FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



O futuro da monitorização e gestão de Utilities em unidades industriais

Rodrigo Gonçalves Graveto Futuro da Silva

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador interno: Prof. Adriano Carvalho

Orientador externo: Eng. Afonso Azevedo

30 de Julho de 2020

Resumo

Esta dissertação tem como objetivo fazer uma avaliação do estado atual da gestão utilizada pelo departamento de gestão de infraestruturas da Amkor Technology Portugal - ATEP, especialmente na parte de gestão de *utilities* de modo a aumentar a eficiência e como consequência reduzir os custos. Uma boa gestão deverá levar a um aumento da eficiência que poderá resultar em um aumento na produção de valor e diminuição de custos, quer seja pela deteção de falhas ou até mesmo pelo tempo poupado na busca pelos dados/informações necessárias no momento.

Elementos que podem melhorar a gestão atualmente feito pelo departamento no consumo das diversas *utilities* passam por uma centralização de todos os dados já existentes mas que estão dispersos por diversas plataformas ou até mesmo em formato de papel, de modo a que qualquer controlo operacional possa ser realizado rapidamente e a deteção de problemas de controlo de qualidade seja feita o mais rapidamente possível.

Dentro do departamento existe uma área centralizada responsável pela monitorização em tempo real de todo o tipo de consumos e alertas. Atualmente existe a capacidade de deteção de grandes desvios nos consumos das diversas utilities, no entanto não existe a capacidade de detetar pequenos desvios de menos de 10 m^3/h que poderão ser causados por eventuais fugas e uma possível forma de contribuir para o aumento da eficácia seria a criação de um novo conjunto de alertas no sistema do monitorização existente que permita avisar o utilizador em caso de elevados consumos em função da média, consumos estes que podem resultar de uma fuga ou equipamento com avaria.

Nesta dissertação procurou-se criar um sistema sem custos e de fácil utilização que permita ao departamento de gestão de infraestruturas centralizar e organizar de uma maneira mais eficaz os seus dados. Foi desenvolvida uma aplicação de Microsoft Access capaz de suprimir as maiores necessidades do departamento. A aplicação contém uma base de dados e todas as interfaces necessárias para criar e navegar entre os diversos equipamentos e ligações a *utilities* que estes apresentam. Permite também padronizar os relatórios diários e as suas ocorrências e criar um registo destes que pode ser filtrado e consultado a qualquer altura, coisa que não existia até ao momento.

Palavras-chave: Base de dados, Centralização, Monitorização, *Utilities*

Abstract

This dissertation aims to make an assessment of the current state of management used by the infrastructure management department of Amkor Technology Portugal - ATEP, especially in the part of utility management in order to increase efficiency and as a consequence reduce costs. Good management should lead to an increase in efficiency that can result in an increase in the production of value and a decrease in costs, whether due to the detection of failures or even the time saved in the search for the data/information needed at the moment.

Elements that can improve the management currently carried out by the department in the consumption of the various utilities go through centralization of all the existing data but that are dispersed across different platforms or even in paper format, so that any operational control can be carried out quickly detect quality control problems as quickly as possible.

Within the department, there is a centralized area responsible for real-time monitoring of all types of consumption and alerts. Currently, there is the ability to detect large deviations in consumption, however, there is no ability to detect small deviations of less than 10 m^3/h which may be caused by possible leakages and a possible way to contribute to the increase in Effectiveness would be the creation of a new set of alerts in the existing monitoring system that allows the user to be warned in case of high consumption depending on the average, consumption that may result from a leak or equipment with malfunction.

In this dissertation, we tried to create a free and easy-to-use system that allows the infrastructure management department to centralize and organize your data more effectively. A Microsoft Access application was developed, capable of eliminating the department's greatest needs. The application contains a database and all the necessary interfaces to create and navigate between the various equipment and connections to utilities that they present. It also allows the user to standardize daily reports and their occurrences and create a record of them that can be filtered and consulted at any time, something that did not exist until now.

Agradecimentos

Gostaria de deixar o meu agradecimento a todos os que estiveram envolvidos direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho

- À minha família por todo o suporte e apoio ao longo de todo o mestrado
- Ao meu orientador, professor Adriano Carvalho pelo suporte dado durante o desenvolvimento da dissertação
- Ao departamento de gestão de infraestruturas da ATEP, especialmente aos Engs. Afonso Azevedo e Leandro São Bento por todo o suporte e ideias na fase de implementação e testes e a todos os técnicos do departamento pelo *feedback* na fase de testes
- A todos os meus colegas e amigos pelo apoio dado ao longo de todos os últimos anos

A todos, muito obrigado

Rodrigo Silva

Conteúdo

1 Introdução **1**
- 1.1 Contexto . . . 1
- 1.2 Motivação . . . 1
- 1.3 Objetivos . . . 2

2 Revisão Bibliográfica **3**
- 2.1 Bases de dados relacionais e SQL . . . 3
- 2.2 Sistemas de monitorização e a indústria 4.0 . . . 4
- 2.3 Sensores e atuadores . . . 5
- 2.4 Controladores lógicos programáveis . . . 5
- 2.5 Norma IEC 61131 . . . 6
- 2.6 Comunicação e segurança . . . 7
- 2.7 Interfaces . . . 7
- 2.8 SCADA e DCS . . . 8

3 Apresentação da empresa e processos **9**
- 3.1 Apresentação da ATEP . . . 9
- 3.2 A história da empresa . . . 9
- 3.3 A indústria dos semicondutores . . . 10
- 3.4 Os processos na ATEP - eWLB . . . 10

4 Estado atual **17**
- 4.1 Organização de dados e automatização das tarefas . . . 18
- 4.2 Controlo de consumos . . . 19

5 Trabalho realizado **21**
- 5.1 Microsoft Access . . . 21
- 5.2 Base de dados e sua gestão . . . 21
  - 5.2.1 Módulo de gestão de equipamentos e *utilities* . . . 24
  - 5.2.2 Módulo de relatórios . . . 44
  - 5.2.3 Módulo de *checklists* . . . 53

6 Conclusões e Trabalho Futuro **57**
- 6.1 Estado da ATEP na Indústria 4.0 . . . 57
- 6.2 Satisfação dos Objectivos . . . 57
- 6.3 Trabalho Futuro . . . 58

Referências **59**

A Anexos **61**
A.1 Anexo 1 61
A.2 Anexo 2 63
A.3 Anexo 3 65

Lista de Figuras

5.1 Diagrama de casos de uso . . . 22
5.2 Página inicial da base de dados . . . 23
5.3 Página de escolha de módulos da base de dados . . . 23
5.4 Diagrama de classes do módulo de gestão de equipamentos e *utilities* . . . 25
5.5 Interface de gestão de equipamentos e *utilities* sem autenticação . . . 26
5.6 Interface de gestão de equipamentos e *utilities* depois da autenticação . . . 26
5.7 Interface de registo de localizações . . . 27
5.8 Interface de consulta de edifícios . . . 28
5.9 Interface de consulta de pisos . . . 28
5.10 Interface de consulta de áreas . . . 28
5.11 Interface de criação de edifícios . . . 29
5.12 Interface de criação de pisos . . . 30
5.13 Interface de criação de áreas . . . 30
5.14 Interface de edição de edifícios . . . 30
5.15 Interface de edição de pisos . . . 31
5.16 Interface de edição de áreas . . . 31
5.17 Interface de visualização de *utilites* mecânicas . . . 32
5.18 Interface de visualização de *utilites* mecânicas com filtragem . . . 33
5.19 Interface de adição de *utilites* mecânicas . . . 33
5.20 Interface de edição de *utilitie* mecânica . . . 34
5.21 Interface de visualização de quadros e tensões elétricas . . . 34
5.22 Interface de visualização de quadros e tensões elétricas com filtro . . . 35
5.23 Interface de edição de quadros elétricos . . . 36
5.24 Interface de edição de tensões elétricas . . . 36
5.25 Interface de adição de novos equipamentos . . . 37
5.26 Interface de adição de novos equipamentos com referência duplicada . . . 38
5.27 Interface de adição de novos equipamentos com equipamento preenchido . . . 38
5.28 Interface de busca de equipamentos para edição . . . 39
5.29 Interface de busca de equipamentos para edição com filtros . . . 41
5.30 Interface de definições de utilizador . . . 42
5.31 Interface de definições de utilizador . . . 42
5.32 Interface de busca de equipamentos com somas de consumos . . . 43
5.33 Interface de busca de equipamentos com somas de consumos . . . 43
5.34 Interface de escolha de relatório . . . 44
5.35 Digrama de classes do módulo dos relatórios BMS . . . 45
5.36 Interface de definições dos relatórios do BMS . . . 46
5.37 Interface de visualização dos relatórios do BMS . . . 46
5.38 Interface de visualização dos relatórios do BMS com filtro . . . 47

5.39 Interface de criação de relatório do BMS 48
5.40 Interface de criação de ocorrências em relatório do BMS 49
5.41 Interface de criação de ocorrências com impacto em relatório do BMS 49
5.42 Interface de criação de relatório do BMS preenchido 50
5.43 Diagrama de classes do módulo dos relatórios da DiWater 51
5.44 Interface de visualização dos relatórios da DiWater 52
5.45 Interface de criação de ocorrências em relatório da DiWater 52
5.46 Interface dos checklists das torres e chillers 53
5.47 Interface de parâmetros de alertas das condutividades das torres e *chillers* 54
5.48 Interface de parâmetros de alertas das condutividades das torres e *chillers* preenchido 54

A.1 Email de informações de equipamento 62
A.2 Email de relatório do BMS 64
A.3 Email de ocorrências com impacto do relatório do BMS 65

Lista de excertos de código

5.1 Código da busca dos edifícios 28
5.2 Código da busca dos pisos 29
5.3 Código da busca áreas 29
5.4 Código da busca de *utilities* 32
5.5 Código da busca de quadros elétricos 35
5.6 Código da busca de tensões elétricas 35
5.7 Código da junção das tabelas de equipamentos e localizações 39
5.8 Código da junção das tabelas de equipamentos e *utilities* que estes utilizam . . . 40
5.9 Código da tabela de informações completa de equipamentos 40
5.10 Código da tabela de relatórios do BMS 47
5.11 Código da tabela de ocorrências do relatório do BMS 50
5.12 Código da tabela da lista de *checklists* realizadas 54
5.13 Código da tabela consumos da *checklist* 55

Abreviaturas e Símbolos

ATEP	Amkor Technology Portugal
BMS	*Building management system*
CPS	*Cyber physic services*
CPU	*Central Processing Unit*
DCS	*Distributed Control Systems*
DiWater	*Deionized Water*
eWLB	*Embedded wafer level ball grid array*
FBD	*Function Block Diagram*
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FM	*Facilities Management*
FOUP	*Front Opening Unified Pod*
HMI	*Human-Machine Interface*
ICS	*Industrial control system*
IL	*Instruction List*
IoT	*Internet of things*
LD	*Ladder Diagram*
LITHO	Litografia
PLC	*Programmable Logic Controller*
RDL	*Redistribution Layer*
RDBMS	*Relational database management system*
RTU	*Remote terminal unit*
SCADA	*Supervisory Control and Data Acquisition*
SFC	*Sequential Funcion Chart*
SQL	*Structured Query Language*
ST	*Structured Text*
TCP/IP	*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*
UV	Radiação ultravioleta
VBA	*Visual Basic for Applications*
WLP	*Wafer Level Package*
XML	*Extensible Markup Language*

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contexto

Com a evolução das tecnologias ao longo do tempo evolui também a necessidade de gerir e monitorizar cada vez mais fatores em todas as áreas da indústria de modo a diminuir gastos desnecessários. Através de uma boa gestão de todos os sistemas e processos é possível tirar melhor proveito do tempo útil de trabalho visto que todas as informações estarão organizadas e disponíveis para consulta num curto espaço de tempo. Um bom sistema de monitorização permite também que qualquer problema que surja ao nível dos equipamentos e integridade das instalações seja rapidamente detetado sem causar problemas no fluxo contínuo de produção. Estes sistemas quando bem utilizados permitem realizar um controlo operacional e detetar numa fase inicial uma grande variedade de possíveis ocorrências que possam resultar de anomalias não visíveis como fugas em equipamentos ou até mesmo processos com falhas que para além de elevados gastos poderão causar defeitos nos produtos finais, sendo que qualquer um destes problemas pode não ser detetado de imediato.

Tendo em conta esta rápida evolução, a Amkor Technology Portugal (ATEP) pretende obter soluções de curto e médio prazo que permitam aumentar a eficiência do departamento, reduzir custos e obter um melhor aproveitamento de todas as suas *utilities*. Uma solução tem em vista o desenvolvimento de uma plataforma que permita centralizar todos os dados num único sistema capaz de apresentar ao utilizador todos os dados necessários, sejam estes de consumos de equipamentos ou de localizações de válvulas e que seja de fácil utilização.

1.2 Motivação

Atualmente não existe um sistema de fácil utilização que permita aos membros do departamento consultar dados de importância, sejam estes relativos a equipamentos ou ocorrências que possam causar interrupção do fluxo de produção. Uma plataforma que permita realizar todo o tipo de tarefas relacionadas com registos e dados seria uma mais valia para uma rápida resposta a um eventual problema, ou até mesmo para servir de suporte a novos projetos nas instalações.

Quanto ao sistema de monitorização já existe em funcionamento um que permita uma visão geral de todas as instalações e de alguns equipamentos e processos que apresentam elevados consumos. No entanto este controlo deverá ser ampliado de modo a detetar uma maior quantidade de possíveis falhas. O tema propõe o desenvolvimento de mecanismos que permitam aumentar a eficiência da produção, sejam estes diretamente através de deteção de anomalias nos consumos ou indiretamente através da redução do tempo necessário para completar uma tarefa.

1.3 Objetivos

Durante o desenvolvimento da dissertação deverá ser desenvolvido e colocado em funcionamento um sistema de centralização mais especificamente uma base de dados e toda a sua interface que possa ser integrado no servidores do departamento e seja disponibilizado para todos que necessitem de utilizar, eliminando assim os inúmeros ficheiros pessoais de cada utilizador que contêm todas as informações mas de forma dispersa. Este sistema deverá ser capaz de armazenar todo o tipo de dados e padronizar todo o tipo de relatórios e comunicações internas. A plataforma deverá ser responsável por facilitar o controlo operacional num curto espaço de tempo de modo a que qualquer problema possa ser rapidamente corrigido sem que este cause problema no fluxo de produção. Para realizar o trabalho proposto deverão ser realizadas as seguintes tarefas:

- Compreender e avaliar a situação atual do departamento de gestão de infraestruturas;
- Identificar quais módulos de informação são usados mais regularmente e com que formato/objetivo;
- Desenvolver um sistema que permita satisfazer as maiores necessidades;
- Propor soluções de curto e médio/longo prazo para o departamento;

No final da dissertação deverá estar em funcionamento um sistema capaz de apresentar resultados que permitam aumentar a eficiência do departamento, aumento este que poderá resultar em reduções de custos sejam estes diretamente ou indiretamente ligados ao consumo de *utilities*.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Neste capítulo está presente uma revisão bibliográfica dos principais temas desta dissertação, nomeadamente uma revisão da plataforma utilizada de modo a centralizar e armazenar diversos tipos de informações e uma revisão do funcionamento de um sistema de monitorização e qual o seu objetivo, bem como qual a sua interação com os diferentes *Programmable Logic Controller* (PLC) existentes. É também feita uma abordagem aos principais sistemas SCADA e as suas aplicações no estado atual da indústria em que a implementação do *Industry* 4.0 é cada vez mais uma prioridade para muitas empresas.

2.1 Bases de dados relacionais e SQL

O modelo relacional de base de dados foi inicialmente proposto em 1970 por Edgar Codd como um modelo relacional de dados para bases de dados com elevadas quantidades de dados. Este modelo é tipicamente controlado por um sistema de nome *Relational database management system* (RDBMS) que permite ao utilizador criar, definir e controlar o acesso à base de dados [1]. Neste modelo de bases de dados as informações são armazenadas em tabelas predefinidas e podem ser relacionadas com outras tabelas através da utilização de chaves primárias e chaves estrangeiras. Cada tabela deverá conter uma chave primária responsável pela identificação da cada registo e poderá contar chaves estrangeiras. Estas chaves estrangeiras deverão corresponder a chaves primárias e outras tabelas, fazendo assim uma relação entre duas tabelas.

A linguagem tipicamente utilizada para aceder, consultar e escrever nas bases de dados é o *Structured Query Language* (SQL) que consiste em escrever uma *query* composta por pelo menos uma destas seis classes (SELECT, FROM, WHERE, GROUP BY, HAVING, ORDER BY) que deverá satisfazer as necessidades do utilizador. Existe também a possibilidade de nas consultas reunir apenas os dados necessários mesmo sendo de diferentes tabelas atraves da utilização do JOIN que permite ao utilizador realizar buscas em diversas tabelas contando que estas tenham algum mecanismo relacional como uma chave estrangeira.

2.2 Sistemas de monitorização e a indústria 4.0

Com o anúncio da *Industry* 4.0 por parte do governo alemão em 2011 como uma iniciativa estratégica com tecnologia de mais alto nível foi gerado um grande fascínio do lado das empresas pelas capacidades que esta apresenta [2]. Tal como o nome indica a quarta revolução industrial surge depois da terceira revolução industrial também conhecida como 'Revolução Digital' ou 'Era da Informação' que resultou do grande avanço nas tecnologias de semicondutores e consequentemente dos computadores e na qual foi realizada uma migração de sistemas mecânicos e analógicos para sistemas digitais. Com a quarta revolução industrial tecnologias como a Internet das coisas (IoT), fábricas inteligentes e computação em nuvem tornam-se cada vez mais comuns e passa a existir uma maior comunicação entre todos os serviços ciber-físicos (CPS). Os novos serviços com controlo descentralizado e grandes redes de conetividade passam a trocar dados em tempo real com o objetivo de monitorizar, otimizar e aumentar a *performance* dos processos. Normalmente estes sistemas trabalham com grandes bases de dados armazenadas numa nuvem que requer análises extensas de modo a oferecer resultados que contribuam para uma otimização dos processos [3].

Através da IoT podemos realizar as funções necessárias para monitorizar e controlar sistemas remotamente ao longo de diversas redes, criando assim uma oportunidade para integrar o mundo da computação com o mundo físico melhorando assim a performance e produtividade e reduzindo o custo da intervenção humana nos diversos processos. Enquanto uma IoT tem como principal foco as comunicações entre máquinas, um sistema de monitorização também tem uma grande componente que necessita de uma interface entre máquina e utilizador, podendo estes sistemas ser implementados através de sistemas de controlo de aquisição de dados (SCADA) compostos por controladores de programação lógica (PLC) e interfaces que fornecem todo o tipo de informação essencial ao processo. Sistemas destes são muito comuns em indústrias como a química, produção e distribuição de energia e até mesmo para controlo e monitorização de redes de semáforos de trânsito. Este conjunto entre *Human-Machine Interface* (HMI) e PLC forma um sistema de controlo e monitorização que permite automatizar processos complexos os quais um utilizador pode monitorizar a tempo inteiro e controlar em função das necessidades.

Um sistema de monitorização remoto é composto por diferentes níveis, todos eles com um papel diferente e que em conjunto permitem a um utilizador obter informações sobre diversos processos a decorrer remotamente em tempo real e apresentar os dados relevantes de uma forma organizada e de rápida compreensão. Quando bem utilizado permite aumentar a produtividade e performance de uma unidade industrial. Através de um rápido processamento dos dados obtidos dos diversos sensores e uma boa apresentação destes resultados ao utilizador este pode tomar decisões rapidamente e prevenir danos aos equipamentos. Apesar do sistema ser monitorizado remotamente nem todas as tarefas podem ser executadas da sala de comandos, sendo por vezes necessária a intervenção de um operador em casos de emergência ou falhas que a máquina não consiga corrigir.

A monitorização de sistemas está dividida em quatro fases:

1. Geração de eventos, ou seja, deteção de certos acontecimentos com a utilização de sensores.

2. Processamento por parte do PLC dos eventos detetados pelos sensores.

3. Transmissão dos eventos já processados, podendo este ser feito numa configuração *Master/Slave*, onde o *master* está em completo controlo das comunicações e envia e recebe data regularmente dos *slaves*.

4. Apresentação dos dados acompanhados de mais processamento através de uma interface de modo a ser possível ao utilizador tirar conclusões do ocorrido [4].

2.3 Sensores e atuadores

Grande parte destes sistemas são compostos por uma camada mais baixa de sensores e atuadores, elementos estes que são os responsáveis pelas interações com o mundo físico.

- Sensores são dispositivos que detetam eventos e respondem com mudanças nos sinais elétricos que enviam para outros equipamentos eletrónicos que os interpretam. Esta alteração resulta de uma mudança na resistência, indutância, capacitância ou campo magnético do sensor em função das alterações das grandezas físicas tais como pressão, temperatura, luz ou proximidade.

  Atualmente 70% dos sensores no mercado são resistivos, capacitivos, indutivos ou magnéticos e esta preferência deve-se ao facto destes equipamentos serem simples, baratos e robustos [5].

- Atuadores são transdutores que tal como os sensores transformam uma forma de energia noutra forma de energia, no entanto ao contrário dos sensores os sinais de entrada (geralmente elétricos) é que dão origem a alterações no mundo físico podendo estas ser na forma de força, movimento, calor entre outras. Os atuadores são em grande parte elétricos, eletromecânicos, eletromagnéticos, hidráulicos ou pneumáticos mas uma nova geração de atuadores já inclui novos materiais como microatuadores ou até mesmo nanoatuadores [6].

2.4 Controladores lógicos programáveis

Depois de sensorização e atuação está presente uma outra camada composta por PLC dotados de várias entradas e saídas digitais/analógicas (I/O) para conectar com os diversos sensores e atuadores. Estes controladores são também responsáveis pela execução de todo o processo de controlo dos autómatos. Os PLC são computadores compactos ou modulares projetados para aplicações industriais e formam uma base tecnológica importante para a automatização dos processos industriais, mesmo na época do *Industry* 4.0 e da Internet industrial podemos assumir que os controladores industriais continuarão a ser requisitos necessários num futuro próximo [7].

Este são capazes de suportar condições severas em ambientes quentes, frios e com pó e a sua composição depende do tipo de PLC, podendo ser escolhida pelo fabricante se for compacto ou pelo utilizador se for modular. Caso seja modular a sua composição passa por uma unidade

de alimentação, um módulo de processamento (CPU), carta de comunicação, módulos de *input* e *output* que permitam estabelecer conexões com os autómatos e outros periféricos para realizar outras tarefas como o módulo de contagem para contar pulsos de alta frequência sendo que estes não são obrigatórios para o funcionamento do PLC mas podem ser integrados caso seja necessário.

Um PLC em execução deverá ter gravado na sua memória o programa que executa ciclicamente de forma a realizar as funções pretendidas no processo, no entanto o tempo da sua execução varia consoante o número de entradas, saídas e o tamanho do programa a executar. Um ciclo de execução do controlador tem 3 fases que são sempre realizadas pela mesma ordem:

1. Leitura das entradas
2. Execução do programa
3. Atualização das saídas

Cada uma delas com tempos de execução de t_1, t_2 e t_3 respetivamente. A partir dos tempos de cada uma destas fases é possível calcular o tempo de execução do programa t_t que será:

$$t_t = t_1 + t_2 + t_3 \tag{2.1}$$

Sendo que este tempo de execução será o tempo de ciclo de PLC [8].

2.5 Norma IEC 61131

Tal como o nome indica, é necessário programar um PLC para este executar as funções necessárias. Grande parte dos PLC podem ser programadas através de um computador normal capaz de comunicar com o PLC através de Ethernet ou outro método de comunicação proprietário. No entanto com o aumento da complexidade dos problemas a resolver, a procura de soluções de elevada qualidade em processos críticos e o facto de nem todos os fabricantes estarem de acordo em relação ao método de programação dos seus PLC criada a norma IEC 61131 que foi gradualmente implementada numa tentativa de definir algumas metodologias de implementação independentemente do fabricante do controlador [9].

Criada em 1979 por um comité internacional formado com a intenção de formar uma interface comum para os PLC, a norma IEC 61131 tinha em vista resolver as pequenas diferenças nas linguagens de programação utilizadas pelos vários fabricantes que criavam dificuldades aos engenheiros quando era necessário exportar o programa para PLC de outros fabricantes que não o original para qual este foi concebido. Mais tarde em 1982 quando surgiu uma primeira versão esta era tão complexa e extensa que foi necessário dividir a norma em partes. Uma das partes da norma, a IEC 61131-3 que lida com os aspetos de programação dos controladores industriais e as suas respetivas linguagens de programação identifica 5 linguagens de programação como sendo as mais comuns para controladores programáveis discretos e processos, sendo essas *Ladder Diagram* (LD), *Function Block Diagram* (FBD), *Sequential Funcion Chart* (SFC), *Instruction List* (IL) e *Structured Text* (ST) foi atualizada mais recentemente em 2003 resultando assim numa segunda

edição [10]. Apesar de ter sido atualizada, durante a implementação gradual desta nova versão foram encontrados alguns problemas que já deram origem a novas propostas de correção de modo a eliminar qualquer dúvida em torno da norma [11].

