey D. Ullman. A first course in database systems, 1997.