

António Pedro Nunes Pereira

Plataforma gráfica de monitorização de produção FV
para sistemas móveis Android



António Pedro Nunes Pereira

Plataforma gráfica de monitorização de produção FV
para sistemas móveis Android

Tese de Mestrado

Engenharia Eletrotécnica - Energia e Automação Industrial

Professor Doutor Paulo Rogério Perfeito Tomé

Professor Doutor Paulo Moisés Almeida da Costa



"O homem que não comete erros geralmente não faz nada."

E. J. Phelps

NOTA PRÉVIA

Este trabalho deu origem ao artigo: Arquitetura de Sistema de Informação de Suporte à Monitorização de Sistemas Fotovoltaicos [1].

RESUMO

Os sistemas de monitorização e supervisão são um recurso crucial à exploração de centrais fotovoltaicas (FV), permitindo a recolha de dados sobre o seu funcionamento. Estes dados, após processamento adequado, permitem determinar indicadores de desempenho, efetuar comparações, identificar tendências de comportamento, detetar e localizar anomalias em equipamentos/sistemas e definir planos de manutenção otimizados. A consequência mais evidente da utilização destes sistemas é a melhoria do desempenho técnico-económico das centrais FV.

O presente trabalho apresenta um sistema capaz de disponibilizar informação relativa ao funcionamento de uma central FV, independentemente da sua dimensão, num dispositivo móvel. Este trabalho foi proposto pela empresa Martifer Solar para uma eventual mais-valia dos seus sistemas de supervisão.

A arquitetura proposta contempla aspetos importantes na conceção de Sistemas de Informação, como sejam a flexibilidade e a segurança de sistemas. É feito com recurso a um webservice baseado em SOAP (Simple Object Access Protocol) que interliga a aplicação servidor com uma aplicação cliente, desenvolvida para dispositivos móveis com SO Android, denominada de mSMARMSYST. Nesta aplicação pode ser consultada uma lista de todos os equipamentos e o seu estado de comunicação, todos os erros que estão a ocorrer num determinado parque FV, ver produções de energia momentâneas, observar histórico de dados e produção diária para ajudar na manutenção e supervisão de um parque FV.

ABSTRACT

The monitoring and supervision systems are crucial to the operation of photovoltaic plants (PV), allowing the gathering of data about its operation. This data, after proper processing, allow to obtain performance indicators, the establishment of comparisons, the identification of behavior trends, the detection and location of malfunctions in equipment / systems and the definition of optimized maintenance plans. The most obvious consequence of the use of monitoring and supervision systems is the improvement of the technical and economical performance of PV plants.

This document presents an architecture of a system able to provide information about the operation of a PV plant, regardless of its size, in a mobile device. The proposed architecture includes important aspects concerning the design of information systems, namely concerning the system flexibility and security.

The project was made using a webservice based on SOAP protocol that connects database server with client mobile device application mSMARMSYST. In this application the user can search for a list of all equipment and their communication status, can see errors that are occurring in a given PV plant, see real time energy production, observe historical data and view data in a graphic format. This functions are perfect to assist in the maintenace and supervision of the PV plant.

PALAVRAS CHAVE

Centrais fotovoltaicas
Monitorização
Supervisão
Arquitecturas de Sistemas de Informação
Dispositivos Móveis
Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados
Base de Dados
Webservice
Aplicação Android

KEYWORDS

Photovoltaic Plant
Monitoring
Supervision
Architecture of Information Systems
Mobile device
Supervision Control and Data Acquisition System
Database
Webservice
Android Application

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus orientadores, Professor Doutor Paulo Rogério Perfeito Tomé e Professor Doutor Paulo Moisés Almeida da Costa, pela orientação dada ao longo do meu trabalho de Mestrado.

Agradeço também ao meus monitores de projeto na Martifer Solar, Engenheiro José Pascoal e Engenheiro Pedro Sousa o seu auxílio sempre que foi oportuno e os constantes conselhos, em particular, no esforço desenvolvido para me dar todas as informações necessárias sobre a supervisão das centrais fotovoltaicas.

Aos meus colegas que, tal como eu, passaram o semestre a elaborar um trabalho de dissertação, pelo companheirismo, ajuda e motivação.

Ao Hugo Ribeiro, um especial obrigado, que sempre que necessário, deu a sua opinião e ajuda durante a fase de desenvolvimento e escrita da dissertação.

A todos os que não foram mencionados, mas estiveram envolvidos e me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, agradeço também profundamente.