2.6 Comunicação e segurança

Os sistemas SCADA podem suportar vários protocolos de comunicação e estes podem variar e ser adaptados em função das tecnologias utilizadas, exemplos deles são o Modbus, Profinet e o Ethernet TCP/IP. Em termos de segurança de comunicação entre os vários PLC e a sala de controlo é necessário ter em conta se o sistema está conectado à Internet. Sendo que a comunicação entre *master* e *slave* poderá ser feita através de protocolos acessíveis pela Internet como o caso do protocolo *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TPC/IP) no Modbus TCP/IP será necessário aplicar algumas técnicas de segurança para garantir a integridade do sistema. Existem grandes ameaças como o acesso não autorizado ao *software*, sendo este acesso intencional de modo a infetar o sistema com *software* malicioso que impeça o controlo seguro das máquinas e pôr em causa a segurança pública em caso de ataque a sistemas de risco como o de uma petrolífera. Alguns dos métodos para aumentar a segurança consistem em controlar acessos às redes, configuração de *firewalls* para impedir tráfego não autorizado na rede ou até mesmo encriptação e gestão de chaves de acesso. Apesar dos riscos a conectividade dos sistemas de SCADA com redes externas deverá continuar a aumentar levando assim a um aumento no risco de ciberataques, no entanto existem organizações especializadas em aumentar a segurança das redes de SCADA [12].

2.7 Interfaces

Num sistema SCADA também deverá existir uma interface entre o utilizador e o sistema localizada num terminal HMI remoto perto da máquina e do PLC ou poderá estar numa sala de controlo central que permita visualizar todos os dados recolhidos e estatísticas destes mesmo enquanto apresenta um estado atual do sistema, sendo assim uma maneira efetiva de obter, analisar e gerir informações sobre os processos em execução por todo o sistema em tempo real. Esta interface deve ser desenhada de modo a permitir ao utilizador observar todos os dados com clareza e receber todas as informações, avisos e alarmes sem apresentar informações desnecessárias. Existem vários fabricantes de PLC que também têm HMI disponíveis tais como a Siemens, Schneider Electric ou Allen Bradley mas também existem fabricantes independentes como a Red Lion, ainda assim qualquer computador que cumpra os requisitos necessários pode realizar a tarefa de interface. Em termos de *software* grande parte das marcas exige um *software* adicional para programar a HMI, mesmo que o PLC seja do mesmo fabricante que o HMI o que não é um benefício.

Normalmente uma HMI só é utilizada em ambientes de pequena escala, sendo que em ambientes de grande escala é tipicamente utilizado um computador com um *software* que permite utilizar a interface como o Wonderware ou o VtSCADA.

2.8 SCADA e DCS

No mercado existem vários fornecedores de *software* de SCADA, sendo mais utilizados o Siemens WinCC, o Wonderware Intouch e o Rockwell FT View. Existem também alternativas aos sistemas SCADA como os sistemas de controlo distribuído (DCS) que é orientado para processos, ao contrário do SCADA que é orientado para recolha de dados. O DCS pode realizar processos mais complexos, no entanto não é tão flexível como o SCADA. Enquanto um SCADA requer a importação das *tags* e a compra de *software* adicional o DCS tem uma interface de operação integrada com uma base de dados das *tags* existentes, no entanto é um sistema mais lento que pode causar problemas em processos nos quais um rápido tempo de processamento é essencial.

Capítulo 3

Apresentação da empresa e processos

Neste capítulo irá ser feita a apresentação da ATEP e uma breve introdução da história da empresa. Deverá também ser abordado o estado atual do setor dos semicondutores e feita uma descrição dos processos produtivos realizados nas instalações.

3.1 Apresentação da ATEP

A Amkor Technology Portugal S.A. é uma filial da Amkor Technology especializada no *packaging* e teste de semicondutores. É uma empresa prestadora de serviços inserida no ramo dos semicondutores que realiza os processos de *back end* dos produtos, os quais são fornecidos pelas mesmas entidades que os adquirem no final do processo.

Os processos realizados nas instalações são responsáveis por criar a estrutura que realizará a ponte elétrica entre o microcontrolador e o dispositivo em que este será inserido, tal como criar uma barreira protetora entre o circuito e os elementos externos que poderão causar danos tal como a humidade.

Depois de concluídos os processos de *packaging* os produtos deverão ser testados de modo a assegurar que todos os produtos enviados para os clientes estão aptos para serem utilizados sem haver qualquer chance de falha, garantindo assim que a qualidade do produto não poderá pôr em causa o funcionamento e a segurança de nada nem ninguém.

3.2 A história da empresa

Inaugurada em abril de 1996 pela Siemens as instalações onde se atualmente se localiza a ATEP foram inicialmente concebidas como uma unidade de produção de *Dyamic Random Access Memory*, um tipo de memórias *RAM*. Já no ano de 1999 devido à reestruturação da Siemens e consequente separação da sua divisão de semicondutores surgiu a Infineon Technology AG que manteve o seu foco na continuação do desenvolvimento de produtos no setor das memórias. Com estas alterações surgiu a possibilidade de expandir as instalações e permitir que a linha de produção tivesse a capacidade de trabalhar nas tecnologias de *Redistribuition Layer* (RDL) e *Wafer Level*

Package (WLP). Mais tarde já em 2009 e já com o nome de Qimonda AG surgem tempos de maior dificuldade, a empresa com sede em Munique declara insolvência e todas as suas empresas são encerradas com a exceção da Qimonda Portugal que continua em funcionamento pelo nome de Nanium S.A. Enquanto Nanium a empresa desenvolveu uma nova tecnologia conhecida como *Embedded wafer level ball grid array* (eWLB) que deu origem à sua aquisição por parte da Amkor Technology em 2017 criando assim a Amkor Technology Portugal.

3.3 A indústria dos semicondutores

Para acompanhar o rápido avanço tecnológico dos dias de hoje a indústria dos semicondutores deverá corresponder com um avanço equivalente de modo a fornecer aos equipamentos as capacidades necessárias de velocidade de processamento.

Tal evolução já teria sido prevista pelo engenheiro estado-unidense Gordon Moore, um dos fundadores da Intel, que em 1965 fez uma observação na qual escreveu que o número de transístores por polegada quadrada deveria duplicar de 2 em 2 anos. [6]

Apesar dessa observação ter sido realizada muito cedo no mundo dos semicondutores já se passaram mais de 50 anos desde a sua publicação e a Lei de Moore continua a ser considerada verdade.

Grande parte dos circuitos integrados partem de uma *wafer* de silício, estas *wafers* de alta pureza cristalina são processadas diversas vezes até obter o produto final começando pela sua fabricação e consequente desenho dos *dies* (bloco de material semicondutor onde está desenhado o circuito funcional). A esta fase da sua produção é dado o nome de *front end*. Após a produção das *wafers* estas passam por um variado número de processos que varia em função do grau de complexidade exigido ao dispositivo a ser produzido e destes processos deve resultar um produto já encapsulado pronto para ser testado. A este conjunto de encapsulamento e testes é dado o nome de *back end*. No fim de todas as etapas de produção do produto e deste ser entregue ao cliente começa a fase de serviço ao cliente.

Nesta grande cadeia de processos a ATEP, apesar de ter processos de *front end* como é o caso do RDL, é classificada como uma empresa de *back end* que pode trabalhar tanto com tecnologias *fan in* como *fan out*.

3.4 Os processos na ATEP - eWLB

Com o avançar da tecnologia surgiu uma necessidade de criar circuitos integrados com características superiores aos existentes e com um preço favorável para as empresas que os utilizam. Em resposta a essa necessidade surgiu a tecnologia *Wafer Level Ball Grid Array* (WLB) que apresenta um conjunto de vantagens em relação à tecnologia precedente *Standard Ball Grid Array*. Nestas vantagens constam os excelentes desempenhos elétricos e térmicos, tal como a alta densidade de

pontos de comunicação com o *die* num pequeno dispositivo de baixo custo e com muitas possibilidades de integração. Esta tecnologia de *fan in* é muito utilizada nos dias de hoje para pequenos dispositivos com um número não muito elevado de ligações.

No entanto apesar desta nova tecnologia resolver bastantes problemas continua a existir uma variedade de produtos que necessitam de muitas ligações ao *die* e as dimensões dos produtos *fan in* não permitem que tal seja realizado, surgindo assim a necessidade de uma nova tecnologia capaz de satisfazer os requisitos destes dispositivos. Com estas nova necessidade foi desenvolvida pela Infineon a tecnologia de *fan out* WLB capaz de aumentar o espaço para ligações em redor do *die* e assim satisfazer as necessidades de elevados números de ligações requisitadas pelos dispositivos [13].

Na ATEP são fabricados produtos tanto de *fan in* como de *fan out* e os seus processos estão divididos em 5 grandes áreas:

1. Waferprep – Preparação das *wafers*;
2. Recon – Reconstrução das *wafers*;
3. RDL – Redistribuição das camadas elétricas (divida em 3 grandes áreas):
    - *Dry*;
    - LITHO - Litografia;
    - *Wet*;
4. LBS – Colocação das bolas de solda, singularização e marcação laser;
5. Packing – Encapsulamento

As *wafers* provenientes dos fornecedores podem conter milhares de *dies* e serão destinadas a processos de *fan in* ou *fan out*, sendo as primeiras *wafers* de 300 mm e as segundas de 200 mm ou 300 mm. Durante o processamento as *wafers* são organizadas em lotes de 25 caso sejam *fan in* ou 12 caso sejam *fan out* e devido a alguns processos poderá ser necessário normalizar as *wafers* de 200 mm para 300 mm de modo a serem processadas de maneira igual. Os lotes de *wafers* são sempre guardados em *foups*, caixas de acrílico especialmente projetadas para o transporte de *wafers*.

Na primeira área de *Waferprep* as *wafers* de silício são preparadas para os processos que se seguem começando por uma lista de inspeções onde é verificado o número de *wafers* e quantidade do lote, o ID e a integridade das wafers terminando com uma inspeção de 3 *wafers* à lupa e 1 ao microscópio de modo a detetar falhas ou contaminações antes do início de qualquer processo. O primeiro processo a ser executado é o de *Lamination* onde é colocada uma película protetora na parte ativa das *wafers* de modo a proteger as unidades dos processos a executar e depois de aplicada a película são feitas inspeções para verificar se todas as *wafers* têm película e qual a qualidade da laminação. Depois de realizadas todas as inspeções da película é inicializado o processo de *grinding* no qual a zona não ativa da *wafer* é desbastada de modo a atingir a espessura

requerida pelo cliente. Antes de avançar para a próxima área as *wafers* passam por um processo demorado de *dicing* onde os *dies* são singularizados e são feitas inspeções à lupa para deteção de riscos ou contaminações e ao microscópio para medições mais específicas.

Em seguida na área de Recon os *dies* já singularizados passam pelos processos de *pick and place* e são colocados num *mold carrier* que terá sido previamente revestido com uma película adesiva e seguem para *foil anneal*, um processo de cura para proporcionar uma melhor adesão dos *dies* à película e da película ao *mold carrier*. Depois de feita a cura começa a operação de *mold wafer* que consiste na deposição de uma resina epóxi de nome Mold Compound sobre o *mold carrier* com o objetivo de fornecer ao *die* proteção mecânica e contra agressões ambientais e servirá também para suportar uma posterior marcação laser. Depois de aplicado o *mold compound* o *mold carrier* é submetido a compressão e vácuo de modo a moldar a nova *wafer* reconstruída. Depois de moldada a nova *wafer* começa o processo de *debond* que consiste em através da aplicação de calor separar a *wafer* reconstruída e moldada dos materiais de suporte, ou seja do *mold carrier* e da película adesiva. Após todos estes processos poderá ser necessário corrigir a curvatura, ou *warpage* da *wafer* reconstruída para os valores definidos e deverá ser feita uma marcação laser na parte frontal da *wafer* com o ID para manter a capacidade de rastrear da *wafer* ao longo de todos os processos até que as unidades sejam individualizadas. Antes de avançar para a área de RDL é ainda feito o processo de *wafer round* que consiste num corte mecânico com um ângulo predefinido de *wafers* de *mold compound* segundo os limites dimensionais das *wafers*.

Os lotes de *wafers* são agora reencaminhados para a área de RDL onde serão criadas as pontes elétricas entre o *die* e o local onde serão posteriormente colocadas as bolas de solda. Estas pontes elétricas são resultado de processos químicos e físicos que em cada *die* devem criar as camadas de distribuição. O primeiro passo nesta nova zona é uma transferência de *FoupWR* (Wafer Round) para FoupC (*Colour*) e após conclusão passa para a etapa de Metrologia, mais especificamente RecDieShift onde é medido o *dieshift* que corresponde à medição da deslocação de cada die relativamente à matriz teórica de posição, fazendo assim um controlo do processo de *pick and place* realizado anteriormente no Recon. Entrando agora na área *Dry* é feito o processo de cura PreCure-Fuse que consiste em aquecer as *wafers* de modo a retirar qualquer humidade existente na *wafer* e o facto de ser necessário fazer operações manuais na cura anterior dá origem ao próximo processo de *sorting* que serve para verificar a integridade do lote. O próximo passo será o AsherPreFuse que tem como objetivo limpar a superfície da *wafer* através de plasma.

O plasma é um estado de matéria que resulta da submissão de um gás a um campo elétrico em ambiente de muito baixa pressão, levando a que os átomos choquem entre si a grandes velocidades. O plasma é utilizado para remover qualquer resíduo de material fotossensível bem como qualquer outro resíduo de dimensão nanométrica existente na superfície das *wafers*.

Para terminar a metrologia é realizado mais uma vez o processo de correção de *warpage* das *wafers*, agora denominado de WarpAsherPreFuse.

Entrando agora na área de litografia o objetivo será transferir para a superfície da *wafer* a imagem de uma máscara de modo a construir as estruturas pré-definidas e isto é conseguindo através do uso de um material fotossensível também chamado de *photoresist* que quando for exposto a

radiações ultravioletas transfere a imagem pretendida para criar as pistas elétricas. Devido à elevada sensibilidade a radiações ultravioleta (UV) dos materiais utilizados nestes processos as salas de litografia utilizam luzes amarelas.

O primeiro processo de *coating* consiste em cobrir a superfície das *wafers* com um material fotossensível, sendo que devido ao solvente presente neste material este torna-se viscoso fazendo com que o *photoresist* se espalhe pela superfície da *wafer*, deixando apenas uma camada fina. Esta camada pode ter a sua espessura alterada através da variação da velocidade de rotação a que a *wafer* é submetida durante a sua aplicação, podendo esta ser aumentada ou diminuída para obter camadas mais finas ou espessas. Depois da camada de *photoresist* estar seca entra o processo *Expose* que consiste na transferência do padrão presente na máscara sobre a camada de *photoresist*, quando este é exposto a uma luz UV de alta intensidade torna-se quimicamente menos robusto e pode ser removido através de reações químicas. A exposição pode também ser feita através do processo *stepper* o qual tem a capacidade de posicionar e projetar uma imagem com precisão muito elevada e assim alinhar a *wafer* com a máscara através de *targets* existentes em ambos expondo a imagem na *wafer* com *photoresist* após alinhamento. Depois de feita a exposição entramos no processo de *developer* que consiste em colocar a *wafer* em rotação e sujeitar a mesma a um caudal continuo de *developer* que é vaporizado. A reação do *photoresist* com esta solução especial designada de *developer* causa reações químicas que removem as áreas não pretendidas. Depois de removidas as áreas não pretendidas são feitas inspeções visuais para verificar os alinhamentos das aberturas deixadas no *photoresist* e dá-se início ao processo de CureFuse, um processo que tem como objetivo curar a primeira camada de *photoresist*. No final da cura é feita outra inspeção para controlar a delaminações na primeira camada de *photoresist* de nome DL1.

É iniciada agora a fase *Dry* da RDL que começa com um conjunto de medições de espessura da DL1 e posteriormente medição do *dieshift* e *overlay* que permitem obter o deslocamento dos *dies* em relação à matriz teórica e desalinhamento entre o *die* e a primeira camada DL1, respetivamente. Depois de feitas as medições é feita uma lavagem da parte ativas das *wafers* com recurso a água ultrapura (DiWater) para remover qualquer partícula depositada num processo chamado *CleanFuse*. Entra agora de novo na área de metrologia para realizar de novo inspeções através dos processos de MeasFuseScreen e MeasFuse que são responsáveis por inspecionar a superfície da *wafer* com o objetivo de controlar as aberturas nas vias entre o *die* e a DL1 e controlar a quantidade de partículas e contaminação existente antes do processo de Sputter. Ainda antes de entrar no processo de Sputter são trocadas de novo as *foups* de FoupC para FoupB (*Bake*) e é feita outra cura para desidratar as *wafers* e facilitar o processo seguinte.

O processo de *Sputter* é dividido em 2 partes: *Etching* e *Deposition*. *Etching* é o processo físico gerado pelo plasma que resulta na excitação de iões de Árgon que libertam os seus eletrões quando sujeitos a um campo eletrostático e baixas pressões, *deposition* consiste em criar um campo eletrostático para acelerar os iões de árgon para o cátodo e os eletrões livres para o ânodo. Os eletrões acelerados chocam entre si e ionizam os átomos através da energia cinética e este processo é repetido continuamente fazendo libertar titânio e cobre. O resultado destes processos é uma *seed layer* que é uma camada fina de titânio e cobre depositada em toda a superfície da *wafer* que servirá

para a construção das linhas de redistribuição na área *wet*. É importante que esta *seed layer* seja o mais homogénea possível pois facilitará uma distribuição equilibrada das linhas. Antes de voltar a entrar na área de litografia será necessário voltar a trocar de *foup* e colocar as *wafers* nas FoupC (*colour*) e realizar de novo testes de controlo de *warpage*.

Voltando a entrar na área Lihto volta a ser feito o processo de *coating* e este é seguido do *EBR* que consiste na remoção do *photoresist* em excesso da periferia da *wafer* de modo a que a *seed layer* fique visível e assim facilitar o contacto num futuro processo de *plating*. São realizados de novo os processos de *expose* e *developer* e entramos num novo processo WeeCDMeasure que consiste em duas medições: medição do *critical dimension*, ou seja, do espaço entre as linhas e medição do *WEE* (Wafer Edge Exclusion) que é a periferia da *wafer*. Antes de deixar a litografia é feita mais uma inspeção que serve para verificar as características visuais das aberturas das vias onde serão colocadas as bolas de solda.

Entramos agora na área Wet e o primeiro processo a executar é o de *plating* que consiste no preenchimento das linhas desenhadas pela litografia com cobre através do processo de eletrodeposição química. As câmaras de eletrodeposição química podem ser usadas para diferentes processos, de acordo com os requisitos dos produtos. O processo seguinte tem o nome de WetEtch e consiste em remover o *photoresist* e a *seed layer*. Após serem removidas são feitas inspeções para procurar ausências, pontes ou danos na estrutura do cobre e resíduos de *seed layer*. É realizado um teste de *warpage*, uma limpeza da superfície da *wafer* através de plasma e realizado de novo o teste de *warpage*. Após todos estes processos é feito um teste elétrico para controlo do processo de *sputter*. Depois de feitas todas as camadas de redistribuição é feita uma última num processo chamado *cleantop* que consiste na limpeza e ativação das *wafers* para prevenir futuras delaminações da última camada de *resist* e garantir melhor aderência das bolas de solda nos processos posteriores. Esta camada é curada no processo de CureTop e é feita uma inspeção final a fim de encontrar qualquer defeito nas estruturas presentes na *wafer*. Antes de passar para a próxima área LBS será feita uma última troca de *foup* para uma *foup* branca.

Na área LBS é feito um primeiro processo de PreReflow que pretende reforçar a cura do *photoresist*, seguido do processo de *SBA* (Solder Ball Attach) que consiste em criar ligações entre bolas de solda e os *pads* das *wafers*. Depois de soldadas as bolas as *wafers* são lavadas para retirar o qualquer substância em excesso do processo anterior e marcadas a laser segundo um *layout*. O processo de *singualtion* tem como finalidade a singularização das várias unidades em cada *wafer*, inspecionar essas unidades e colocá-las em *trays*.

Antes de passar à última fase são realizados dois últimos testes responsáveis por verificar a qualidade entre a ligação das bolas de soldas e os seus *pads* (*Ball Shear Test* – BST) e outro que caracteriza a superfície resultante da fratura causada pela remoção forçada de bolas de solda (*Fast Ball Shear Test* – FBST). Na última fase são feitas marcações a laser dos lotes e inspecionadas as marcações de todas as unidades.

Todos os lotes são direcionados para uma *gate* onde serão inspecionados para deteção de defeitos visuais ou mecânicos e seguem para a última zona de *packing* onde são criados *packs*, estes são contados e identificados. Por fim as identificações serão validadas e o produto está assim

confirmado como disponível para envio.

Capítulo 4

Estado atual

Neste capítulo será descrito o atual sistema de organização do departamento, tanto a nível de organização de dados e informações como a nível do controlo executado sobre os consumos dos equipamentos utilizados.

A época em que a Qimonda se dissolveu e surgiu a Nanium foram tempos de grandes dificuldades, a produção era baixa e os custos continuavam a ser praticamente os mesmos o que levou a mudanças de modo a tornar os processos mais eficiente e economizar em todas as frentes possíveis.

Desde então estão a ser tomadas medidas para reduzir custos, algumas das quais consistem em centralizar a produção numa área o mais compacta possível de modo a desativar algumas salas limpas, salas estas que apresentam custos energéticos elevadíssimos para manter em funcionamento, instalar contadores em edifícios e equipamentos de maiores consumos, fabricar localmente alguns dos gases e misturas de gases ultra puros que são utilizados, avaliar o impacto da utilização de gases menos puros em processos menos críticos, avaliar a possibilidade de desligar alguns equipamentos em períodos longos de não utilização e deteção de fugas nas tubagens e equipamentos através de pistolas de ultrassons. Estas foram algumas das medidas adotadas na tentativa de manter o processo eficiente o suficiente para concorrer com outros mercados, principalmente o asiático.

Apesar da situação ter vindo a melhorar com o passar do tempo continua a ser necessário tornar o processo ainda mais eficiente, sendo que grande parte dos fabricantes de equipamentos associados à indústria dos semicondutores não tem como preocupação os custos associados aos consumos dos seus equipamentos, o que faz com que grande parte dos equipamentos existentes consumam praticamente o mesmo quando estão em produção e em espera. Estes consumos originam grandes custos, no entanto desligar os equipamentos não é opção pois estes exigem procedimentos complexos e morosos e os seus tempos de reinicialização são muito longos.

Como consequência de tudo o que foi referido passou a existir também a necessidade de olhar para os consumos de utilities e agir diariamente como auditor interno, inicializando assim a monitorização em tempo real dos edifícios e principais consumidores a partir do princípio de que para controlar os consumos é necessário medir os mesmos.

4.1 Organização de dados e automatização das tarefas

Numa época em que o mercado se torna cada vez mais competitivo e todos os esforços devem estar direcionados em gerar o máximo de valor possível é essencial que todo o tipo de informação seja facilmente acessível e esteja organizada de modo a obter rapidamente os dados pretendidos. Algo que não existia do departamento de FM (*Facilities Management*) era uma base de dados que responsável pela centralização de todo o tipo de dados, sendo por vezes utilizado o Excel, impressão em papel ou até mesmo o livro de instruções para consultar informações. Como previsível este método de funcionamento para armazenamento de dados de grande importância dos diversos equipamentos e até mesmo da estrutura da distribuição das diversas *utilities* pode causar atrasos desnecessários, como por exemplo pode ser necessário obter com urgência certas informações sobre equipamentos e a pessoa responsável por essas informações pode não estar presente. Esta situação poderá ser resolvida através da criação de uma plataforma que permite a qualquer utilizador obter facilmente as informações que necessita sem necessitar de ajuda de terceiros.