Por último, mas não menos importantes, gostaria de agradecer aos meus pais, ao meu irmão e à minha namorada, pelo facto de me terem acompanhado durante todo o curso.

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABELAS	xix
ÍNDICE DE SECÇÃO DE CÓDIGOS	xxi
ABREVIATURAS E SIGLAS	xxiii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação e Objectivos	3
1.3 Desenvolvimento do Projeto	3
1.4 Organização do documento	4
2 Instalações fotovoltaicas	5
2.1 Centrais fotovoltaicas	5
2.2 Sistema de Supervisão SCADA	8
2.3 Aquisição e armazenamento de dados	10
2.4 Monitorização remota	11
2.4.1 Aplicações existentes no mercado	12
3 Tecnologias Utilizadas	17
3.1 Software Utilizado	17
3.2 Android	18
3.3 Webservice	21
4 Análise do Problema	25
4.1 Enquadramento do problema	25
4.2 Arquitetura do Sistema	26
4.2.1 Base de Dados Existente	27
4.2.2 Desenvolvimento do Webservice	30
4.2.3 Dispositivo móvel com SO Android	32
5 Sistema mSMARTMSYST	35
5.1 Resumo da Estrutura Implementada	35
5.2 Aquisição e Armazenamento	36

5.3	Webservice	36
5.4	Aplicação Gráfica	40
5.4.1	Iniciando a aplicação	42
5.4.2	Configuração das Centrais FV na Aplicação	42
5.4.3	Níveis de Acesso	45
5.4.4	Funcionalidades do Menu	47
5.4.4.1	Plantas (Centrais FV)	47
5.4.4.2	Home	47
5.4.4.3	Dashboard	48
5.4.4.4	Equipamentos	49
5.4.4.5	Alarmes	50
5.4.4.6	Histórico	51
5.4.4.7	Produção	52
5.5	Utilização de outras Base de Dados	53
5.6	Resultados/Testes	54
6	Conclusão	57
6.1	Trabalho Desenvolvido	57
6.2	Trabalhos futuros	58
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICES	
	APÊNDICE A Estrutura das Classes da Aplicação	65

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1	Central FV típica.	6
2.2	Sistema Eléctrico Isolado.	7
2.3	Sistema Eléctrico Interligado à rede.	7
2.4	Central FV.	8
2.5	Equipamentos SCADA.	9
2.6	SCADA SMARTMSYST.	9
2.7	Solar Analyzer Screen.	13
2.8	SunWatcher Screen.	14
2.9	Solar Log Screen.	15
3.1	Instância do sistema desenvolvido	18
3.2	Android: Ciclo de uma atividade	19
3.3	Palete de elementos do ADT	20
3.4	Layout com Adapters.	21
4.1	Diagrama funcional do sistema.	26
4.2	Camadas da arquitetura do sistema.	27
4.3	Estrutura da base de dados.	28
4.4	Resultado do procedimento mostrado pelo código 4.2.	31
4.5	Protótipo da Aplicação mSMARTMSYST.	33
5.1	Estrutura do Sistema mSMARTMSYST.	36
5.2	Resultado de uma Query à BD.	37
5.3	Webservice.	38
5.4	Resultado devolvido pela função EquipmentNames do Webservice.	39
5.5	Fluxograma da aplicação.	40
5.6	Ecrã inicial da aplicação.	42
5.7	Ecrã de configuração de nova central.	43
5.8	Estado de comunicação com a BD.	43
5.9	Lista de Centrais.	44
5.10	Adicionar nova central FV.	44
5.11	Menu da aplicação (admin/user/guest).	45
5.12	Ecrã de Autenticação.	46
5.13	Selecionar uma central.	47
5.14	Ecrã Home.	48
5.15	Ecrã Dashboard.	48
5.16	Ecrã Dashboard - Restantes Abas	49

ÍNDICE DE FIGURAS

5.17	Menu de Equipamentos.	50
5.18	Menu de Alarmes.	50
5.19	Menu Histórico.	51
5.20	Apresentação de dados do Menu Histórico.	51
5.21	Menu Produção.	52
5.22	Comparação de dados entre aplicações.	55
A.1	Classes do mSMARTMSYST	65

ÍNDICE DE TABELAS

2.1	Parâmetros a monitorizar num parque FV.	10
2.2	Resumo das características das aplicações.	15
3.1	Software de Desenvolvimento Android	18
4.1	Variáveis da BD usadas na aplicação.	29
5.1	Métodos Webservice.	38
5.2	Tempos de Resposta da Aplicação.	55