Para explicar um pouco a necessidade de um sistema destes é necessário fazer uma introdução ao tipo de organização utilizado. Atualmente nos diversos edifícios existem linhas de abastecimento que transportam diversas *utilities* desde o local onde estão armazenadas até ao local onde estão situadas as válvulas do equipamento que as utiliza. O sistema de organização está dividido em dois eixos X e Y permitindo situar qualquer ponto nas instalações e estas linhas de abastecimento percorrem as áreas de produção ao longo do eixo Y. Qualquer sistema de distribuição terá perdas de cargas, no entanto um dos problemas originados por este método de distribuição é a necessidade de um sistema de controlo bastante rigoroso das diversas linhas de modo a nunca ser atingida a capacidade máxima, dado que caso a perda de carga seja elevada para valores incomportáveis irão surgir problemas em todos os equipamentos abastecidos por essa linha. Através de uma aplicação que permita consultar todos os equipamentos e ver onde estão localizadas as válvulas destes permite que a realização de tarefas como a reorganização de máquinas na linha de produção seja realizada sem que seja necessário recolher todas as informações e calcular qual o caudal atual na linha. Na lista seguinte será apresentada uma lista das diversas *utilities* que são utilizadas.

- 3 tipos de água de arrefecimento de processos
- 4 tipos de água para utilização com temperatura predeterminada
- 3 tipos de água de desionizada a diferentes temperaturas
- Ar comprimido
- 6 tipos de dreno
- Energia elétrica
- 5 tipos de exaustão
- 10 gases dos quais constam hidrogénio, hélio, árgon, oxigénio ultra puro, dióxido de carbono, nitrogénio de alta pureza, nitrogénio de baixa pureza, H2N2, CF4 e CHF3

- 9 químicos dos quais constam Ti-Etch, TMAH, PGMEA, Cu-Etch, Cu-Preclean, Stripper, Água oxigenada, Ácido acético e CYC60
- Vácuo

Finalizando a contagem em 47 tipos de *utilities* que necessitam de ser distribuídas.

Como é possível concluir existe um número bastante elevado de diferentes *utilities* que necessitam de abastecer diversas máquinas e que são essenciais para um fluxo contínuo de produção, o que tendo em conta todos os requisitos de segurança das diversas *utilities* torna o processo de desenho do novos *layouts* bastante demorado.

Outro ponto facilmente identificável é a falta de automatização que existe nos processos executados diariamente pelas diversas áreas do departamento. Atualmente todo o tipo de relatórios são criados manualmente o que origina diferentes formatações e além desse ponto não existe um repositório onde seja possível procurar relatórios específicos em função de datas ou ocorrências para consulta. Sendo que existe uma produção de 24 horas por dia é essencial que não existam paragens ou até mesmo problemas que originem perda de qualidade do produto final e para que seja possível fornecer um serviço contínuo sem falhas todos os dias são realizados relatórios responsáveis por informar o departamento de todas as ocorrências relevantes e dar a conhecer qualquer impacto que possa ter existido sejam estes simples ou complexos.

Os relatórios previamente utilizados não seguem nenhum modelo específico e não permitem ao utilizador obter rapidamente as informações mais relevantes, o que pode levar a perdas de informações importantes.

Para alem dos relatórios são também realizadas várias contagens e registados vários valores para controlo de consumos e qualidades, no entanto todos os dados são posteriormente guardados em ficheiros diferentes e não permitem ao utilizador um rápido acesso a todos os valores relevantes.

4.2 Controlo de consumos

Em termos de controlo de consumos e gastos por parte da linha de produção é atualmente utilizado um sistema WinCC 7.2 da Siemens que está presente na área *Building Monitoring System* (BMS) da ATEP e que permite ao utilizador controlar parâmetros de equipamentos e consultar os valores medidos pelos sensores das linhas. Sendo que uma grande parte das máquinas utilizadas para realizar o processo de *eWLB* utilizam *utilities* como o nitrogénio de alta pureza (99,999%) para realizar as suas funções é necessário fazer uma monitorização constante de modo a detetar consumos fora do normal devido ao elevado preço destes materiais. A monitorização neste momento já existe, no entanto o controlo atualmente executado necessita de ser ampliado de modo a aumentar ainda mais a redução de gastos desnecessários e desta maneira que surge outro ponto a abordar abordado que poderá contribuir para o aumento da eficiência. De momento existem dados de diversos sensores distribuídos pela fábrica, localizados nas zonas de maior importância e consumo e responsáveis pela monitorização de 35% das *utilities* utilizadas. O sistema WinCC

do BMS também tem a capacidade de armazenar dados e através destes apresentar ao utilizador gráficos e outras estatísticas para análise posterior.

Sendo que apenas 35% dos consumos estão ligados ao BMS sobram 65% dos consumos para monitorizar, no entanto o processo de ligação ao sistema de monitorização apresenta custos e será necessário fazer uma avaliação para determinar quais equipamentos deverão ter prioridade nas novas ligações. Esta avaliação resulta de uma comparação dos consumos teóricos com os valores registados na prática que por vezes não coincidem e podem causar gastos que de outra maneira não seriam detetados. Os equipamentos que apresentam maior consumo naturalmente deverão ser considerados prioritários visto que pequenos desvios destes equipamentos equivalem a maiores gastos quando comparados com desvios de equipamentos que apresentam poucos consumos. Os registadores de dados utilizados são os DS 500 mobil da CS Instruments, aparelhos capazes de recolher informações de até 12 sensores e fornecer alimentação a todos eles. Permite também que os resultados sejam recolhidos através de uma *flash divre USB* para análise.

A análise dos dados exportados da área do BMS é feita no final de todos os meses de modo a fazer um balanço dos consumos das diversas máquinas e obter assim informações sobre possíveis desvios da média significando consumos excessivos. A mesma análise pode ser utilizada para detetar falhas em determinados processos e evitar assim perdas contínuas ao longo do tempo, no entanto o facto destas análises só serem realizadas no final de cada mês pode originar gastos desnecessários ao longo de vários dias caso a falha surja pouco tempo depois da última análise, criando assim um problema que pode causar gastos desnecessários para a empresa e problemas no produto a ser desenvolvido na linha de produção.

Capítulo 5

Trabalho realizado

Sendo que no departamento já existia uma pequena base de dados com uma interface para criação de pedidos da parte da oficina foi decidido que esta nova base de dados a desenvolver seria feita na mesma plataforma Microsoft Access de modo a que seja possível integrar as duas em uma só.

5.1 Microsoft Access

O Microsoft Office Access é um sistema de gestão de bases de dados que permite ao utilizador desenvolver também uma interface gráfica para interagir com os dados através da integração com o Microsoft Jet Database Engine [14].

Geralmente uma aplicação desenvolvida na plataforma Microsoft Access é composta por duas partes:

- Uma parte de *backend* onde estão guardados todos os dados, tabelas e relações utilizadas.
- Uma parte de *frontend* onde estão armazenados todos os formulários, consultas, macros e diversos módulos de código fonte que permitem a utilização da parte de *backend*.

A integração da linguagem de programação Visual Basic for Applications (VBA) permite ao utilizador manipular as tabelas de *backend*. Outra vantagem do Access é a sua compatibilidade com ficheiros de formato XML e com a linguagem de programação SQL para consultas de tabelas [14].

5.2 Base de dados e sua gestão

A aplicação que foi desenvolvida tem como objetivo auxiliar na organização e gestão dos dados do departamento, dessa forma todas as funcionalidades e interfaces existentes foram criadas em função das necessidades existentes e adaptadas depois em função de experiência do utilizador. Apesar de todas as funcionalidades criadas estarem funcionais e em utilização certamente irão surgir novas necessidades que darão origem a novas funcionalidades.

Atualmente existem quatro módulos dentro da base de dados que permitem aos utilizadores efetuarem as suas tarefas, sendo que para exemplificar as principais ações que podem ser executadas pelos utilizadores pode ser utilizado um diagrama de casos de usos como o utilizado na Figura 5.1.

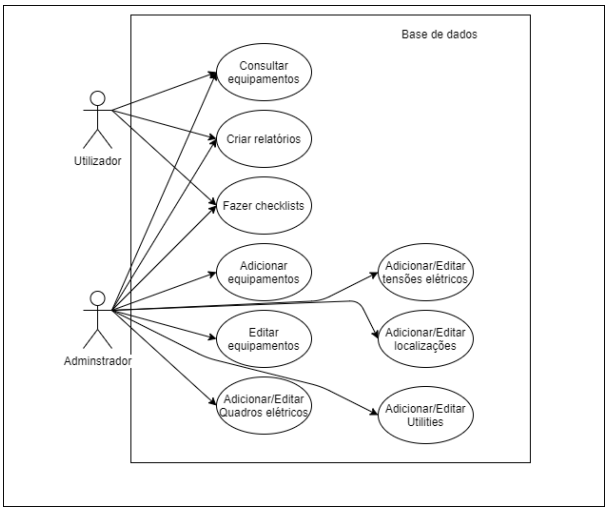


Figura 5.1: Diagrama de casos de uso

Os quadros módulos existentes passam a ser os seguintes:

- Oficina
- Gestão de equipamentos e *utilities*
- *Checklists*
- Relatórios

Sendo que o módulo de oficina não foi alterado pois já se encontrava em funcionamento.

Todo o desenvolvimento da interligação entre as diversas tabelas e as interfaces foi realizado recorrendo à linguagem de programação Visual Basic e Macros criadas através das diversas funcionalidades do Microsoft Access.

Quando é inicializada a base de dados é também inicializada a interface de entrada que está representada na Figura 5.2



Figura 5.2: Página inicial da base de dados

Esta página serve apenas de entrada e não executa nada em segundo plano, sendo os dois únicos objetos o botão de entrada e a data no canto superior direito sendo que esta é atualizada em função da hora do sistema operativo do computador onde está a ser executada.

Depois de pressionar o botão de entrada são apresentadas as quatro opções de módulos para escolha, sendo que nesta etapa será escolhido pelo utilizador qual o caminho a seguir para realizar a tarefa que tem em mente. A interface de seleção de módulo tem o seguinte aspeto.



Figura 5.3: Página de escolha de módulos da base de dados

No canto superior aparece o utilizador atualmente ligado no dispositivo a ser utilizado mas

como tipicamente a base de dados será utilizada por funcionários que não requerem autenticação ficou acordado que apenas seria necessário fazer autenticação quando se pretender realizar ações que necessitam de autenticação. Deste modo a utilização torna-se mais rápida e fácil para introdução de simples informações.

É possível observar que atualmente aparece "Bem vindo, Geral"pois o utilizador de nome "Geral"é utilizado por predefinição.

Daqui em diante serão explicados cada um dos módulos individualmente para melhor organização.

5.2.1 Módulo de gestão de equipamentos e *utilities*

Até ao momento este módulo é o que apresenta um maior número de ações a realizar, interfaces e quantidade de tabelas utilizadas. Neste módulo será possível adicionar, editar e eliminar todo o tipo de informações sobre equipamentos, *utilities* e localizações tendo sempre em atenção que todas as informações estão interligadas entre si e qualquer alteração pode gerar alterações noutra tabela que contenha dados dependentes.

Este módulo deverá ter a capacidade de para além de armazenar todas as informações apresentar as mesmas de uma forma que permita ao utilizador rapidamente obter informações.

Um dos pontos inicialmente discutido foi a utilização das identificações únicas dos diversos equipamentos de modo a que seja possível relacionar as tabelas com outras bases de dados de outros departamentos, funcionalidade que não existia até ao momento. Para mais tarde conseguir explicar melhor as ações e interfaces desenvolvidas para este módulo é representado na Figura 5.4 o diagrama de classes que está por de trás do funcionamento deste módulo.

Como é possível ver pela figura o principal objetivo deste módulo será fazer uma relação entre os diversos equipamentos e suas localizações e as diversas *utilities*, resultado assim numa tabela que irá conjugar todas as informações e que apresentará todas as informações a quem consultar.

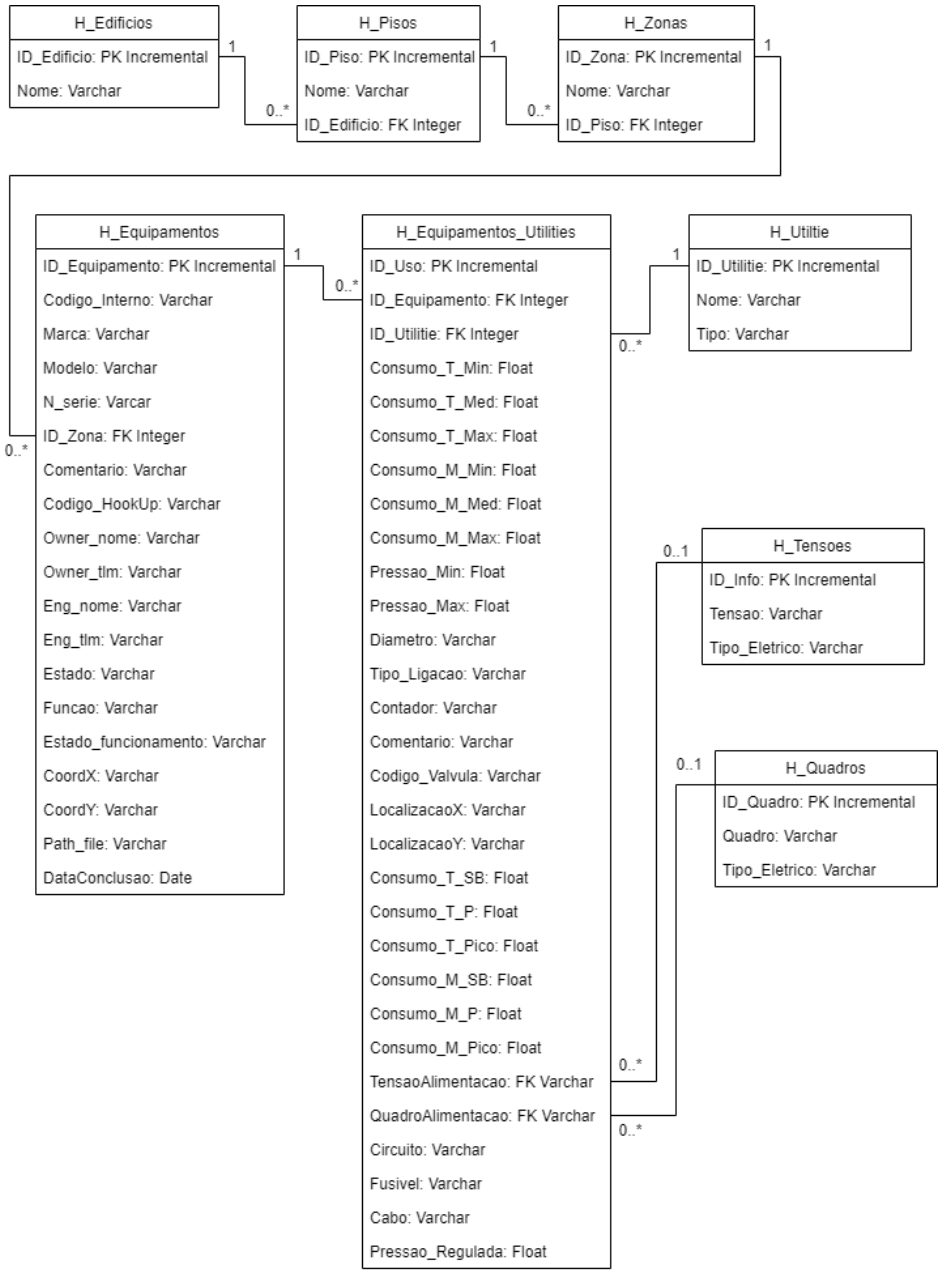


Figura 5.4: Diagrama de classes do módulo de gestão de equipamentos e *utilities*

Sendo que este módulo trabalha com informações mais sensíveis e que não deverão ser alteradas sem autorização, a primeira vista da interface será a da Figura 5.5

Nesta interface surge a opção de autenticação, no entanto sem autenticar o utilizador terá apenas a opção de consultar os equipamentos já registados, nunca tendo a opção de realizar qualquer alteração nos dados das tabelas, no entanto a partir do momento em que o utilizador faz a autenticação ganha privilégios de administrador e tem acesso às interfaces de edição de equipamentos, *utilities* e localizações. Depois da autenticação e escolhida a opção de editar dados na base de dados a interface deverá ter o aspeto da Figura 5.6 .

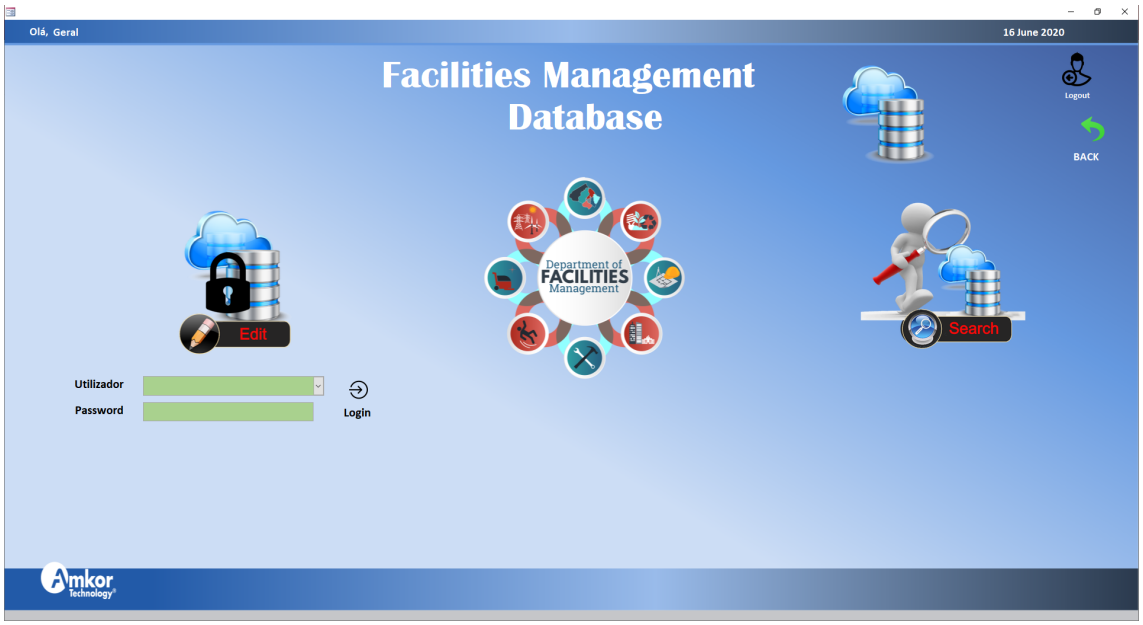


Figura 5.5: Interface de gestão de equipamentos e *utilities* sem autenticação

Para executar a ação de autenticação é feita uma busca na tabela de utilizadores que já fazia parte da base de dados da oficina e em função do nome do utilizador é feita uma comparação com a palavra passe guardada. Caso a palavra passe esteja incorreta aparece um aviso a informar que a palavra passe está incorreta e o utilizador continua sem acesso às funcionalidades.



Figura 5.6: Interface de gestão de equipamentos e *utilities* depois da autenticação

Já com as novas opções desbloqueadas é possível escolher qual o caminho a seguir, podendo optar por uma das seguintes opções:

- Adicionar/Editar equipamentos
- Adicionar/Editar *utilities*
- Adicionar/Editar localizações

Para melhor compreensão das diversas componentes dos equipamentos será primeiro exposto o modo de organização das localizações e *utilites*.

A interface de localizações é composta por quatro separadores:

- Registo de localizações
- Adicionar edifícios
- Adicionar pisos
- Adicionar áreas

No primeiro separador é dada a opção de registo múltiplo de uma nova combinação de edifício/piso/área que deverá auxiliar o utilizador no processo de adição, no entanto um processo mais simples de adição também está disponível para utilização.

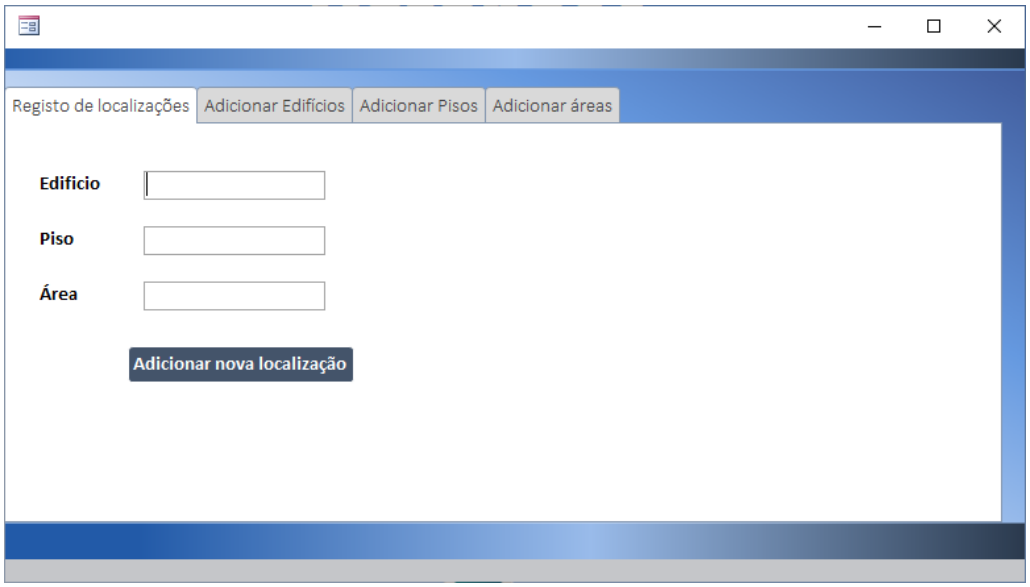


Figura 5.7: Interface de registo de localizações

Os outros três separadores apresentam cada um uma tabela que permite consultar as informações já registadas ou registar novas.

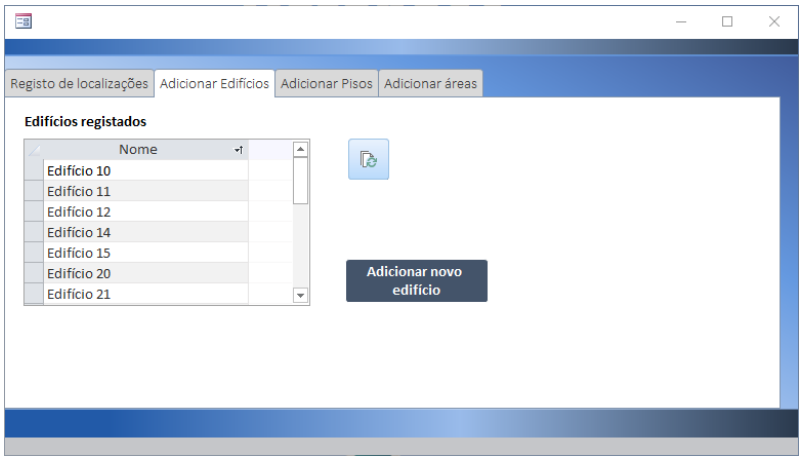


Figura 5.8: Interface de consulta de edifícios

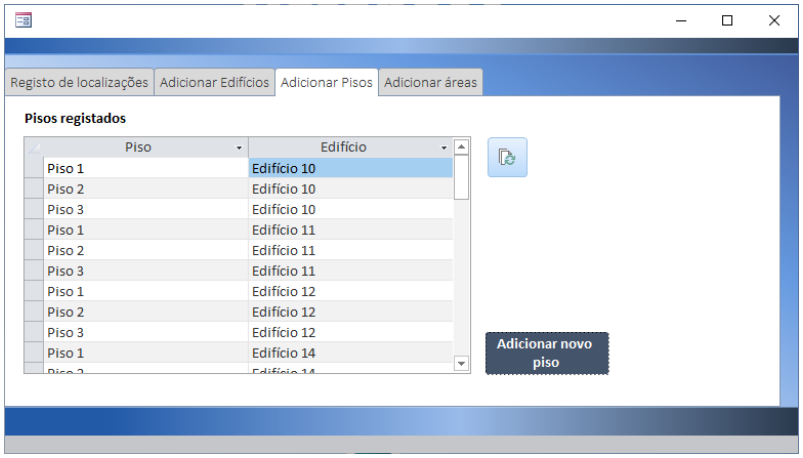


Figura 5.9: Interface de consulta de pisos

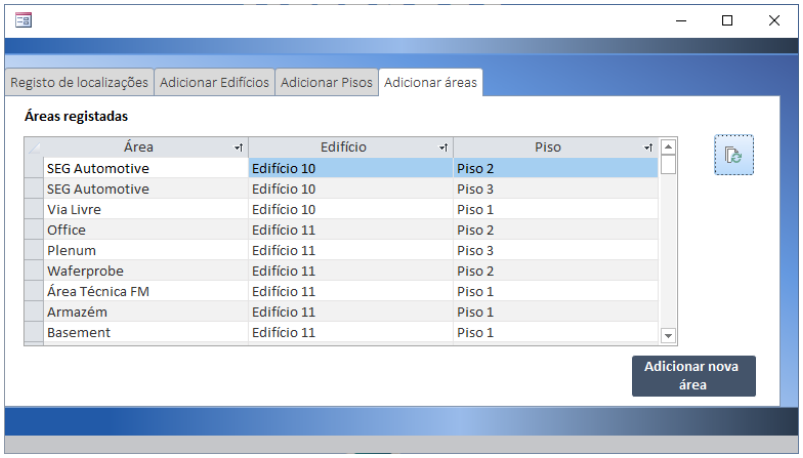


Figura 5.10: Interface de consulta de áreas

Todas as três tabelas foram criadas recorrendo a consultas, sendo os códigos para as criar os seguintes:

```
SELECT H_Edificios.ID_Edificio, H_Edificios.Nome
FROM H_Edificios
```

Excerto de código 5.1: Código da busca dos edifícios

```
SELECT H_Edificios.ID_Edificio, H_Edificios.Nome, H_Pisos.ID_Piso, H_Pisos.Nome
FROM H_Edificios INNER JOIN H_Pisos ON H_Edificios.ID_Edificio H_Pisos.ID_Edificio;
```

Excerto de código 5.2: Código da busca dos pisos

```
SELECT H_Edificios.ID_Edificio, H_Edificios.Nome, H_Pisos.ID_Piso, H_Pisos.Nome
FROM H_Edificios INNER JOIN H_Pisos ON H_Edificios.ID_Edificio = H_Pisos.
    ID_Edificio;
```

Excerto de código 5.3: Código da busca áreas

Quando o utilizador pretende adicionar uma nova localização poderá abrir a interface de registo através do clique no botão que pretende e em função do tipo de localização deverá abrir uma das seguintes interfaces. Para uma utilização mais fácil todas as três interfaces também disponibilizam ao utilizador uma lista de localizações já existentes, sendo que os pisos e áreas já existentes deverão ser atualizados à medida que os campos de edifício e piso são preenchidos de modo a filtrar as localizações existentes pelo edifício e piso da nova localização a adicionar.

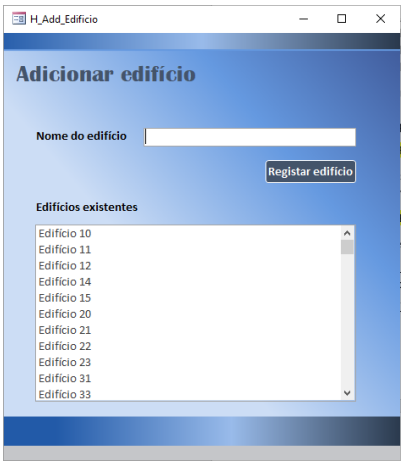


Figura 5.11: Interface de criação de edifícios



Figura 5.12: Interface de criação de pisos

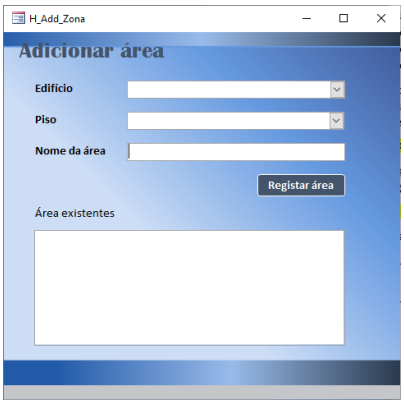


Figura 5.13: Interface de criação de áreas

Caso a intenção do utilizador seja editar ou eliminar qualquer registo é através do duplo clique no registo que se pretender alterar que irá abrir uma interface de edição que apresenta a opção de edição ou eliminação da localização.

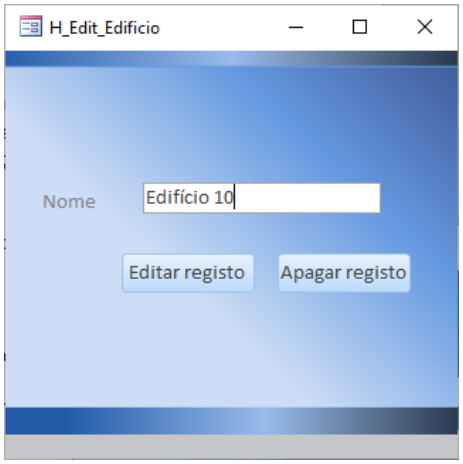


Figura 5.14: Interface de edição de edifícios

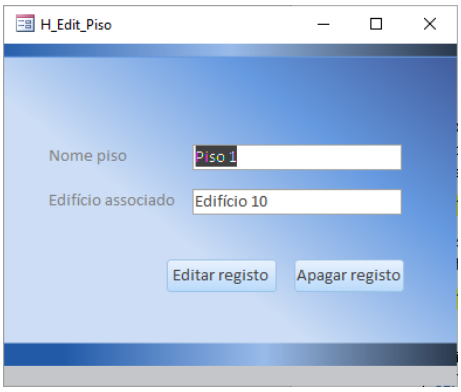


Figura 5.15: Interface de edição de pisos

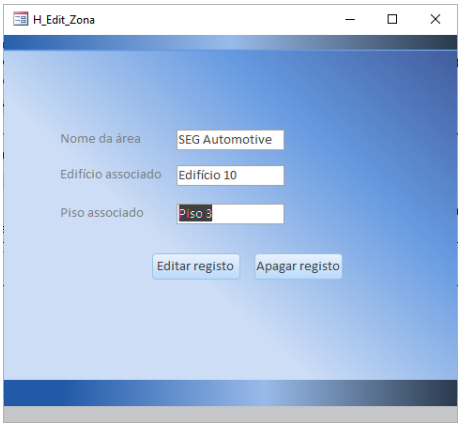


Figura 5.16: Interface de edição de áreas

Todas as ações de edição e eliminação funcionam através da procura do ID da localização em questão que é a chave primária do registo na sua tabela, ID esse guardado num campo invisível na interface e que quando encontrado na tabela específica dará origem às alterações ou eliminação do registo na tabela correspondente.

Passando agora para a interface de edição de *utilities* será primeiro necessário referir que as *utilites* são categorizadas em função do seu tipo e designação/especificação, sendo o tipo de *utilitie* algo mais geral que permita ao utilizador realizar filtros mais facilmente em etapas posteriores.

Na Figura 5.6 é possível observar que existe a opção de editar e adicionar *utilities*, ao selecionar a página de edição de *utilities* irá abrir interface disposta na Figura 5.17

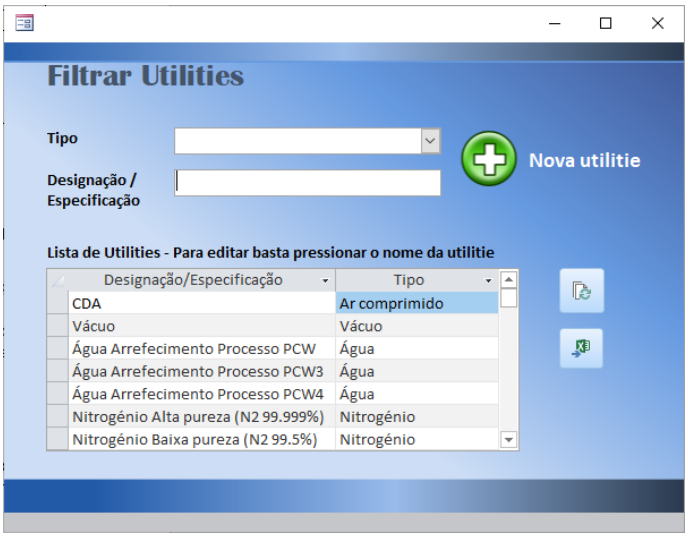


Figura 5.17: Interface de visualização de *utilites* mecânicas

Nesta interface são dispostas três opções ao utilizador: adicionar uma nova *utilitie*, editar/eliminar uma *utilitie* já existente ou exportar para Excel a tabela pretendida.

A partir das duas caixas de texto presentes na parte superior é possível filtrar os registos apresentados na tabela em função do tipo de *utilitie* e da designação/especificação. O campo de preenchimento do tipo permite ao utilizador selecionar entre todos os tipos de *utilities* já registados na base da dados, sendo que qualquer alteração no campos de "Tipo"nos registos irá atualizar os resultados da filtragem. Esta filtragem permitirá ao utilizador obter informações das *utilities* registadas em função do seu tipo mais facilmente e obter informações de quais as *utilities* registadas dentro de uma categoria. Como é possível ver na Figura 5.17 dentro do tipo de utilitie "Água"existem pelo menos três águas de arrefecimento e a filtragem deverá auxiliar na busca pela *utilitie* pretendida.

Na Figura 5.18 é possível ver como é que a página reage em função da utilização dos filtros

A tabela que apresenta as diversas *utilities* é resultado de uma consulta com o código seguinte, que permite filtrar todos os resultados em função dos dois campos de preenchimento já referidos.

```
SELECT H_Utilities.ID_Utilitie, H_Utilities.Nome, H_Utilities.Tipo
FROM H_Utilities
WHERE (((H_Utilities.Nome) Like "*" & [Forms]![H_SearchUtilitie]![SearchUt] & "*")
    AND ((H_Utilities.Tipo) Like "*" & [Forms]![H_SearchUtilitie]![TipoUt] & "*"));
```

Excerto de código 5.4: Código da busca de *utilities*

O botão de exportar para Excel utiliza uma macro predefinida do Access que exporta uma tabela ou consulta para Excel, sendo que neste caso é exportada a consulta acima referida já filtrada em função das necessidades do utilizador para uma folha de Excel.

A opção de criar uma *utilitie* abre uma nova interface semelhante com ambos os campos de preenchimento e tabela de *utilities* existentes, no entanto apresenta um botão de inserir a nova *utilitie* que criará uma *utilitie* em função dos dados colocados nos campos.

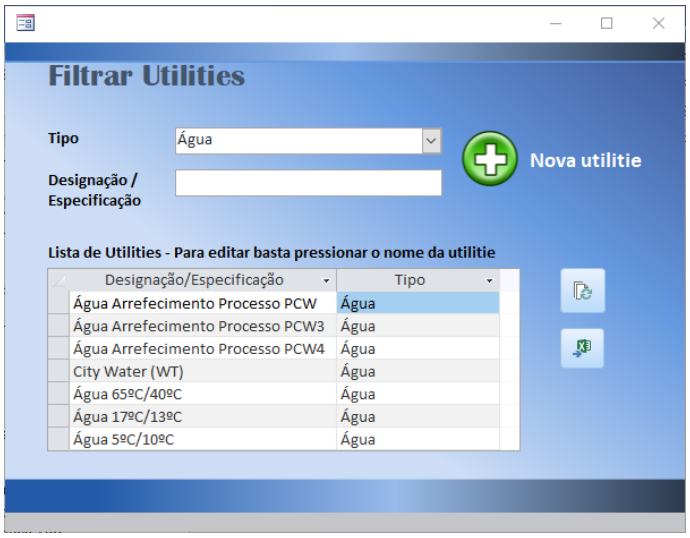


Figura 5.18: Interface de visualização de *utilites* mecânicas com filtragem

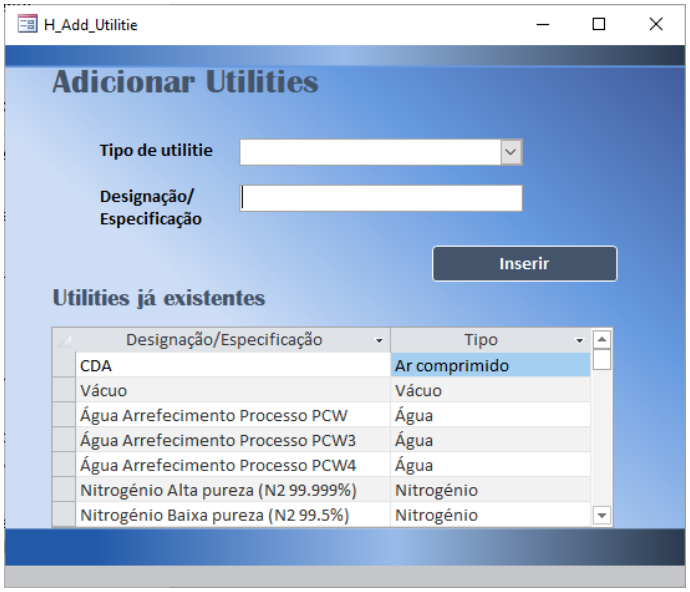


Figura 5.19: Interface de adição de *utilites* mecânicas

Tal como na Figura 5.17 a tabela é atualizada em função do tipo de *utilitie* selecionado de modo a que o utilizador não tente adicionar uma *utilitie* já existente. Caso a designação/especificação da *utilitie* a adicionar já exista em algum registo com esse Tipo o sistema não permitirá a adição desse registo e mostrará um aviso ao utilizador referindo que a *utilitie* que está a tentar adicionar já existe.

Caso a intenção do utilizador seja editar ou eliminar alguma das *utilities* este deverá proceder com o duplo clique na *utilitie* que pretende editar e uma nova janela deverá surgir com o aspeto da Figura 5.20

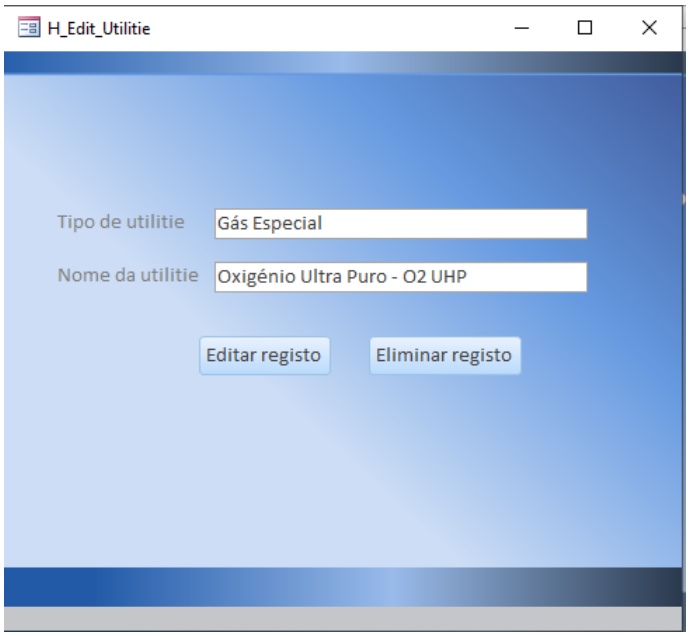


Figura 5.20: Interface de edição de *utilitie* mecânica

A edição ou eliminação funciona através do mesmo processo das edições das localizações. Ao abrir a *utilitie* será atribuído a um campo invisível da página o ID desta *utilitie* na sua tabela que será utilizado depois na busca e editado ou apagado em função da escolha do utilizador.

Em termos de *utilities* existem atualmente dois grandes grupos: *utilities* mecânicas e *utilities* elétricas. Esta divisão foi criada de modo a ser possível filtrar mais facilmente as informações, sendo cada um dos grupos utiliza diferentes tipos de dados. Esta divisão permite também a existência de mais listas de preenchimentos automáticos no grupo de *utilities* elétricas, tendo sido criado também um grupo predefinido de tensões elétricas e quadros elétricos já existentes nas instalações. Na Figura 5.6 é possível observar que existe esta separação e caso a intenção do utilizador seja adicionar ou editar algo sobre estes dados deverá aceder através dos botões de adicionar ou editar *utilities* elétricas.

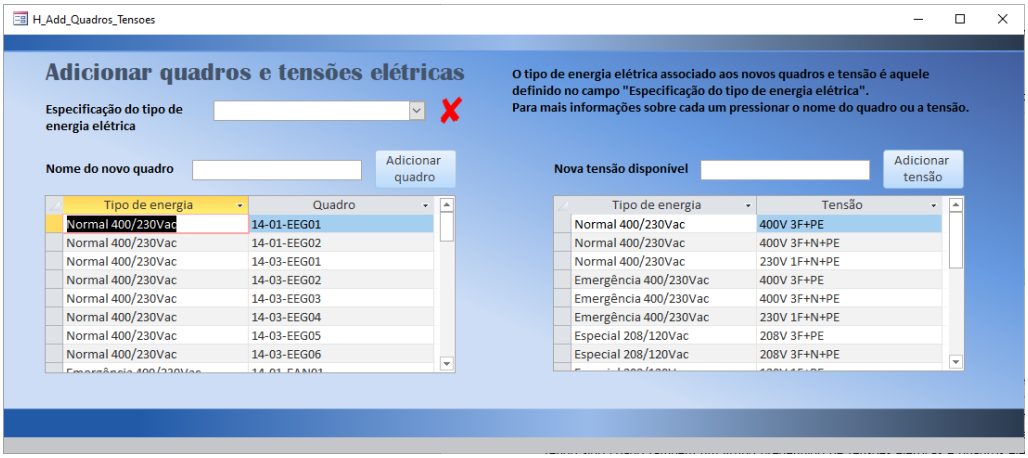


Figura 5.21: Interface de visualização de quadros e tensões elétricas

Nesta interface o utilizador tem acesso aos quadros e tensões existentes, com a opção de filtrar pelo tipo de tensão de alimentação que se pretende. O campo de preenchimento existente na parte de cima da página é utilizado na consulta de todas as especificações de tipos de energia elétrica utilizados e quando selecionada alguma das opções que são disponibilizadas irá filtrar ambas as tabelas de quadros e tensões de acordo com o tipo de energia, facilitando assim a busca do utilizador.

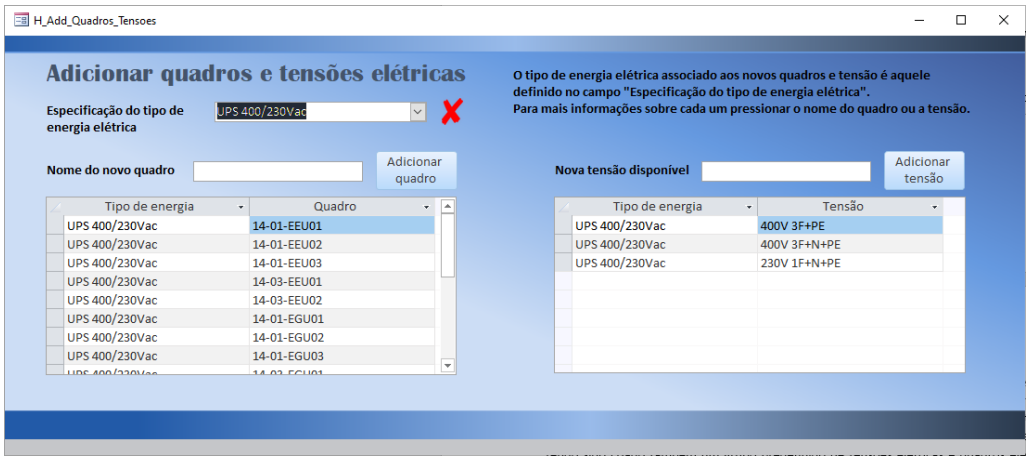


Figura 5.22: Interface de visualização de quadros e tensões elétricas com filtro

Como é possível observar na Figura 5.22 quando o campo de preenchimento é alterado ambas as tabelas são atualizadas contendo agora apenas as informações de acordo com o filtro escolhido pelo utilizador. Os códigos SQL que geram estas tabelas são os seguintes:

```
SELECT H_Quadros.Tipo_Eletrico, H_Quadros.Quadro
FROM H_Quadros
WHERE (((H_Quadros.Tipo_Eletrico) Like "*" & [Forms]![H_Add_Quadros_Tensoes]![Tipo
    ]));
```

Excerto de código 5.5: Código da busca de quadros elétricos

```
SELECT H_Tensoes.Tipo_Eletrico, H_Tensoes.Tensao
FROM H_Tensoes
WHERE (((H_Tensoes.Tipo_Eletrico) Like "*" & [Forms]![H_Add_Quadros_Tensoes]![Tipo
    ]));
```

Excerto de código 5.6: Código da busca de tensões elétricas

Como é possivel observar ambas as buscas são influenciadas pelo valor que estiver selecionado no campo do preenchimento da página, sendo que quando não está nada selecionado serão devolvidos todos os resultados, tal como mostrado na Figura 5.21.

Tal como nas tabelas já referidas anteriormente é possível editar e eliminar qualquer um dos registos através do duplo clique no quadro/tensão pretendido que deverá abrir uma pequena janela com o seguinte aspeto das Figuras 5.23 e 5.24.

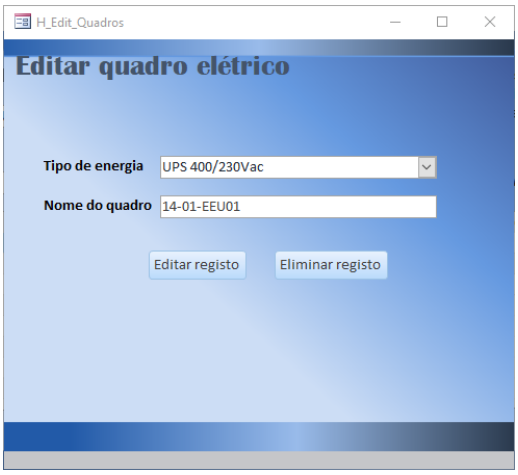


Figura 5.23: Interface de edição de quadros elétricos

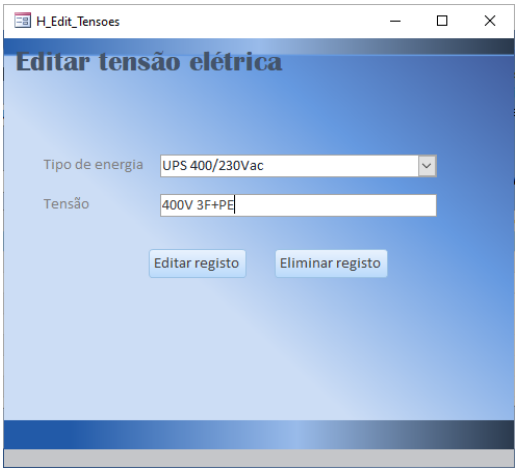


Figura 5.24: Interface de edição de tensões elétricas

Estas páginas de edição funcionam a partir do mesmo princípio das outras páginas de edição através do campo de ID invisível e permitem ao utilizador editar ou eliminar qualquer registo.

Dentro de ambas as janelas é permitido ao utilizador alterar o tipo de energia a que o quadro ou tensão está associado tal como o nome do mesmo. Todas as alterações realizadas deverão afetar as tabelas já existentes incluindo uma atualização instantânea das listas de quadros e tensões.

Entrado agora na parte mais importante deste módulo que é o registo de equipamentos e das *utilities* que estes utilizam existem a opção de adicionar equipamentos ou editar equipamentos já existentes, e será agora explicada a interface de criação de novos equipamentos em conjunto com todas as suas funcionalidades e opções.

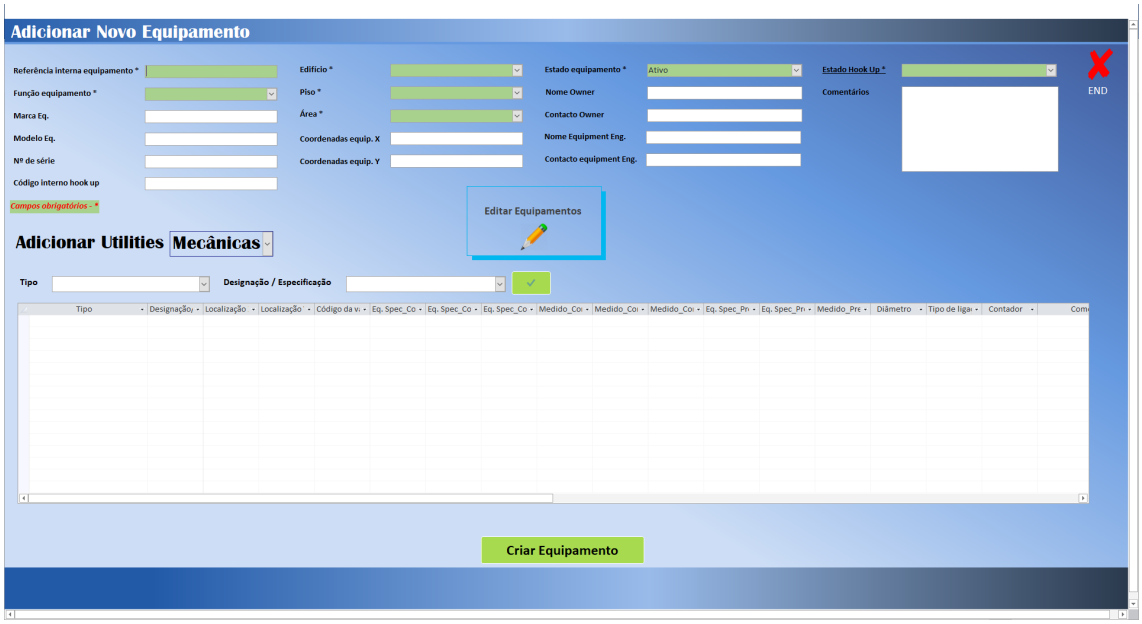


Figura 5.25: Interface de adição de novos equipamentos

Todos os equipamentos existentes, sejam eles de suporte ao departamento FM ou de produção são identificados através de uma referência interna única que funciona como principal método de identificação. Esta informação deverá ser a primeira a ser preenchida pois é responsável pela criação do ID temporário que será utilizado na ligação do equipamento com a tabela das *utilities*. Desta forma é possível adicionar dados sobre *utilities* ao equipamento antes deste ser completamente criado na tabela de equipamentos, pois um dos requisitos desta interface é a possibilidade da adição de *utilities* na mesma página em que o equipamento é criado. Este processo de registo de equipamentos poderia levar a problemas de duplicações de referências internas caso a base de dados fosse forçada a fechar antes de todo o equipamento estar registado, deixando assim uma referência utilizada num equipamento incompleto que poderá não ser alterado mais tarde devido à falta de preenchimento do resto dos dados obrigatórios. Para contornar este problema foi criada uma rotina de verificação da integridade de todos os equipamentos que é executado em conjunto com o comando de abertura da interface de adição de novos equipamentos. Esta rotina é responsável por percorrer todos os equipamentos criados e eliminar todos aqueles que não estejam de acordo com uma lista de parâmetros previamente definidos, preservando desta maneira a integridade da tabela em termos de disponibilidade de referências. Também é feita uma verificação da referência quando esta é escolhida pelo utilizador de modo a que não seja possível criar dois equipamentos com a mesma referência.