ÍNDICE DE SECÇÃO DE CÓDIGOS

4.1	Excerto de código em Visual Basic para extrair dados da BD.	30
4.2	Procedimento da Base de Dados.	31
5.1	Excerto de código em Visual Basic para construir o XML.	39
5.2	Alteração ao método HistoricData do Webservice.	53
5.3	Alteração ao método ProductionTable do Webservice.	54

ABREVIATURAS E SIGLAS

ADT	Android Development Tools.
FV	Fotovoltaico.
IIS	Internet Information Services.
RTU	Remote Terminal Unit.
SCADA	Supervision Control And Data Acquisition.
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados.
SO	Sistema Operativo.
SOAP	Simple Object Access Protocol.
SQL	Structured Query Language.
UE	União Europeia.

1. Introdução

O presente trabalho descreve o processo de desenvolvimento de uma aplicação para dispositivos móveis Android capaz de mostrar dados relevantes sobre o desempenho de uma central fotovoltaica.

Neste capítulo apresenta-se o enquadramento do trabalho no contexto ambiental e económico bem como as motivações que levaram à respetiva elaboração. O capítulo descreve ainda a disposição de conteúdos da dissertação.

1.1 Enquadramento

O impacto ambiental que a produção de energia gera, a crescente escassez de recursos fósseis [2–4], o aumento continuado dos seus custos e a necessidade de redução da dependência energética de alguns países tem tornado inevitável a crescente utilização de fontes de energia renováveis. Neste contexto, a União Europeia (UE) definiu a estratégia "20, 20, 20", a qual estabelece que, em 2020: i) 20% da energia consumida seja proveniente de fontes renováveis; ii) se verifique um aumento de 20% na eficiência energética, iii) se verifique uma redução de 20% das emissões de gases com efeito de estufa [5]. Sendo que a UE já está a preparar o período pós-2020, a fim de fornecer atempadamente aos investidores orientações políticas claras sobre o referido período [6]. Os pilares que sustentarão a nova diretiva em relação à climatização e energia serão: a redução dos gases de efeito de estufa em 40% comparativamente aos dados de 1990, e para a energia pretende-se que 27% da produção seja proveniente de fontes renováveis até 2030 [7].

A aposta em energias renováveis na UE é, portanto, uma realidade incontornável. Entre estas, os recursos hídricos, eólico e solar são aqueles que mais se têm vindo a afirmar. No caso concreto da energia Fotovoltaica (FV), esta afirmação ocorreu, fundamentalmente, ao longo da última década devido à interligação com a rede elétrica de unidades de produção com potências desde alguns kW até dezenas de MW. O significativo crescimento da energia FV deveu-se aos incentivos levados à prática por diversos governos e ao conseqüente decréscimo dos custos da tecnologia, o que aumentou a atratividade do investimento neste tipo de unidades de produção renovável de eletricidade.

Em Portugal, foram produzidos, no ano de 2012, 409 GWh de eletricidade com origem FV [8]. A energia FV é captada com recurso a módulos solares capazes de converter a radiação solar em eletricidade através do efeito fotoelétrico [9]. O rendimento desta conversão é relativamente baixo, apesar da significativa melhoria ocorrida nos últimos anos. Com efeito, apesar dos relatos sobre rendimentos na ordem dos 28% [10], o facto é que o rendimento dos módulos comerciais dificilmente ultrapassa os 20%, quando em condições reais de exploração. O baixo rendimento da conversão fotoelétrica, a relativa baixa densidade energética da fonte primária quando chega à superfície terrestre [11] e o facto do desempenho dos módulos FV ser significativamente influenciado por condições climatéricas são as principais desvantagens desta tecnologia [12]. Estas desvantagens têm, ao longo dos anos, determinado o desenvolvimento de técnicas de dimensionamento, supervisão, monitorização e controlo dos sistemas FV de forma a otimizar o respetivo rendimento.

Existem ainda outros aspetos que podem condicionar o desempenho energético de um sistema FV, nomeadamente: i) a acumulação de sujidade sobre os módulos FV; ii) a avaria de células nos módulos (que passam a atuar como consumidores de energia); iii) a avaria de outros componentes da central FV (inversores, cabos elétricos, sistemas de medição, etc.); iv) a atuação de dispositivos de proteção elétrica na sequência de defeitos, ou mesmo de forma intempestiva. Estes problemas tendem a comprometer a produção de eletricidade de uma unidade FV e, conseqüentemente, o respetivo desempenho económico e eventuais contratos de produtividade.