Caso o utilizador tente adicionar um equipamento com uma referência já existente deverá surgir um aviso e o botão de adicionar equipamento ficará invisível tal como mostra a Figura 5.26 até que seja inserida uma referência válida.

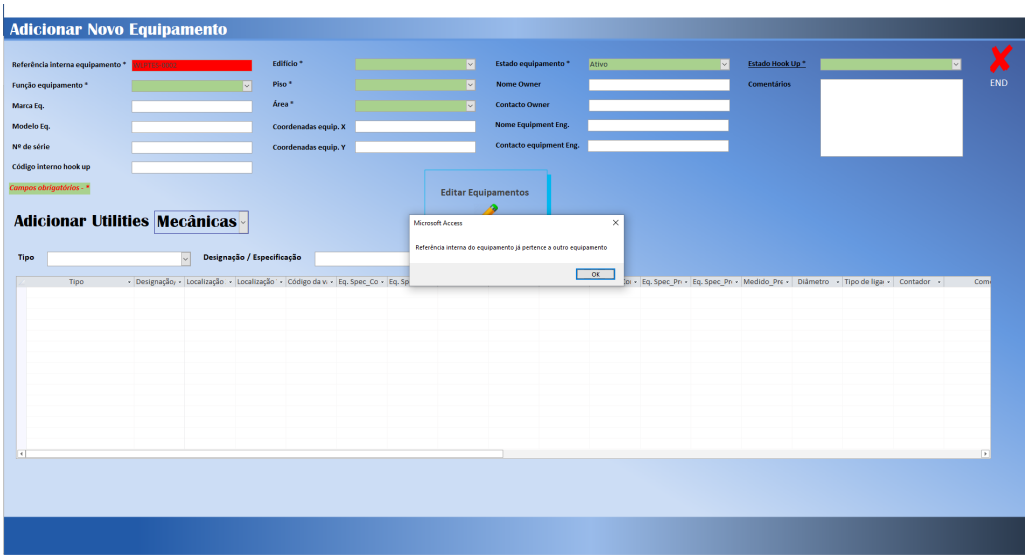


Figura 5.26: Interface de adição de novos equipamentos com referência duplicada

Alguns campos como os de localização (edifício/piso/área) são resultados de consultas das tabelas destes mesmos e funcionam os três em conjunto de modo a que seja possível alocar equipamentos a qualquer uma das áreas das instalações.

A segunda parte deste processo de criação de equipamentos é a adição de *utilities* ao equipamento. Foi criada uma divisão entre ambos os tipos de *utilities* mecânicas e elétricas porque tal como referido anteriormente estas possuem diferentes campos de preenchimento. Depois de selecionado o tipo de *utilitie* e a sua designação/especificação irá aparecer na tabela uma linha para preencher com os dados pretendidos. De notar que um equipamento pode ter mais do que uma ligação a uma *utilitie*.

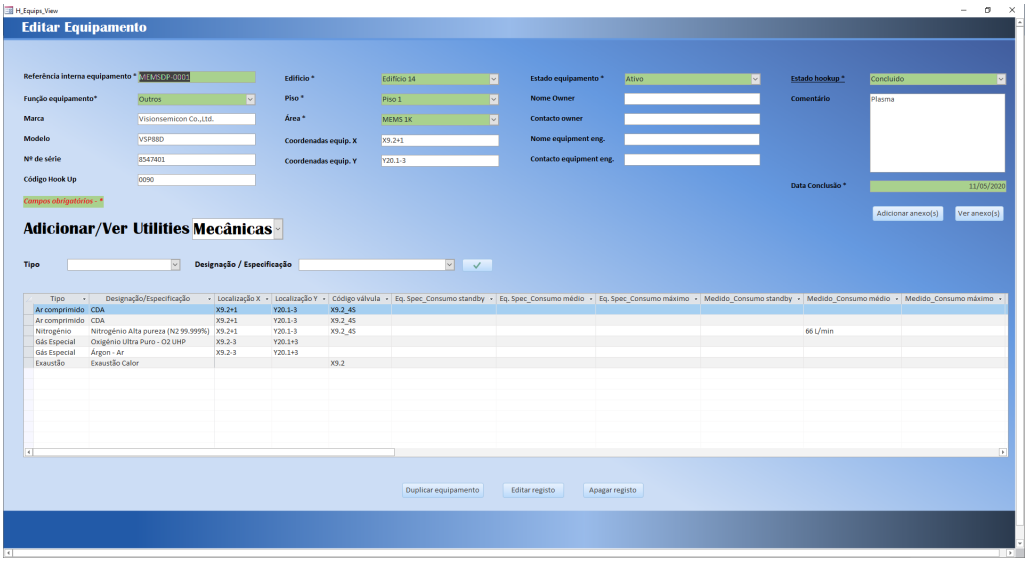


Figura 5.27: Interface de adição de novos equipamentos com equipamento preenchido

Depois de preenchidos todos os dados podem ser adicionados anexos que ficarão interligados à função do equipamento, sendo para grande parte dos equipamentos que executam uma determinada função apresentam anexos semelhantes.

Quando o pretendido é editar equipamentos já registados será necessário aceder à página do equipamento selecionando este a partir da lista de equipamentos registados. A lista de equipamentos registados poderia apresentar apenas uma vez cada equipamento, mas para facilitar uma rápida visualização das *utilities* que cada um utiliza ficou acordado que deveria apresentar uma linha por cada *utilitie* de cada equipamento, resultando assim na página da Figura 5.28.

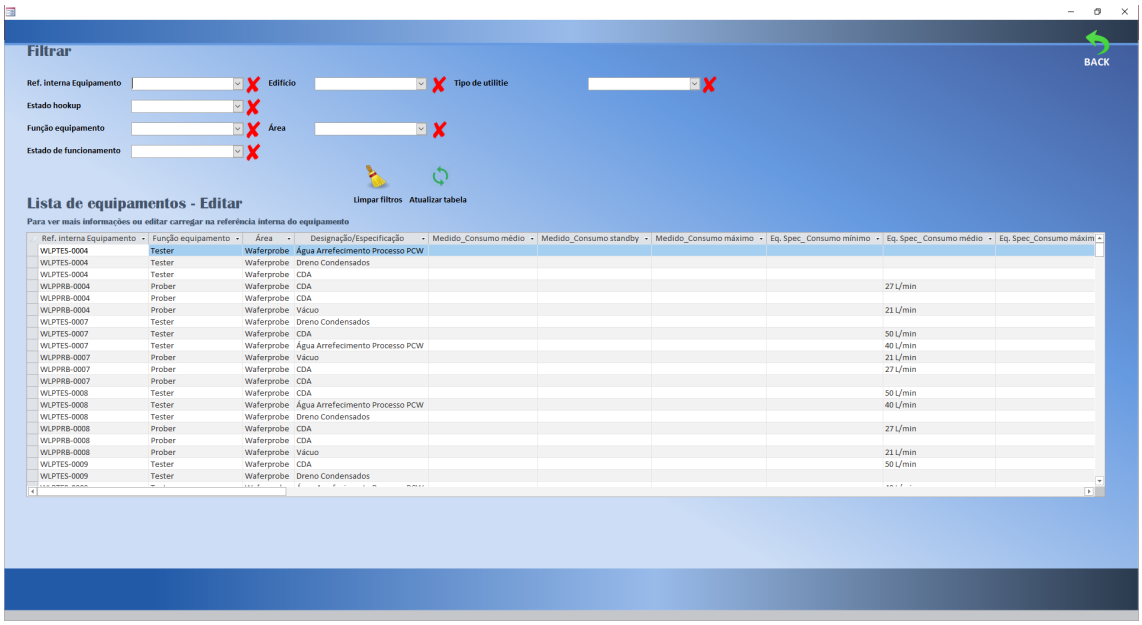


Figura 5.28: Interface de busca de equipamentos para edição

Esta lista foi criada de modo a consultar rapidamente quais as *utilities* que cada um dos equipamentos utiliza e quais os dados correspondentes a cada uma das utilizações, sendo que é possível filtrar os equipamentos que aparecem na tabela a partir dos filtros no topo da página. O preenchimento de certos filtros permite o preenchimento de mais filtros que originalmente não estão visíveis, sendo que qualquer filtro que não esteja preenchido não é considerado na busca.

Para gerar esta tabela foi necessário fazer duas consultas em separado de modo a conseguir fazer uma junção das duas, pois o Microsoft Access não permite a execução de código SQL com *full outer join*. A primeira consulta é responsável por reunir as informações dos equipamentos e das localizações existentes de modo a obter todas estas informações numa só tabela.

```
SELECT H_Edificios.*, H_Pisos.*, H_Zonas.*, H_Equipamentos.*
FROM ((H_Edificios INNER JOIN H_Pisos ON H_Edificios.ID_Edificio = H_Pisos.
    ID_Edificio) INNER JOIN H_Zonas ON H_Pisos.ID_Piso = H_Zonas.ID_Piso) INNER
    JOIN H_Equipamentos ON H_Zonas.ID_Zona = H_Equipamentos.ID_Zona;
```

Excerto de código 5.7: Código da junção das tabelas de equipamentos e localizações

Outra consulta é feita de modo a reunir as informações dos equipamentos e das suas conexões às diversas *utilities* em conjunto com todas as suas informações numa só tabela.

```
SELECT H_Equipamento_Utilities.*, H_Utilities.*
FROM H_Utilities INNER JOIN H_Equipamento_Utilities ON H_Utilities.ID_Utilitie =
    H_Equipamento_Utilities.ID_Utilitie;
```

Excerto de código 5.8: Código da junção das tabelas de equipamentos e *utilities* que estes utilizam

Depois de feitas as duas consultas é agora feita outra consulta que irá gerar a tabela final e que é a junção entre as duas consultas realizadas anteriormente. De notar que para integrar todos os filtros o código SQL fica extenso mas em termos de complexidade não é mais complexo que uma simples pesquisa apenas com um filtro.

```
SELECT H_LocaisEquips.ID_Equipamento, H_LocaisEquips.Codigo_Interno, H_LocaisEquips
    .H_Edificios.Nome, H_LocaisEquips.H_Pisos.Nome, H_LocaisEquips.H_Zonas.Nome,
    H_LocaisEquips.Estado, H_LocaisEquips.Funcao, H_LocaisEquips.
    Estado_funcionamento, H_Equips_Utl_Full.Codigo_Valvula, H_Equips_Utl_Full.
    LocalizacaoX, H_Equips_Utl_Full.LocalizacaoY, H_Equips_Utl_Full.Tipo,
    H_Equips_Utl_Full.Nome, H_LocaisEquips.H_Edificios.ID_Edificio, H_LocaisEquips.
    H_Pisos.ID_Piso, H_LocaisEquips.H_Zonas.ID_Zona, H_LocaisEquips.Codigo_HookUp,
    H_Equips_Utl_Full.Consumo_T_Min, H_Equips_Utl_Full.Consumo_T_Med,
    H_Equips_Utl_Full.Consumo_T_Max, H_Equips_Utl_Full.Consumo_M_Min,
    H_Equips_Utl_Full.Consumo_M_Med, H_Equips_Utl_Full.Consumo_M_Max,
    H_Equips_Utl_Full.Tensao_Alimentacao, H_Equips_Utl_Full.Quadro_Alimentacao,
    H_Equips_Utl_Full.Pressao_Regulada, H_Equips_Utl_Full.Pressao_Min,
    H_Equips_Utl_Full.Pressao_Max, H_Equips_Utl_Full.Contador, H_Equips_Utl_Full.
    Consumo_T_SB, H_Equips_Utl_Full.Consumo_T_P, H_Equips_Utl_Full.Consumo_T_Pico,
    H_Equips_Utl_Full.Consumo_M_SB, H_Equips_Utl_Full.Consumo_M_P,
    H_Equips_Utl_Full.Consumo_M_Pico, H_LocaisEquips.Owner_nome, H_LocaisEquips.
    Owner_email, H_LocaisEquips.Owner_tlm, H_LocaisEquips.Eng_nome, H_LocaisEquips.
    Eng_email, H_LocaisEquips.Eng_tlm, H_LocaisEquips.Marca, H_LocaisEquips.Modelo,
     H_LocaisEquips.N_Serie
FROM H_LocaisEquips LEFT JOIN H_Equips_Utl_Full ON H_LocaisEquips.ID_Equipamento =
    H_Equips_Utl_Full.ID_Equipamento
WHERE (((H_LocaisEquips.ID_Equipamento) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!Codigo) And
     ((H_LocaisEquips.H_Edificios.Nome) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!Edificio)
    And ((H_LocaisEquips.H_Pisos.Nome) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!Piso) And ((
    H_LocaisEquips.H_Zonas.Nome) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!Zona) And ((
    H_LocaisEquips.Estado) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!EstadoHookUp) And ((
    H_LocaisEquips.Funcao) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!funcao) And ((
    H_LocaisEquips.Estado_funcionamento) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!
    EstadoFuncionamento) And ((H_Equips_Utl_Full.Codigo_Valvula) Like "*" & Forms!
    H_Search_Equip!CodVal Or Forms!H_Search_Equip!CodVal Is Null) And ((
    H_Equips_Utl_Full.LocalizacaoX) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!LocX Or Forms!
    H_Search_Equip!LocX Is Null) And ((H_Equips_Utl_Full.LocalizacaoY) Like "*" &
    Forms!H_Search_Equip!LocY Or Forms!H_Search_Equip!LocY Is Null) And ((
    H_Equips_Utl_Full.Tipo) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!TipoUtilitie Or Forms!
    H_Search_Equip!TipoUtilitie Is Null) And ((H_Equips_Utl_Full.Nome) Like "*" &
    Forms!H_Search_Equip!NomeUtilitie Or Forms!H_Search_Equip!NomeUtilitie Is Null)
```

```
 And ((H_Equips_Utl_Full.Tensao_Alimentacao) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!
Tensao_Alim Or Forms!H_Search_Equip!Tensao_Alim Is Null) And ((
H_Equips_Utl_Full.Quadro_Alimentacao) Like "*" & Forms!H_Search_Equip!
Quadro_Alim Or Forms!H_Search_Equip!Quadro_Alim Is Null));
```

Excerto de código 5.9: Código da tabela de informações completa de equipamentos

Na Figura 5.29 é apresentado um exemplo da página mas com certos filtros em funcionamento e como é possível observar existem novos filtros disponíveis para preenchimento.

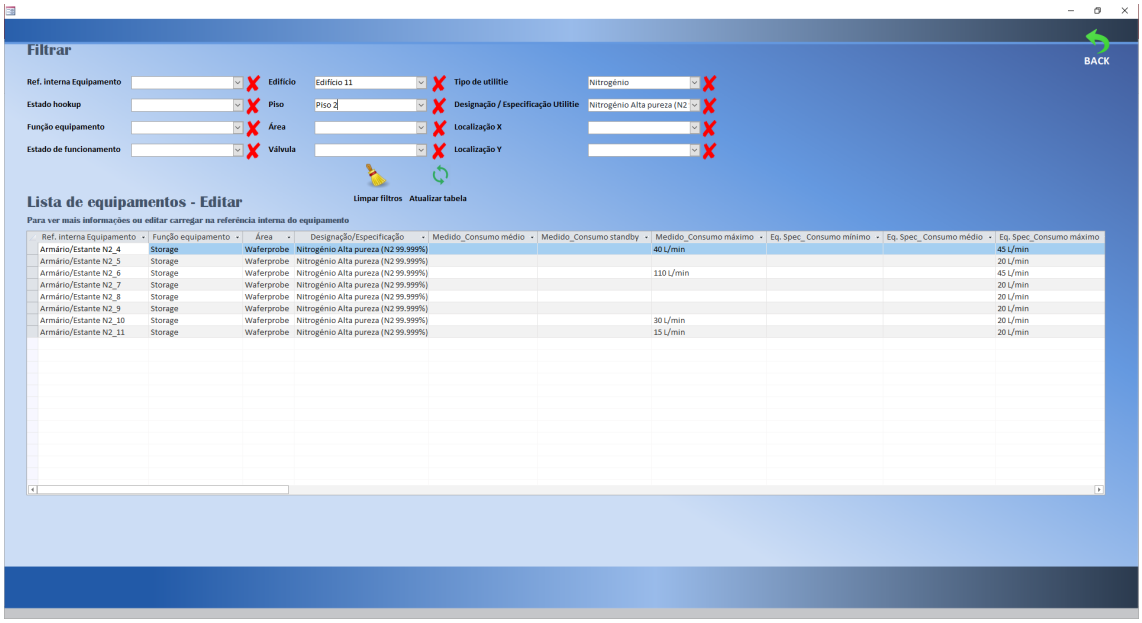


Figura 5.29: Interface de busca de equipamentos para edição com filtros

O duplo clique em qualquer um dos equipamentos abre a página de edição, que é equivalente à Figura 5.27 onde é possível ver anexos, editar e eliminar o equipamento. A eliminação do equipamento também irá eliminar as linhas da tabela de utilização de *utilities* referentes ao equipamento. Uma funcionalidade que surgiu depois de iniciada a população da base de dados foi a de duplicação de equipamentos que facilita a introdução de equipamentos iguais. Para utilizar esta funcionalidade basta definir a nova referência e duplicar o equipamento.

Tanto a ação de criar equipamento como a de editar e a de duplicar equipamentos realizam um conjunto de verificações de modo a evitar duplicação de dados únicos e registo de equipamento com dados obrigatórios em falta, tal como a localização e o estado atual do equipamento.

A última funcionalidade que requer autenticação é o acesso às definições de utilizador, onde o utilizador pode alterar a sua palavra passe, o seu nome e o diretório base em que serão guardados todos os anexos da base de dados e adicionar um novo utilizador.

Ao pressionar o botão das definições de utilizador irá aparecer a janela da Figura 5.30.

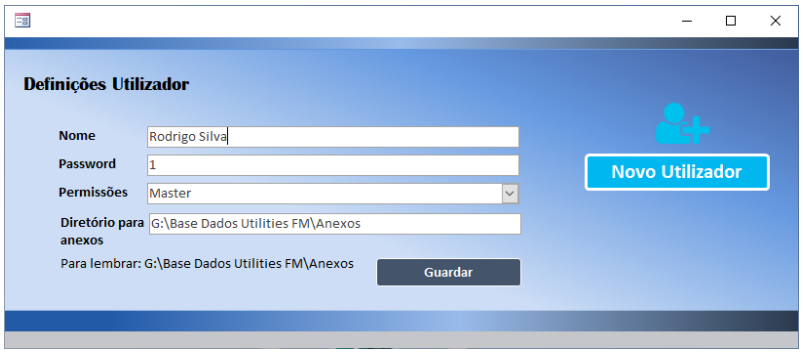


Figura 5.30: Interface de definições de utilizador

Caso o diretório para os anexos tenha de ser alterado é importante colocar todos os anexos já existentes no novo diretório na nova localização de modo a evitar que sejam criados anexos duplicados para equipamentos. Existe também a opção de criar novos utilizadores e a janela tem o seguinte aspeto:

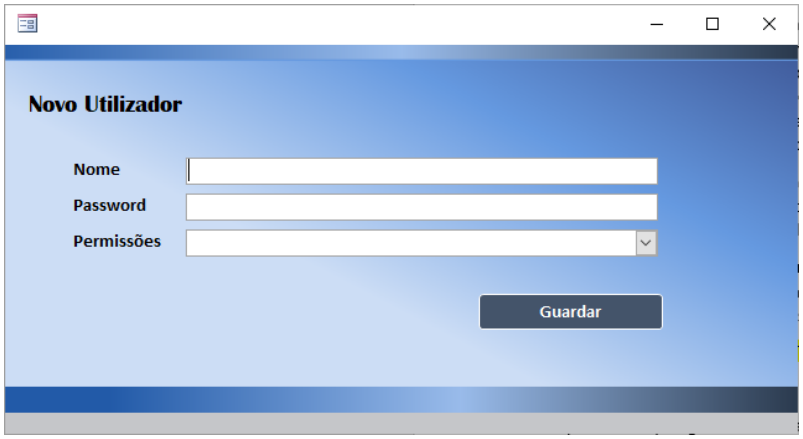


Figura 5.31: Interface de definições de utilizador

A partir deste parágrafo todas as ações e consultas podem ser executadas sem necessidade de autenticação, começando pela pesquisa de equipamentos e utilização de *utilities*. A vista da página de pesquisa é idêntica à utilizada na busca por equipamentos para edição, sendo que aqui são disponibilizadas mais algumas funcionalidades e informações, tal como o cálculo dos consumos mais frequentes que também são atualizados em função dos filtros definidos e a possibilidade de consulta de uma lista mais detalhada das informações dos equipamentos.

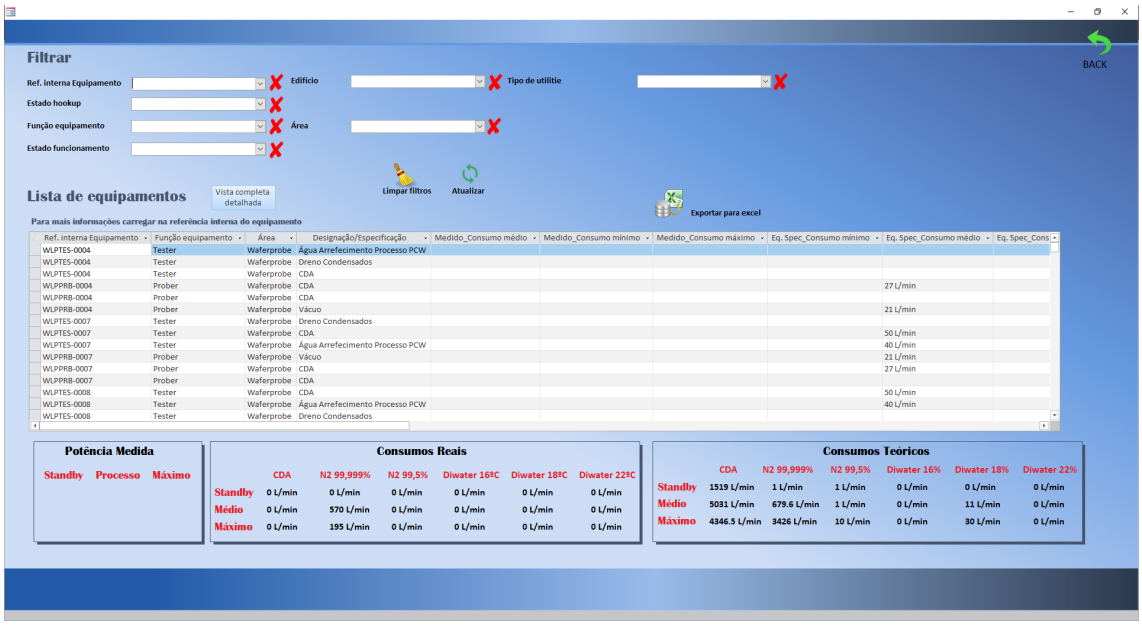


Figura 5.32: Interface de busca de equipamentos com somas de consumos

O código utilizado para gerar a tabela da Figura 5.32 é o mesmo utilizado para gerar a tabela da Figura 5.28, sendo apenas alterados os campos referentes aos filtros para os da nova página.

Ao fazer duplo clique num equipamento abre uma página de visualização onde é possível consultar todas as informações sobre o equipamento em conjunto com as informações acercas das *utilities* que utiliza. Por exemplo ao fazer duplo clique num equipamento que esteja registado como consumidor de água, ar comprimido e tenha um dreno deverá aparece uma página como a da Figura 5.33 que irá fornecer todas as informações existentes referentes ao equipamento.

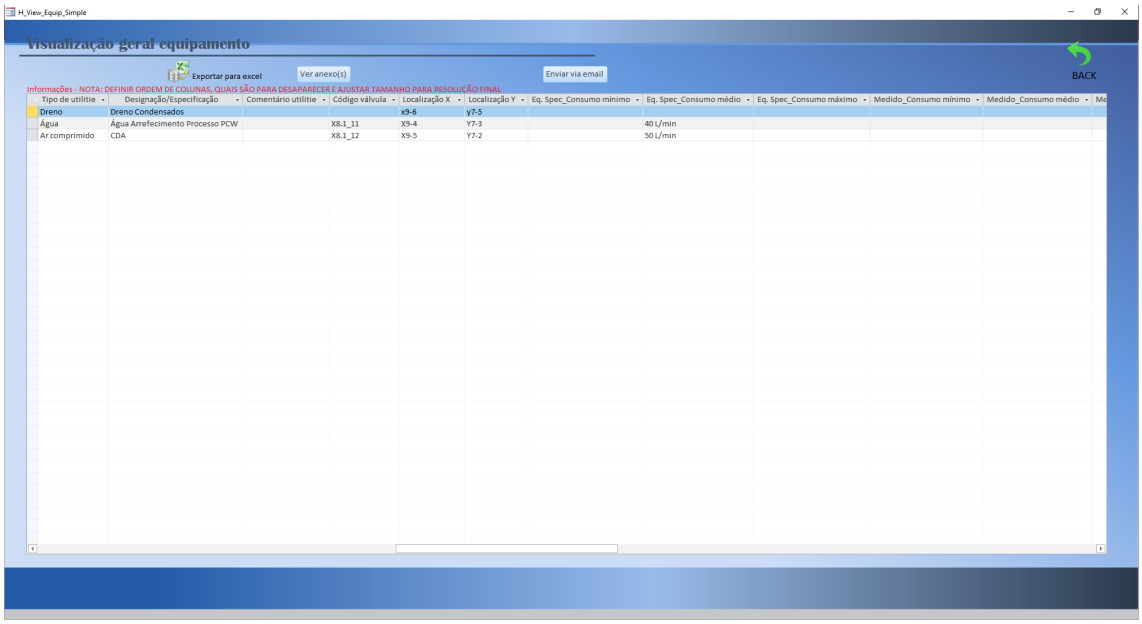


Figura 5.33: Interface de busca de equipamentos com somas de consumos

Nesta página existe também a opção de ver os anexos deste equipamento, caso existam, e enviar todas as informações do equipamento por *email*. No Anexo A.1 está representado um *email* com um equipamento.

Para criar o *email* é criada uma *string* através da linguagem de programação VBA que dará origem ao código HTML do *email*, sendo que a rotina de criação dessa *string* percorre as tabelas e utiliza os seus dados para colocar as informações necessárias nos campos correspondentes.

5.2.2 Módulo de relatórios

Dando por terminado o primeiro módulo será introduzido agora oo segundo que tem o nome de módulo de relatórios. Dentro deste existe uma divisão em função dos dois tipos de relatório que são realizados pelas equipas do departamento ao longo do dia, tal como está representado na Figura 5.34.

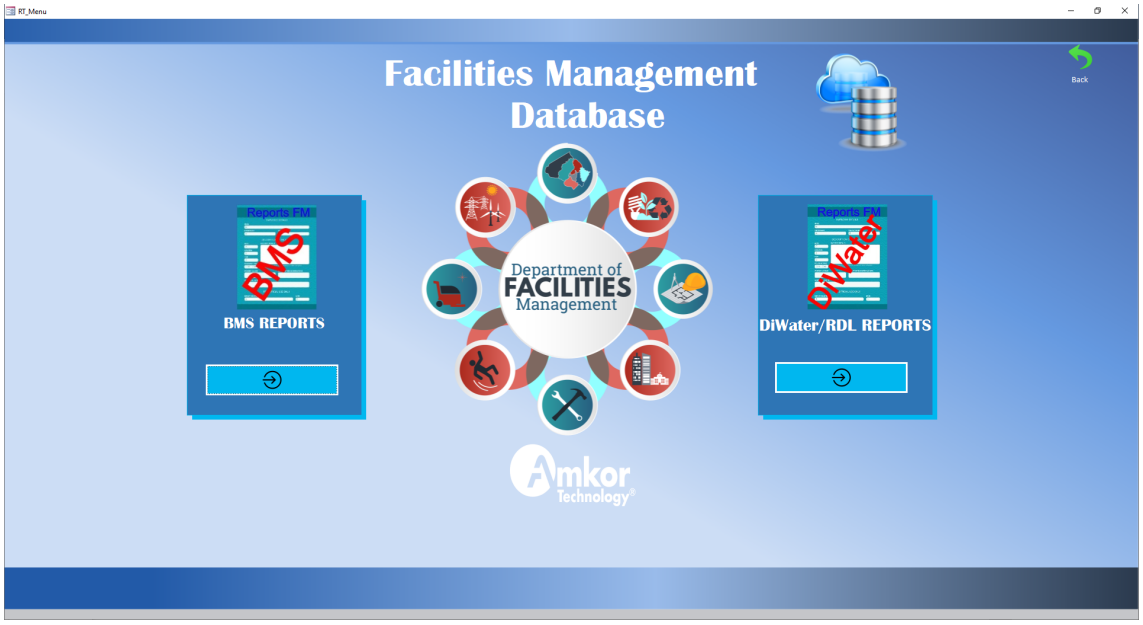


Figura 5.34: Interface de escolha de relatório

Atualmente são enviados três relatórios diários, dois pela área do BMS que é responsável por relatar todos os acontecimentos relevantes nas instalações, mais conhecidos como relatórios do BMS e uma pela área da DiWater (Deionized water) e RDL (Redistribution Layer) que é responsável por relatar todos os acontecimentos específicos das suas áreas, mais conhecidos como relatórios da DiWater. Os relatórios do BMS são enviados no final de cada turno de equipa de técnicos que realizam turnos de 12 horas das 07h às 19h e das 19h às 07h, enquanto os relatórios da DiWater são enviados todos os dias no final do turno da equipa que estiver alocada à área.

Estes relatórios permitem comunicar internamente qualquer tipo de ocorrência genérica e têm ainda a funcionalidade de comunicar de forma individualizada aos responsáveis da cada área qualquer ocorrência que não seja genérica e requeira espacial atenção. Através destes relatórios pode

também ser realizado um controlo operacional diário dos diversos equipamentos e detetar quais apresentam maior tendência para falhar de modo a tentar resolver esse problema.

Começando pelo relatório da equipa do BMS é apresentado o diagrama de classes na Figura 5.35

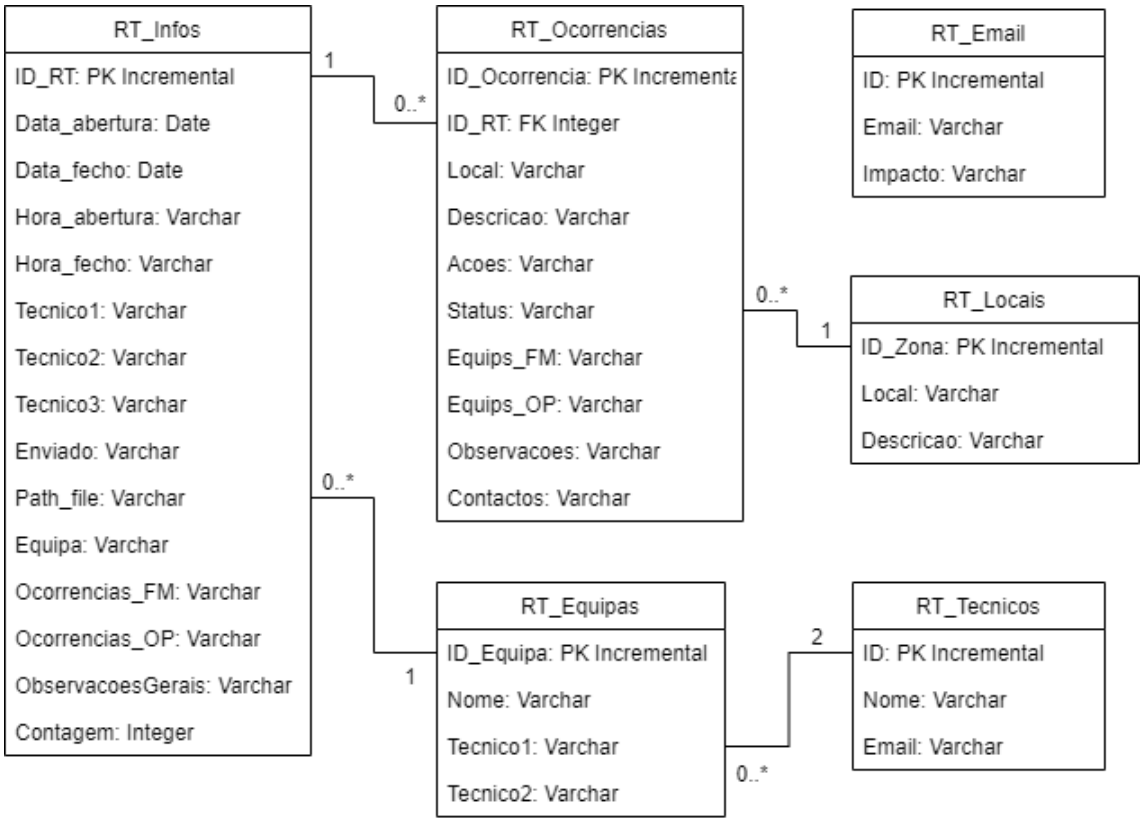


Figura 5.35: Digrama de classes do módulo dos relatórios BMS

Como é possível observar o principal foco deste módulo é a criação de ocorrências, sendo que estas estão sempre associadas a um relatório. Existem também tabelas auxiliares que ajudam ao preenchimento mais rápido das informações, tal como a RT_Locais e a RT_Equipas. A tabela de RT_Email funciona apenas como armazenamento de destinatários dos diversos emails a enviar com os relatórios.

Como auxiliar ao preenchimento dos relatórios existem as definições de relatório onde o utilizador pode definir a lista de técnicos, equipas, destinatários do relatório e locais e descrições mais frequentes.

Existe a opção de adicionar novos técnicos e equipas, sendo que a alteração de qualquer um dos técnicos tem impacto nas equipas já criadas.

Também é importante definir os utilizadores dos relatórios de modo a que o *email* que será automaticamente gerado já contenha no campo de destinatários todos os funcionários que devem receber os relatórios diariamente.

Todas estas informações podem ser alteradas através da página de definições dos relatórios que está exposta na Figura 5.36.

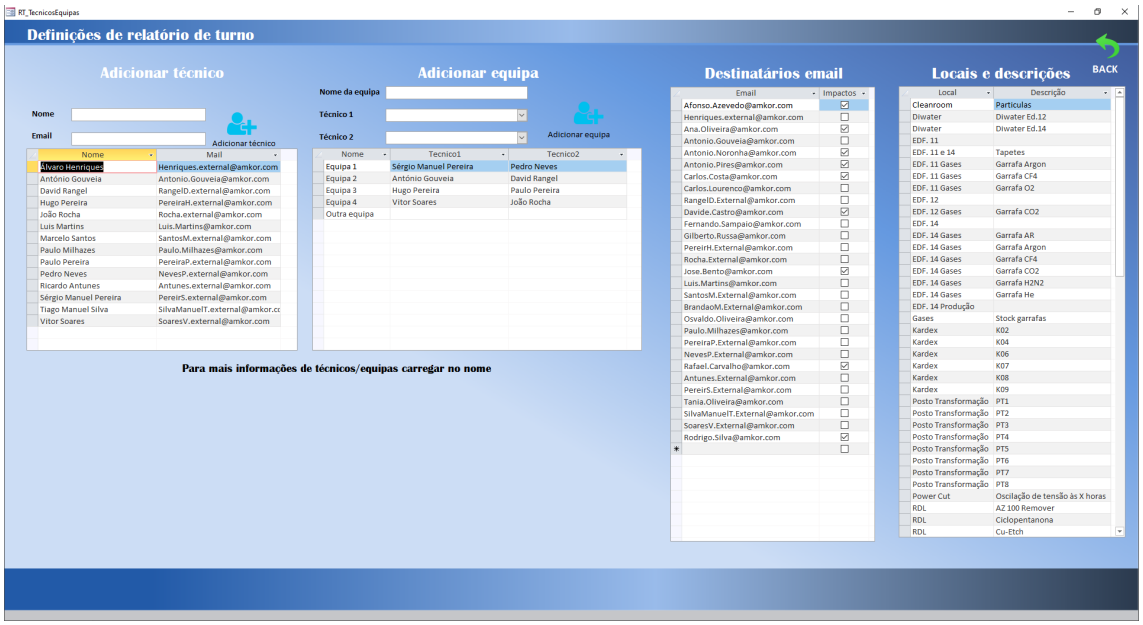


Figura 5.36: Interface de definições dos relatórios do BMS

A interface apresentada na Figura 5.37 é a interface de entrada depois de determinar o tipo de relatório.

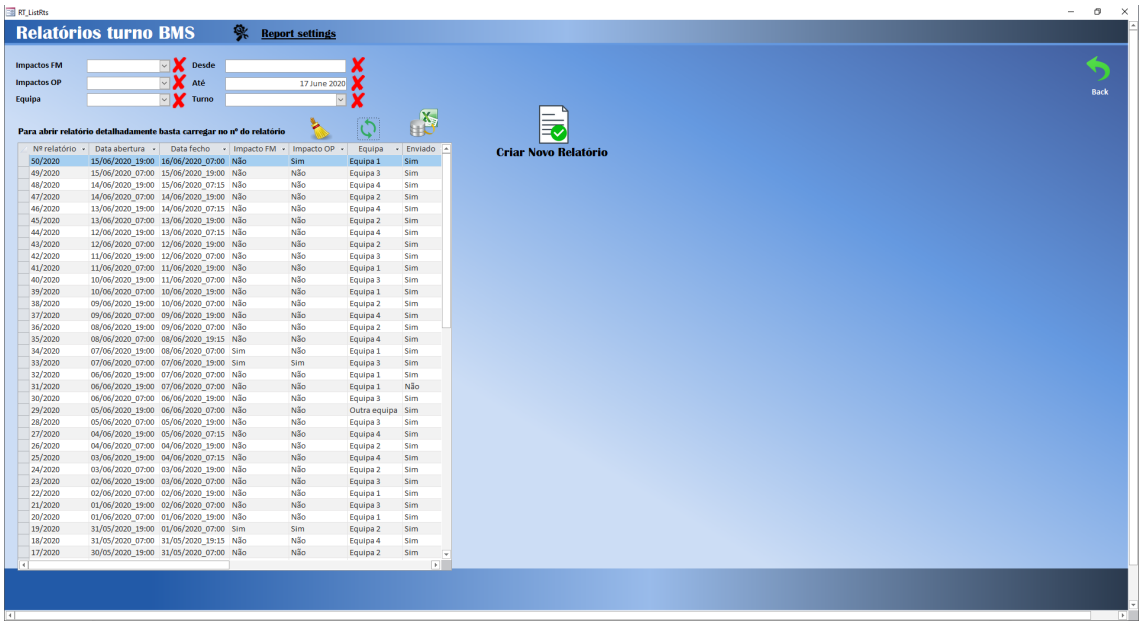


Figura 5.37: Interface de visualização dos relatórios do BMS

Inicialmente existe uma tabela com uma lista de todos os relatórios que já foram criados e a possibilidade de filtrar esses relatórios em função das principais informações como a data, o envio, o turno, a equipa ou até mesmo a existência de ocorrências com impactos em equipamentos sejam estes de suporte ao FM ou de produção. De notar que na tabela existe uma coluna "Enviado" que serve para auxiliar o utilizador sobre estado atual de cada um dos relatórios, sendo que esta

coluna é atualizada para “Sim” quando o relatório é enviado e atualizada para “Não” sempre que uma nova atualização é feita ao relatório. Existe também a opção de exportar para Excel todos os relatórios da tabela, sendo que esta exportação também tem em conta os filtros selecionados pelo utilizador e deverá exportar para um ficheiro todos os relatórios e as ocorrências dos mesmos. Na Figura 5.38 é possível ver um filtro em execução.

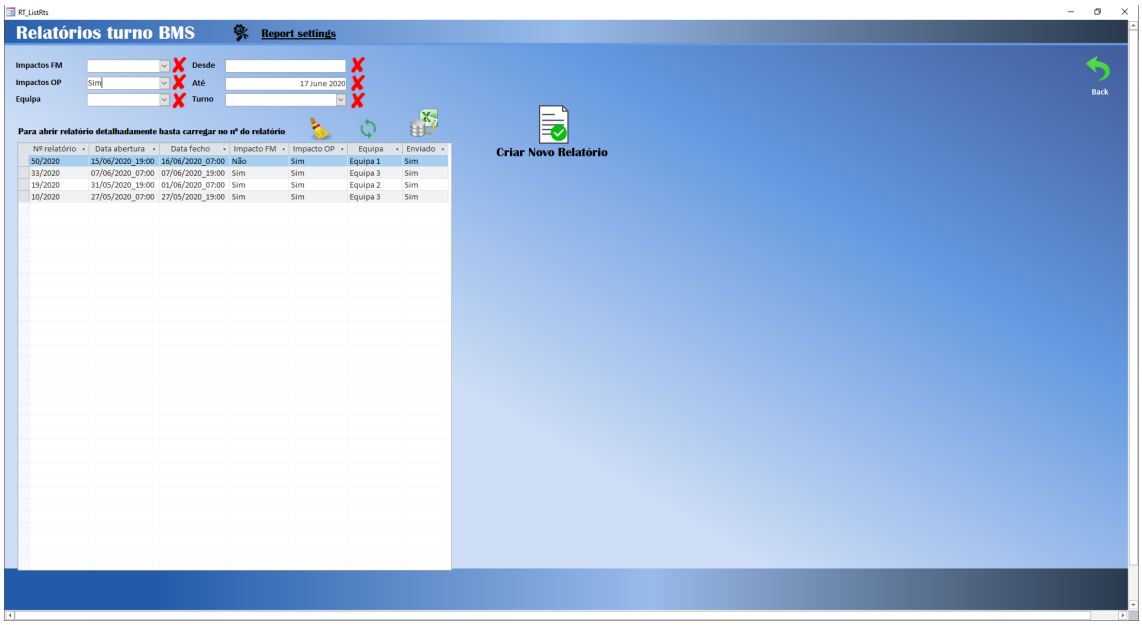


Figura 5.38: Interface de visualização dos relatórios do BMS com filtro

O código utilizado para gerar a tabela de relatórios já existente é o seguinte:

```
SELECT RT_Infos.ID_RT, RT_Infos.Data_abertura, RT_Infos.Data_fecho, RT_Infos.
    Hora_abertura, RT_Infos.Hora_fecho, [Contagem] & "/" & Year([Data_abertura]) AS
     Num, [Data_abertura] & "_" & [Hora_abertura] AS [Data Abertura], [Data_fecho]
    & "_" & [Hora_fecho] AS [Data Fecho], RT_Infos.Enviado, RT_Infos.Equipa,
    RT_Infos.Ocorrencias_FM, RT_Infos.Ocorrencias_OP, RT_Infos.Contagem, IIf([
    Hora_abertura]<"12","Diurno","Nocturno") AS Turno
FROM RT_Infos
WHERE (((RT_Infos.Data_fecho)<=Forms!RT_ListRTs!DataF And ((RT_Infos.Data_fecho)>=
    Forms!RT_ListRTs!DataI Or Forms!RT_ListRTs!DataI Is Null)) And ((RT_Infos.
    Equipa) Like "*" & Forms!RT_ListRTs!Eqps Or Forms!RT_ListRTs!Eqps Is Null) And
    ((RT_Infos.Ocorrencias_FM) Like "*" & Forms!RT_ListRTs!OcorrFM Or Forms!
    RT_ListRTs!OcorrFM Is Null) And ((RT_Infos.Ocorrencias_OP) Like "*" & Forms!
    RT_ListRTs!OcorrOP Or Forms!RT_ListRTs!OcorrOP Is Null) And ((IIf([
    Hora_abertura]<"12","Diurno","Nocturno")) Like "*" & Forms!RT_ListRTs!Trn Or
    Forms!RT_ListRTs!Trn Is Null))
ORDER BY RT_Infos.ID_RT DESC , RT_Infos.Data_abertura DESC;
```

Excerto de código 5.10: Código da tabela de relatórios do BMS

Como é possível observar a tabela tem em conta os valores dos campos de preenchimento da página e ordena sempre os relatórios de modo a ter os mais recentes no topo da tabela.

Quando selecionada a opção de criar um relatório é executada também uma rotina que procura pelo último relatório criado e verifica se este já foi enviado ou não, deste modo é possível prevenir a criação de relatórios duplicados para o mesmo turno.

Depois de realizada a rotina a página é atualizada de modo a começar a inserção de dados no novo relatório. Certos campos já vêm automaticamente preenchidos, nomeadamente o dia de abertura e fecho, o turno e as horas de abertura e fecho. Este preenchimento automático é feito em função da data e hora do sistema do computador e através de certas condições é determinado quais as datas, o turno e em função do turno também são determinadas as horas de abertura e fecho. Apesar destas informações serem automaticamente preenchidas é sempre dado ao utilizador o poder de editar todos os campos em função das necessidades. O preenchimento dos técnicos também é automático em função da equipa escolhida no campo da Equipa. Caso a equipa não exista na lista poderá ser criada na página de definições ou selecionada a opção "Outra equipa"para que no relatório seja referido que o turno foi feito por uma equipa não predefinida.

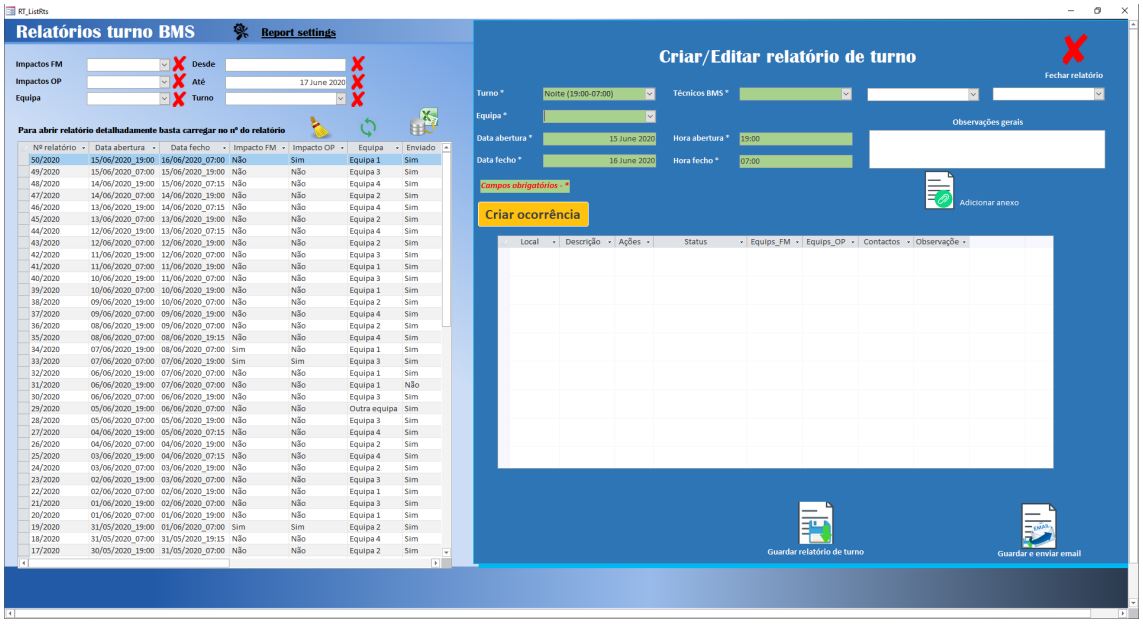


Figura 5.39: Interface de criação de relatório do BMS

A opção de adicionar anexos e ver anexos também é disponibilizada neste módulo, sendo que o botão de ver anexos apenas irá aparecer caso o relatório já tenha algum anexo em seu nome.

A partir deste momento o utilizador tem a opção de guardar um relatório sem ocorrências, enviar um relatório sem ocorrências por *email* para destinatários previamente definidos ou sair sem guardar o relatório, no entanto a existência de ocorrências é praticamente certa, sendo que será necessário criar todas estas uma a uma e para isso será pressionado o botão de criar ocorrência.

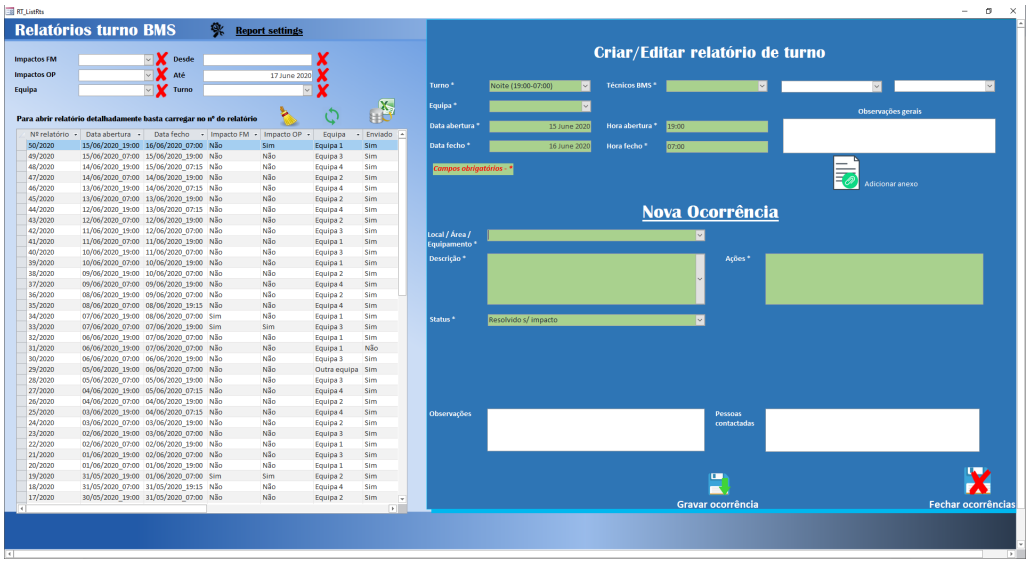


Figura 5.40: Interface de criação de ocorrências em relatório do BMS

Nesta janela é dada a possibilidade de criar todas as ocorrências necessárias, sendo que em algumas existe a opção de preenchimento automático em função dos locais mais utilizados. Em função da opção escolhida automaticamente é disponibilizada uma lista de descrições que o utilizador poderá utilizar. Esta funcionalidade serve apenas para facilitar o preenchimento e evitar preenchimentos diferentes para as ocorrências semelhantes.

A caixa de *status* permite ao utilizador definir qual o estado atual da ocorrência, sendo que caso seja selecionada uma opção com impacto são disponibilizados dois novos campos de registo como mostra a Figura 5.41 onde o utilizador deverá registar os equipamentos afetados pela ocorrência. O preenchimento destes campos será importante pois mais tarde na criação do *email* será feita uma divisão de ocorrências com e sem impacto.

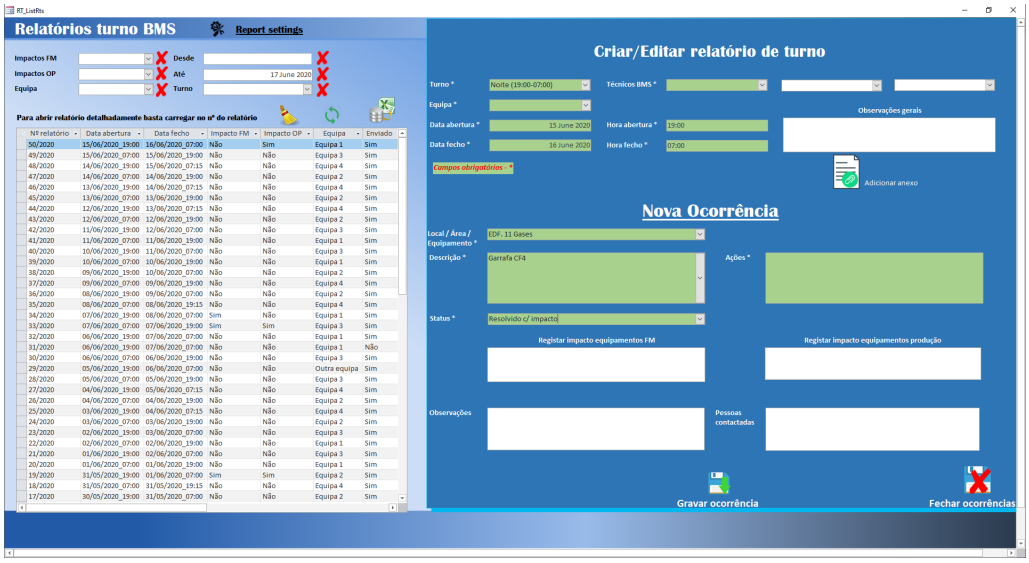


Figura 5.41: Interface de criação de ocorrências com impacto em relatório do BMS

Depois de criadas várias ocorrências e fechada a secção de criar ocorrências fica uma página com o aspeto da Figura 5.42.



Figura 5.42: Interface de criação de relatório do BMS preenchido

O código que gera esta tabela faz a junção entre as tabelas de relatórios e ocorrências através do ID do relatório e seleciona apenas para mostrar as ocorrências que pertencem ao relatório com o ID do que está aberto no momento. Para guardar o ID do relatório aberto foi utilizado de novo um campo de preenchimento não visível que contém o ID do relatório aberto.

```
SELECT RT_Infos.ID_RT, RT_Ocorrencias.Local, RT_Ocorrencias.Descricao,
    RT_Ocorrencias.Acoes, RT_Ocorrencias.Status, RT_Ocorrencias.Equips_FM,
    RT_Ocorrencias.Equips_OP, RT_Ocorrencias.Observacoes, RT_Ocorrencias.Contactos
FROM RT_Infos INNER JOIN RT_Ocorrencias ON RT_Infos.ID_RT = RT_Ocorrencias.ID_RT
WHERE (((RT_Infos.ID_RT)=[Forms]![RT_ListRts]![ID_RT]));
```

Excerto de código 5.11: Código da tabela de ocorrências do relatório do BMS

A partir da tabela de ocorrências é possível ler todas as ocorrências existentes no relatório selecionado e editar ou apagar qualquer uma das ocorrências já criadas.

A partir deste momento é dado ao utilizador a opção de guardar o relatório para editar mais tarde ou enviar um *email* com o relatório do turno. Caso seja escolhida a opção de guardar o relatório é atualizada a tabela do lado esquerdo e fechada a secção de criação de relatórios, no entanto caso seja escolhida a opção de envio de relatório são gerados um ou dois relatórios em função de ocorrências com impacto ou sem impacto.

Os relatórios são gerados através da criação de *strings* com o código HTML do corpo de texto do *email* que no final deverá compilar num *email* com todos os dados sobre o relatório, sendo que caso existam ocorrências com impacto em equipamentos deverá ser gerado um segundo *email* apenas com as ocorrências com impacto de modo a alertar aos utilizadores selecionados

previamente como utilizadores "de impacto" para a ocorrência de impactos. Ambos os *emails* são criados e todos os anexos adicionados durante a criação do relatório serão automaticamente adicionados.

Nos Anexos A.2 e A.3 é possível visualizar um relatório com impactos do ponto de vista de quem recebe, sendo que o *email* do Anexo A.3 apenas foi gerado porque existem ocorrências de maior gravidade que necessitam de especial atenção por parte do departamento. As interfaces dos relatórios de DiWater/RDL foram criadas a partir do mesmo princípio, no entanto como apenas é produzido um relatório por dia desaparecem campos como o do turno e data de fecho. A seguinte imagem mostra o diagrama de classes desta parte do módulo de relatórios.

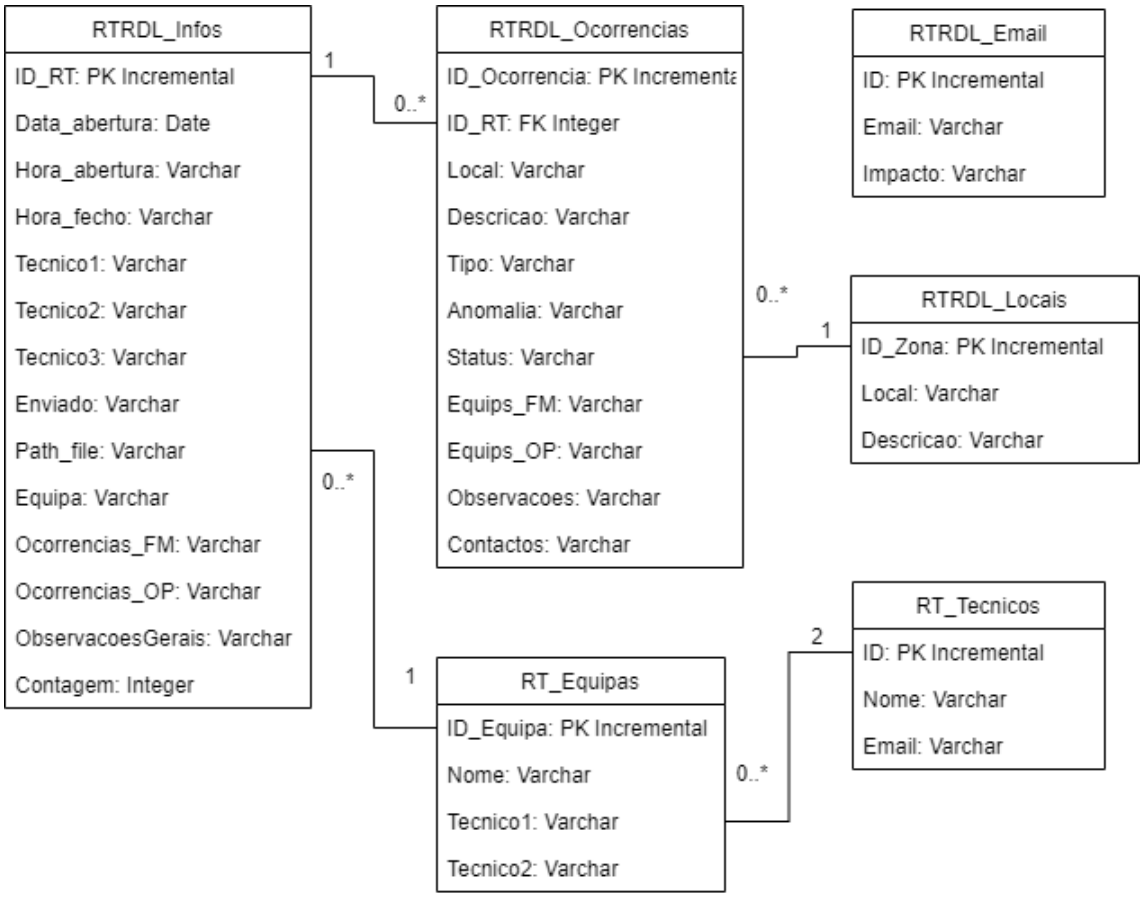


Figura 5.43: Diagrama de classes do módulo dos relatórios da DiWater

Como é possível ver a tabela das ocorrências apresenta campos diferentes para estes relatórios, no entanto o processo de criação e edição de relatório e criação do *email* é o mesmo. Tal como no relatório do BMS é permitido criar locais e descrições predefinidas neste o mesmo também é permitido, no entanto também é necessário especificar qual a que tipo de ocorrência pertence pois para este relatório as ocorrências são classificadas como normal ou extraordinárias.

A partir da imagem seguinte é possível concluir que a interface inicial é idêntica à utilizada anteriormente, mas apresenta menos filtros para escolha e a tabela com a listagem de relatórios já criados apresenta menos campos.

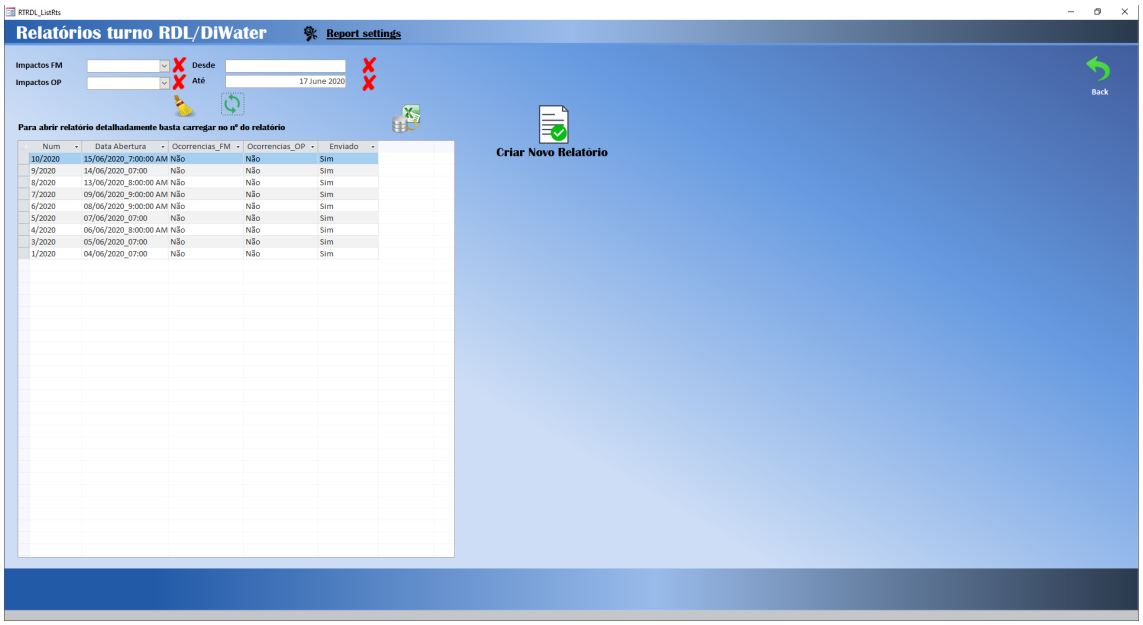


Figura 5.44: Interface de visualização dos relatórios da DiWater

Ao abrir um relatório é possível editar qualquer uma das ocorrências ou acrescentar novas e caso seja necessário adicionar novas ocorrências o aspeto da página é o da Figura 5.45

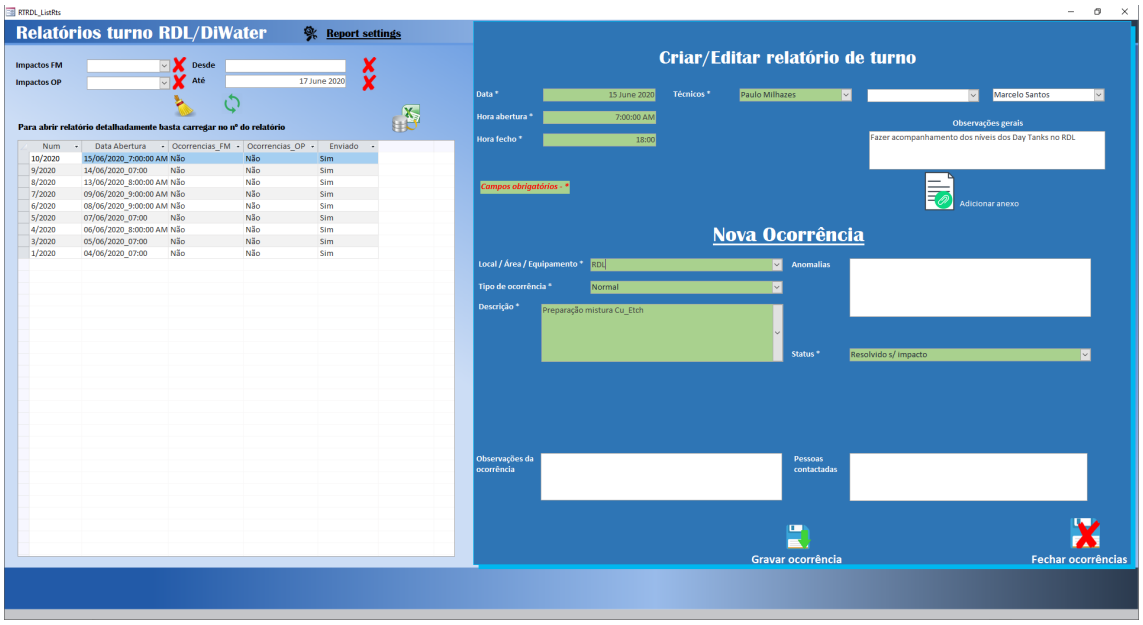


Figura 5.45: Interface de criação de ocorrências em relatório da DiWater

Depois de preenchidos todos os campos e adicionadas ou editadas as ocorrências é possível reenviar o *email* para os mesmos presentes na lista de *emails* das definições.

5.2.3 Módulo de *checklists*

O último módulo que foi desenvolvido para a base de dados foi o de *Checklists*. Neste módulo o utilizador deverá introduzir diariamente os dados relativos aos diversos contadores de água das instalações, introduzir ainda informações referentes ao estado das águas em equipamentos chamados *chillers* que são responsáveis pelo arrefecimento da água das linhas de abastecimento existentes e selecionar quais estão em funcionamento no dia de preenchimento.

Este módulo da base de dados para além de armazenar os diversos consumos também está preparado para armazenar parâmetros de qualidade e informar o utilizador de eventuais falhas no controlo de qualidade, desta forma pode ser feito um controlo operacional em tempo real dos diversos equipamentos e corrigir qualquer tendência que estes apresentem de falha.

A deteção de desvios dos valores padrão nos equipamentos é de elevada importância, visto que o sistema de monitorização atualmente existente emite alertas em caso de falhas graves e paragens de equipamentos, mas não permite a deteção de desvios que poderão resultar mais tarde em falhas graves e consequentemente na paragem do equipamento.

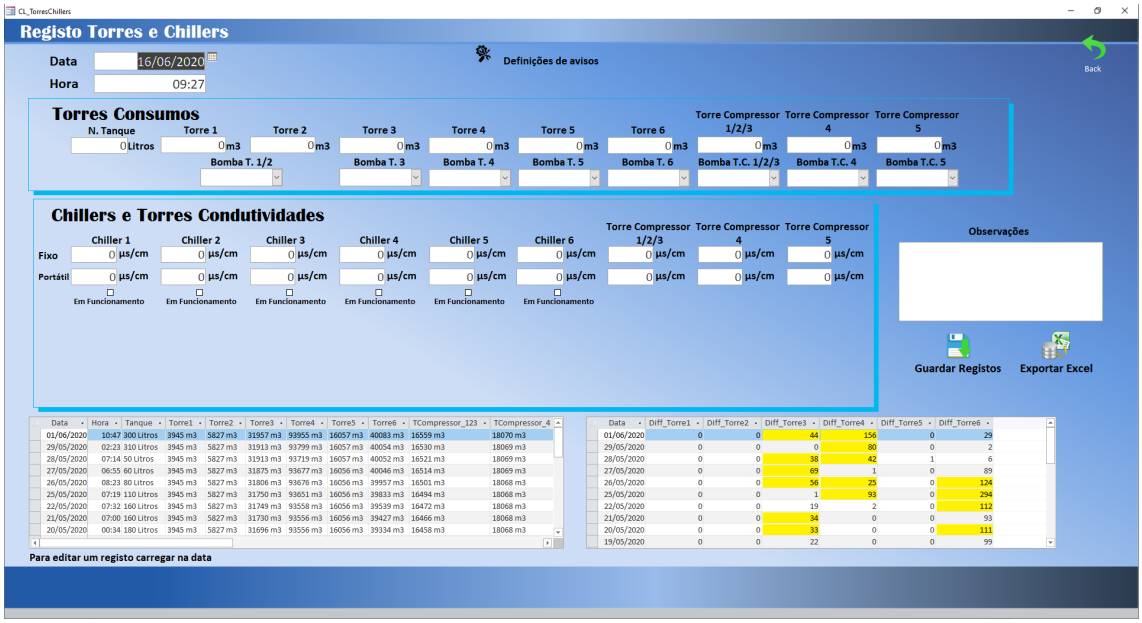


Figura 5.46: Interface dos checklists das torres e chillers

O preenchimento das condutividades das águas dos *chillers* é importante para o controlo de qualidade das águas, sendo que para melhor controlo de qualidade é feita uma verificação dos valores inseridos em função dos limites definidos pelo utilizador na interface de controlo da Figura 5.47.

Caso o valor de condutividade inserido pelo utilizador esteja fora dos limites deverá aparecer um aviso que permite ao utilizador verificar os valores e avisar o responsável pelo controlo dos mesmos.

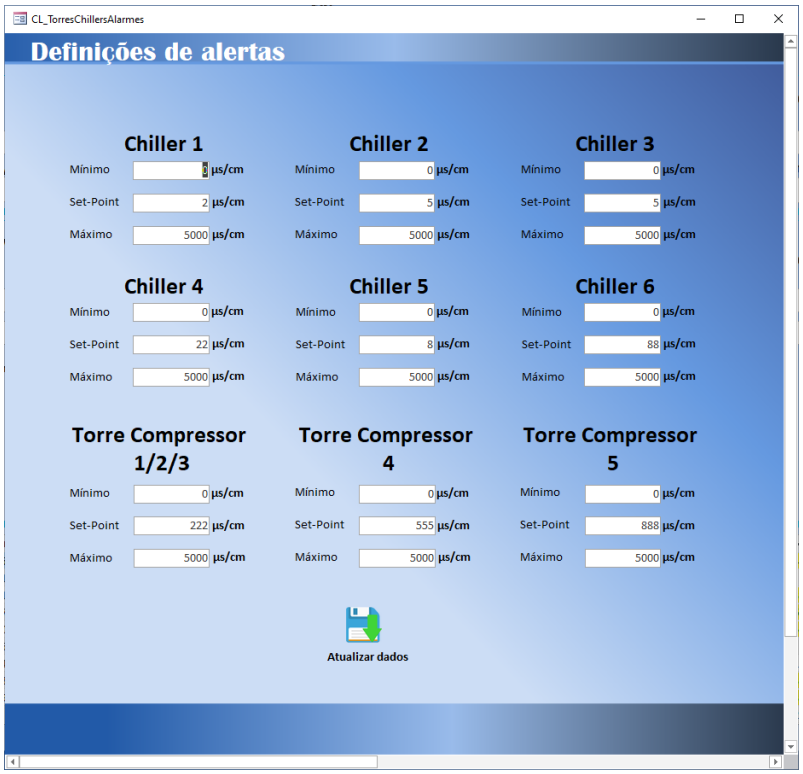


Figura 5.47: Interface de parâmetros de alertas das condutividades das torres e *chillers*

Existem outros pontos que é necessário controlar, mas apenas nos *chillers* em funcionamento por isso sempre que um dos equipamentos é selecionado como "em funcionamento" são disponibilizados novas campos de preenchimento que devem ser preenchidas pelo utilizador.

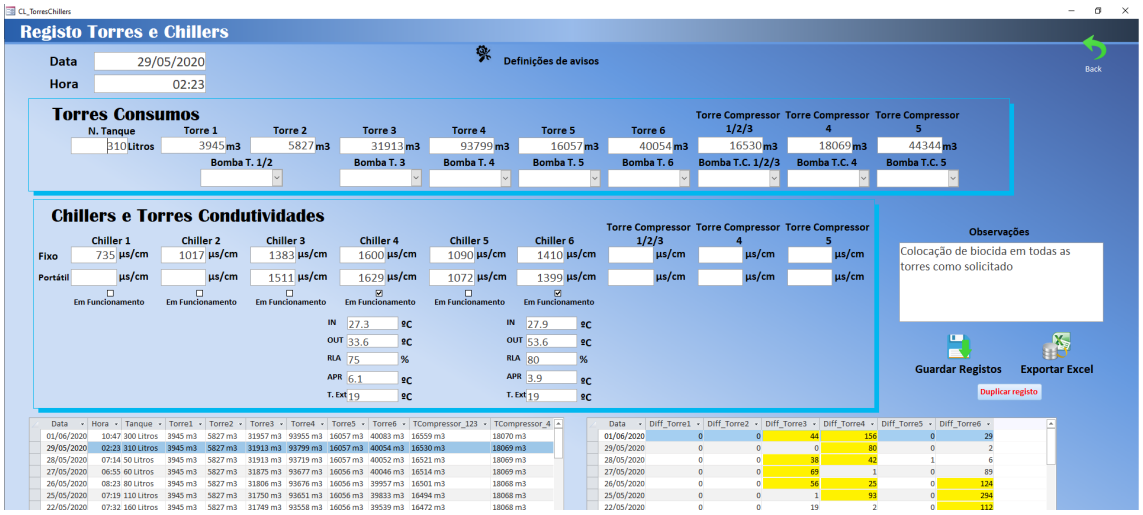


Figura 5.48: Interface de parâmetros de alertas das condutividades das torres e *chillers* preenchido

Existem também duas tabelas na parte inferior da página, a da esquerda permite aceder a todos os registos já efetuados e editar os mesmos. O código que gera a tabela é o seguinte:

```
SELECT CL_Dados.ID, CL_Dados.Contador, CL_Dados.Data, CL_Dados.Hora_torres,
    CL_Dados.Torre1, CL_Dados.Torre2, CL_Dados.Torre3, CL_Dados.Torre4, CL_Dados.
    Torre5, CL_Dados.Torre6, CL_Dados.TCompressor_123, CL_Dados.TCompressor_4,
    CL_Dados.TCompressor_5, CL_Dados.Chiller1_Ligado, CL_Dados.Chiller2_Ligado,
    CL_Dados.Chiller3_Ligado, CL_Dados.Chiller4_Ligado, CL_Dados.Chiller5_Ligado,
    CL_Dados.Chiller6_Ligado, CL_Dados.Tanque, CL_Dados.Torre_123_Cond, CL_Dados.
    Torre_4_Cond, CL_Dados.Torre_5_Cond, CL_Dados.Torre_123_Cond2, CL_Dados.
    Torre_4_Cond2, CL_Dados.Torre_5_Cond2, CL_Dados.Chiller1_Cond, CL_Dados.
    Chiller1_Cond2, CL_Dados.Chiller1_IN, CL_Dados.Chiller1_OUT, CL_Dados.
    Chiller1_RLA, CL_Dados.Chiller1_APR, CL_Dados.Chiller1_TExt, CL_Dados.
    Chiller2_Cond, CL_Dados.Chiller2_Cond2, CL_Dados.Chiller2_IN, CL_Dados.
    Chiller2_OUT, CL_Dados.Chiller2_RLA, CL_Dados.Chiller2_APR, CL_Dados.
    Chiller2_TExt, CL_Dados.Chiller3_Cond, CL_Dados.Chiller3_Cond2, CL_Dados.
    Chiller3_IN, CL_Dados.Chiller3_OUT, CL_Dados.Chiller3_RLA, CL_Dados.
    Chiller3_APR, CL_Dados.Chiller3_TExt, CL_Dados.Chiller4_Cond, CL_Dados.
    Chiller4_Cond2, CL_Dados.Chiller4_IN, CL_Dados.Chiller4_OUT, CL_Dados.
    Chiller4_RLA, CL_Dados.Chiller4_APR, CL_Dados.Chiller4_TExt, CL_Dados.
    Chiller5_Cond, CL_Dados.Chiller5_Cond2, CL_Dados.Chiller5_IN, CL_Dados.
    Chiller5_OUT, CL_Dados.Chiller5_RLA, CL_Dados.Chiller5_APR, CL_Dados.
    Chiller5_TExt, CL_Dados.Chiller6_Cond, CL_Dados.Chiller6_Cond2, CL_Dados.
    Chiller6_IN, CL_Dados.Chiller6_OUT, CL_Dados.Chiller6_RLA, CL_Dados.
    Chiller6_APR, CL_Dados.Chiller6_TExt
FROM CL_Dados
ORDER BY CL_Dados.Contador DESC;
```

Excerto de código 5.12: Código da tabela da lista de *checklists* realizadas

Esta tabela apresenta todos os dados dos últimos checklists, sendo que para analisar também pode ser exportada para Excel através do botão de exportação.

A tabela da direita permite ao utilizador observar os consumos diários de cada uma das torres e ser avisado para eventuais desvios da média ou inserção de valores incorretos, sendo que valores de consumos elevados em relação à média deverão estar sombreados a amarelo e caso sejam inseridos valores inferiores aos de dias anteriores estes estão sombreados a vermelho. Não é permitida a existência de valores inferiores aos já registados pois o que é registado é o valor do contador e este nunca poderá ser descer.

O código que gera essa tabela é o seguinte:

```
SELECT CL_Dados.Data, CL_Dados.Contador AS Contagem_atual, Prev.Contador AS
    Contagem_anterior, CL_Dados.Torre1-Prev.Torre1 AS Diff_Torre1, CL_Dados.Torre2-
    Prev.Torre2 AS Diff_Torre2, CL_Dados.Torre3-Prev.Torre3 AS Diff_Torre3,
    CL_Dados.Torre4-Prev.Torre4 AS Diff_Torre4, CL_Dados.Torre5-Prev.Torre5 AS
    Diff_Torre5, CL_Dados.Torre6-Prev.Torre6 AS Diff_Torre6
FROM CL_Dados INNER JOIN CL_Dados AS Prev ON CL_Dados.Contador-1=Prev.Contador
ORDER BY CL_Dados.Contador DESC;
```

Excerto de código 5.13: Código da tabela consumos da *checklist*

Como é possível observar o código da busca seleciona duas vezes a mesma tabela mas na mesma linha terá o consumo do dia atual e do dia anterior de modo a que seja possível calcular a diferença diária.

Existe também a possibilidade de duplicar um registo, tendo em conta que o novo terá o do dia em que a cópia é realizada, que permite ao utilizador fazer uma inserção mais rápida dos dados caso estes sejam praticamente iguais aos do dia anterior. Neste caso será criado um registo igual ao do dia anterior e será apenas necessário mudar os valores que devem ser atualizados.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

Apesar do início da dissertação ter sido bastante atrasado devido ao estado de emergência e ao isolamento social é possível concluir que foi desenvolvida uma plataforma capaz de auxiliar o departamento nas tarefas mais prioritárias.

6.1 Estado da ATEP na Indústria 4.0

Tendo em conta que a ATEP é uma empresa que está presente na área tecnológica como seria de esperar já tem algumas das funcionalidades provenientes da indústria 4.0 integradas nos seus processos e funcionamentos internos. O trabalho realizado serviu também como método de aproximar mais a ATEP de uma empresa que esteja em funcionamento de acordo com o estado da arte da indústria 4.0.

Alguns pontos como a monitorização em tempo real e grandes redes de conectividade já estão de certo modo integrados no normal funcionamento da empresa, no entanto existem sempre pontos que podem ser melhorados com vista a aumentar a eficiência da empresa, reduzir os custos e otimizar todos os seus procedimentos.

Todo o projeto referido nesta dissertação contribuiu ainda mais para o avanço da ATEP na indústria 4.0 no sentido de automatizar e padronizar algumas da tarefas e rotinas de forma a que seja possível fazer análises e auxiliar na otimização de procedimentos internos.

6.2 Satisfação dos Objectivos

Todas as funcionalidades referidas no capítulo anterior já estão em funcionamento, sendo que a primeira resposta por parte dos utilizadores é bastante positiva. Um fator que influenciou o facto de ainda não ter sido inserido um grande volume de dados na base de dados é a necessidade de fazer uma procura por vezes extensa pelos dados necessários de cada um dos equipamentos e ser também necessário consultar múltiplas pessoas para recolher todas as informações. Visto que existe um grande número de equipamentos e muitas ligações entre estes e as diversas *utilities* terem sido realizadas há bastante tempo e em alguns casos sem criação de documentação torna

o processo de recolha de dados ainda mais complexo que o inicialmente pensado, no entanto à medida que são recolhidas todas as informações as mesmas são atualizadas nos devidos locais da base de dados.

O sistema de relatórios e *checklists* já se encontram em execução e depois de pequenas correções iniciais já é executado diariamente sem necessidade de intervenção para correção de erros.

Apesar do início da dissertação ter sido um pouco atrasado foi possível concluir com sucesso os dois módulos mais necessitados e ainda dar início ao terceiro módulo de *checklists* que também já está em funcionamento.

6.3 Trabalho Futuro

A primeira sugestão é certamente a continuação do desenvolvimento da base de dados até todos os processos realizados estarem centralizados e acessíveis a todos os utilizadores. Para além dos módulos já desenvolvidos ainda existem mais para desenvolver de modo a abranger todas as contagens e tarefas realizadas pelo departamento. Outro ponto que deverá ser abordado é uma melhoria do sistema de controlo e tendo em conta que já existe em funcionamento um sistema de monitorização surgem duas alternativas que podem facilmente melhorar o sistema já existente: expandir a monitorização de modo a abranger o mais perto possível de 100% de todos os consumos ou melhorar o controlo atualmente efetuado. Sendo que o ideal seria expandir ao máximo com o melhor controlo possível é necessário ter em conta que a aquisição de qualquer equipamento ou conexão com o WinCC apresenta custos logo deverá ser dada prioridade aos equipamentos de maior consumo e só numa fase mais posterior finalizar com os equipamentos de menor consumo.

Depois de uma análise do sistema WinCC utilizado é possível concluir que não existe qualquer controlo em tempo real sobre desvios nos consumos, medida esta que poderá causar problemas em caso de pequenas fugas. Para começar a estudar uma solução será necessário dividir o problema em partes mais pequenas de modo a poder desenvolver uma proposta com mais clareza que certamente deverá começar pela determinação de valores de *threshold* para diversos alarmes que deverão verificar o valor dos consumos instantâneos e comprar estes em relação às médias de consumo de um certo período de tempo.

Uma segunda alternativa que deverá ser implementada mais lentamente será a expansão do sistema de monitorização para novas máquinas que ainda não tenham qualquer controlo em tempo real. Tal como já foi referido, atualmente existe monitorização de 35% do consumo e o ideal seria monitorizar o mais perto possível de 100% onde estão incluídas todas as entradas e saídas de processos, desta maneira será possível detetar perdas e fugas através de uma avaliação entre entradas e saídas teóricas das diversas *utilities* nos diversos processos. Apesar de num futuro próximo existir a possibilidade de adotar todas estas medidas é essencial começar pelas que podem apresentar melhores resultados mais rapidamente, porque tal como existem equipamentos que consomem muito também existe outros que não consomem praticamente nada e é necessário estabelecer prioridades. Um método para ir avançando com esta alternativa é a determinação de quais equipamentos ou processos deverão ter prioridade na instalação de contadores.

Referências

[1] Nuno Cancelo. Not Only SQL as a Alternative to Relational DatabaseSystems. 2014. doi:10.13140/2.1.1440.7362.

[2] Mario Hermann, Tobias Pentek, e Boris Otto. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Journal of Colloid and Interface Science*, página 15, 2015.

[3] Andreja Rojko. Industry 4.0 concept: Background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 11(5):77–90, 2017. doi:10.3991/ijim.v11i5.7072.

[4] Serafeim Zanikolas e Rizos Sakellariou. A taxonomy of grid monitoring systems. *Future Generation Computer Systems*, 21(1):163–188, 2005. doi:10.1016/j.future.2004.07.002.

[5] Winncy Y Du. *Resistive, Capacitive, Inductive, and Magnetic Sensor Technologies - Winncy Y. Du*. 2015. URL: `https://books.google.de/books?id=iZnLBQAAQBAJ{&}pg=PA99{&}lpg=PA99{&}dq=classification+of+materials+based+on+capacitive+sensing{&}source=bl{&}ots=VgM8TRiPQx{&}sig=iGg5Y{_}iy2lk{_}aE7O3SR0UfpBgPY{&}hl=de{&}sa=X{&}ved=0ahUKEwjAi4{_}bjbjTAhWSZlAKHZrpDBUQ6AEIODAC{#}v=onepage{&}q=classif`.

[6] William B.Ribbens. Understanding Automotive Electronics, Chapter 6 - Sensors and Actuators. *Understanding Automotive Electronics*, páginas 233–307, 2013. doi:10.1016/B978-0-08-097097-4.00006-0.

[7] Reinhard Langmann e Michael Stiller. The PLC as a smart service in industry 4.0 production systems. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(18), 2019. doi:10.3390/app9183815.

[8] Mallikarjun G Hudedmani, R M Umayal, Shiva Kumar Kabberalli, e Raghavendra Hittalamani. Programmable Logic Controller (PLC) in Automation. *Advanced Journal of Graduate Research*, 2(1):37–45, 2017. doi:10.21467/ajgr.2.1.37-45.

[9] Georg Frey e Lothar Litz. Formal methods in PLC programming. *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 4:2431–2436, 2000. doi:10.1109/icsmc.2000.884356.

[10] International Electrotechnical Comission. *Standard IEC61131*, volume 3. 2003. doi:10.1016/S0378-7753(02)00712-7.

[11] Mário De Sousa. Proposed corrections to the IEC 61131-3 standard. *Computer Standards and Interfaces*, 32(5-6):312–320, 2010. URL: `http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2010.03.006`, doi:10.1016/j.csi.2010.03.006.

[12] Vinay M. Igure, Sean A. Laughter, e Ronald D. Williams. Security issues in SCADA networks. *Computers and Security*, 25(7):498–506, 2006. doi:10.1016/j.cose.2006.03.001.

[13] Chen Peijiang e Jiang Xuehua. Design and implementation of remote monitoring system based on GSM. *Proceedings - 2008 Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application, PACIIA 2008*, 1:678–681, 2008. doi:10.1109/PACIIA.2008.195.

[14] The Access Web. Accessed: June 26, 2020. URL: `http://www.theaccessweb.com/index.html`.

Anexo A

Anexos

A.1 Anexo 1

FM Utilities Equipment Report - WLPPRB-0004 - Waferprobe

RS Rodrigo Silva
To Rodrigo Silva

Reply | Reply All | Forward | ...

dom 21/06/2020 23:09

Retention Policy Default 2 Year Retention (2 years) Expires 21/06/2022

Caro/a Rodrigo Silva,

Por favor considere abaixo e em anexo o report completo relativo ao equipamento **WLPPRB-0004**, para uma melhor leitura da informação, a mesma encontrasse dividida em 3 grupos, sendo respetivamente: **Identificação & localização do Equipamento, Utilities Mecânicas e Utilities Elétricas**.

Agradecemos que verifique a informação prestada e em caso de dúvidas ou de alguma falha detetada, agradecemos o seu contacto de forma a podermos corrigir a mesma.
Atentamente
FM Team.

---------- IDENTIFICAÇÃO & LOCALIZAÇÃO EQUIPAMENTO ----------

Referência interna equipamento: WLPPRB-0004
Área: Waferprobe
Função do equipamento: Prober
Estado do Hook Up: Concluido
Data de conclusão: 06/05/2020
Estado do equipamento: Ativo
Edifício: Edifício 11
Piso: Piso 2
Localização do equipamento X: X9-4
Localização do equipamento Y: Y7-2
Código de Hook Up: 0001
Marca: TEL
Modelo: PRECIO XL
Número de série: PR10354
Owner nome:
Owner contacto:
Equipment Eng. nome:
Equipment Eng. contacto:
Comentário:

----UTILITIES MECÂNICAS----

Tipo de utilitie: Vácuo
Designação/Especificação: Vácuo
Comentário:
Código da válvula: X8.1_07
Localização da válvula X: X9-4
Localização da válvula Y: X9-4
Consumo mínimo teórico: L/min
Consumo médio teórico: 21 L/min
Consumo máximo teórico: L/min
Consumo mínimo medido: L/min
Consumo médio medido: L/min
Consumo máximo medido: L/min
Pressão mínima: bar
Pressão máxima: bar
Pressão regulada: bar
Diâmetro:
Tipo de ligação:
Contador:

Tipo de utilitie: Ar comprimido
Designação/Especificação: CDA
Comentário: Caneta
Código da válvula: X8.1_12
Localização da válvula X: X9-4
Localização da válvula Y: X9-4
Consumo mínimo teórico: L/min
Consumo médio teórico: L/min
Consumo máximo teórico: L/min
Consumo mínimo medido: L/min
Consumo médio medido: L/min
Consumo máximo medido: L/min
Pressão mínima: bar
Pressão máxima: bar
Pressão regulada: bar
Diâmetro: 1/4''
Tipo de ligação:
Contador:

Tipo de utilitie: Ar comprimido
Designação/Especificação: CDA
Comentário:
Código da válvula: X8.1_12
Localização da válvula X: X9-4
Localização da válvula Y: X9-4
Consumo mínimo teórico: L/min
Consumo médio teórico: 27 L/min
Consumo máximo teórico: L/min
Consumo mínimo medido: L/min
Consumo médio medido: L/min
Consumo máximo medido: L/min
Pressão mínima: bar
Pressão máxima: bar
Pressão regulada: bar
Diâmetro:
Tipo de ligação:
Contador:

----UTILITIES ELÉTRICAS----

Não utiliza utilities elétricas

Amkor Technology

Figura A.1: Email de informações de equipamento

A.2 Anexo 2

Relatório Turno BMS - Nº34 / 2020-6-7 (Noturno)

AB ATEP BMS Service

Reply | Reply All | Forward | ...

To Afonso Azevedo; Alvaro Henriques; Ana Oliveira; Antonio Gouveia; Antonio Noronha; Antonio Pires; Carlos Costa; Carlos Lourenco; David Rangel; Davide Castro; Fernando Sampaio; Gilberto Russa; Hugo Pereira; Joao Rocha; Jose Bento; Luis Martins; Marcelo Santos; Miguel Brandao; Osvaldo Oliveira; Paulo Milhazes; Paulo Pereira; Pedro Neves; Rafael Carvalho; Ricardo Antunes; Sergio Manuel Pereira; **+4 others** seg 08/06/2020 06:48

Retention Policy Default 2 Year Retention (2 years) Expires 08/06/2022

Exmos.(as) Senhores(as)
Segue abaixo o relatório de turno referente ao período indicado no assunto deste e-mail.

Relatório Turno BMS

19:00h de 7/6/2020 até às 07:00h de 8/6/2020

Relatório Nº - **34/2020**

Departamento - **FM**
Área - **BMS**

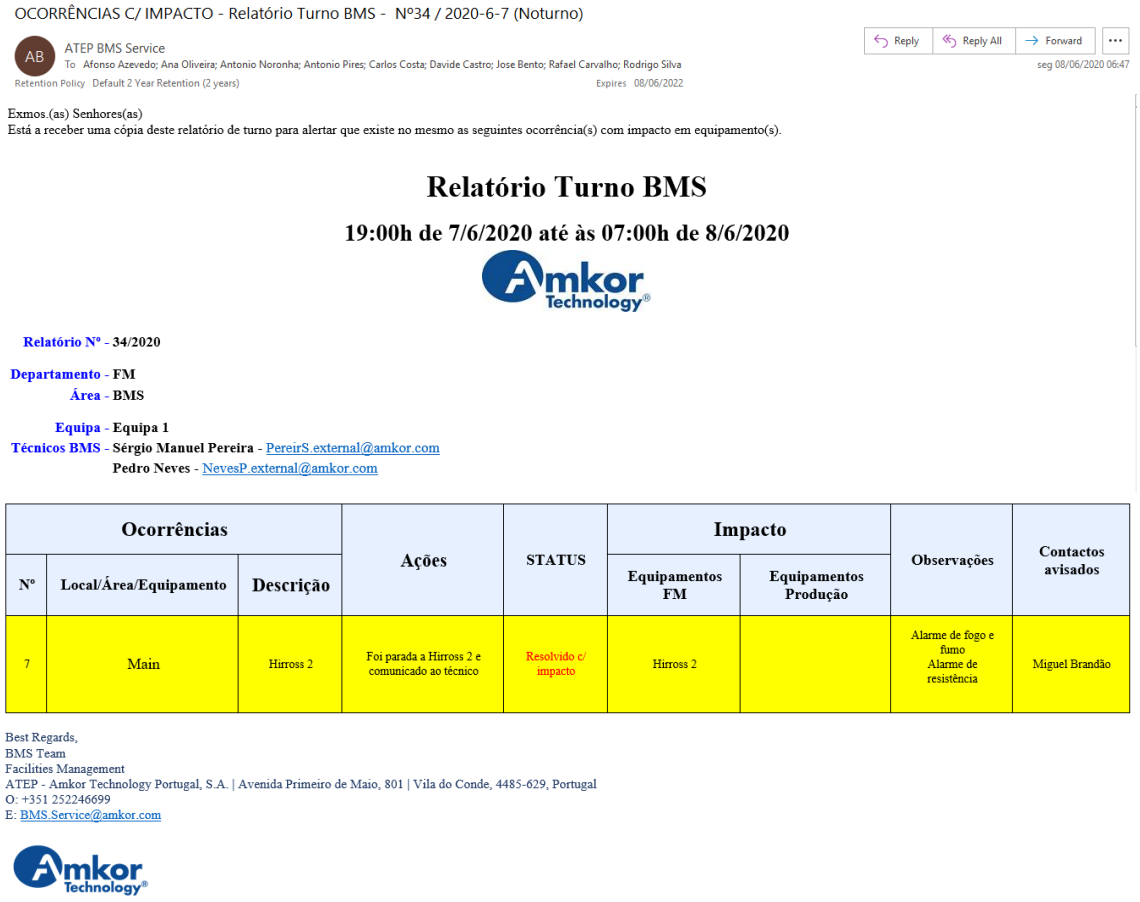
Equipa - **Equipa 1**
Técnicos BMS - **Sérgio Manuel Pereira** - PereirS.external@amkor.com
Pedro Neves - NevesP.external@amkor.com

Ocorrências			Ações	STATUS	Impacto		Observações	Contactos avisados
Nº	Local/Área/Equipamento	Descrição			Equipamentos FM	Equipamentos Produção		
1	Central Filtragem	Ferro	Medição de Ferro	Resolvido s/ impacto				
2	EDF. 12	Cantina	Substituição de 4 Lâmpadas	Resolvido s/ impacto				
3	EDF. 12	12AX91	Rearme	Resolvido s/ impacto				
4	EDF. 14	1403EEG03A03F648	Rearme diferencial a pedido do técnico Nuno Madureira	Resolvido s/ impacto				
5	EDF. 14	K03	Barreiras Interrompidas	Resolvido s/ impacto				
6	EDF. 14 Produção	Carrossel	Foi desligado o Carrossel após ter perdido os parâmetros, esta informação foi atualizada com o Eng. Davide Castro	Resolvido s/ impacto				
7	Main	Hirross 2	Foi parada a Hirross 2 e comunicado ao técnico	Resolvido c/ impacto	Hirross 2		Alarme de fogo e fumo Alarme de resistência	Miguel Brandão
8	RDL	Cu-Etch	Tirar amostra e acknowledge á Cu_Etch	Resolvido s/ impacto				
9	RDL	Ti-Etch	Tirar amostra e acknowledge á Ti_Etch.	Resolvido s/ impacto				
10	RDL	Tratamento de ácidos	Foi iniciado o tratamento do tanque dos Ácidos (Tanque 2 Cheio), (Tanque 1 com 10%)	Resolvido s/ impacto				

Best Regards,
BMS Team
Facilities Management
ATEP - Amkor Technology Portugal, S.A. | Avenida Primeiro de Maio, 801 | Vila do Conde, 4485-629, Portugal
O: +351 252246699
E: BMS.Service@amkor.com

Figura A.2: Email de relatório do BMS

A.3 Anexo 3



OCORRÊNCIAS C/ IMPACTO - Relatório Turno BMS - Nº34 / 2020-6-7 (Noturno)

AB ATEP BMS Service
To Afonso Azevedo; Ana Oliveira; Antonio Noronha; Antonio Pires; Carlos Costa; Davide Castro; Jose Bento; Rafael Carvalho; Rodrigo Silva
Retention Policy Default 2 Year Retention (2 years) Expires 08/06/2022

Reply Reply All Forward ...
seg 08/06/2020 06:47

Exmos.(as) Senhores(as)
Está a receber uma cópia deste relatório de turno para alertar que existe no mesmo as seguintes ocorrência(s) com impacto em equipamento(s).

Relatório Turno BMS

19:00h de 7/6/2020 até às 07:00h de 8/6/2020

Relatório Nº - 34/2020

Departamento - FM
Área - BMS

Equipa - Equipa 1
Técnicos BMS - Sérgio Manuel Pereira - PereirS.external@amkor.com
Pedro Neves - NevesP.external@amkor.com

Ocorrências			Ações	STATUS	Impacto		Observações	Contactos avisados
Nº	Local/Área/Equipamento	Descrição			Equipamentos FM	Equipamentos Produção		
7	Main	Hirross 2	Foi parada a Hirross 2 e comunicado ao técnico	Resolvido c/ impacto	Hirross 2		Alarme de fogo e fumo Alarme de resistência	Miguel Brandão

Best Regards,
BMS Team
Facilities Management
ATEP - Amkor Technology Portugal, S.A. | Avenida Primeiro de Maio, 801 | Vila do Conde, 4485-629, Portugal
O: +351 252246699
E: BMS.Service@amkor.com

Figura A.3: Email de ocorrências com impacto do relatório do BMS