Compreende-se, pelo exposto, a necessidade de se equipar as centrais FV (em particular as de maior potência instalada) com sistemas que permitam a monitorização e o armazenamento de parâmetros relacionados com o seu funcionamento [12]. Os dados armazenados permitirão, após tratamento próprio, a obtenção de informação relativa ao desempenho da central, quer em tempo real, quer no que concerne a históricos. Entre outros, poderão ser definidos indicadores de mérito (com diversas periodicidades) que permitam avaliar o desempenho do sistema fotovoltaico (rendimento, fator de carga médio, máximo e mínimo, horas à plena carga, razão entre a produção efetiva e a produção esperada, etc.). Ademais, a informação resultante dos

dados recolhidos pelo sistema de monitorização pode ser apresentada ao longo do tempo, permitindo perceber, por exemplo, o grau de envelhecimento do sistema ou detetar potenciais anomalias no funcionamento dos equipamentos que integram a central fotovoltaica (módulos FV, inversores, canalizações elétricas, proteções, etc.).

O sistema de monitorização pode também ser a base para um processo de definição de estratégias de manutenção que permitam garantir elevados níveis de performance [12, 13]. Adicionalmente, permitirá uma mais rápida deteção e reparação de avarias que venham a ocorrer ao longo da exploração da central FV, com evidentes ganhos em termos do desempenho económico desta [13, 14].

1.2 Motivação e Objectivos

Este trabalho surgiu de uma solicitação da Martifer Solar no sentido de se desenvolver uma aplicação para dispositivos móveis capaz de disponibilizar informação relativa ao funcionamento de centrais fotovoltaicas. Esta aplicação destina-se a ser utilizada em parques solares cuja monitorização seja da responsabilidade da empresa.

A ferramenta deverá identificar e apresentar vários parâmetros de depuramento, os quais se encontram armazenados numa BD já existente. A listagem de erros dos equipamentos e de variáveis de produção deve adaptar-se de modo a que seja útil tanto para o cliente como para a Martifer Solar.

Assim, o desenvolvimento da ferramenta pretendida, envolveu:

1. A análise da estrutura de BD existente (base de dados em SQL Server);
2. A definição duma arquitectura do sistema;
3. A concretização de um sistema de suporte que permita interligar as bases de dados com a aplicação a desenvolver;
4. O desenvolvimento de um ambiente gráfico intuitivo para apresentação da informação relativa aos dados obtidos na BD.

1.3 Desenvolvimento do Projeto

Tendo em conta os objetivos propostos o presente trabalho envolveu diversas etapas, nomeadamente:

- Estudo dos equipamentos que tipicamente integram numa central fotovoltaica e dos respetivos parâmetros mais importantes;

- Estudo da estrutura da base de dados existente fornecida pela Martifer Solar de modo a perceber quais as tabelas e campos necessários a trabalhar;
- Perceber como funcionam os WebServices de modo a criar uma meio de ligação entre a aplicação e a base de dados. Foi estudada a linguagem Visual Basic para a programação dos métodos de ligação à BD;
- Estudo das tecnologias: Linguagem SQL, VB, XML, JAVA, Android;
- Concepção da interface gráfica;
- Desenvolvimento do sistema, colocando a aplicação a mostrar dados provenientes da BD;
- Desenvolvimento de um ambiente gráfico intuitivo;
- Escrita do documento final.

1.4 Organização do documento

Esta dissertação está organizada em seis capítulos, onde se descreve todo o trabalho realizado.

No primeiro capítulo, faz-se uma introdução geral, que serve para explicar a necessidade de desenvolver este projeto e quais os objetivos pretendidos com a realização desta dissertação.

No segundo capítulo, faz-se uma introdução às instalações fotovoltaicas e aos sistema de monitorização das mesmas, focando no final algumas ferramentas de monitorização remota existentes no mercado.

No terceiro capítulo, descreve-se pormenorizadamente as tecnologias necessárias para desenvolver este trabalho.

No quarto capítulo, apresenta-se o problema e a arquitetura proposta para dar inicio ao desenvolvimento do trabalho.

No quinto capítulo, mostra-se o trabalho desenvolvido com imagens da aplicação em funcionamento.

Por fim, no sexto capítulo, apresentam-se as conclusões da dissertação realizada e algumas propostas para trabalhos futuros.

2. Instalações fotovoltaicas

As instalações fotovoltaicas (FV) permitem gerar energia elétrica através de uma fonte de energia renovável, o Sol. Em consequência, as centrais FV são geradores de energia “limpa” cuja utilização tem vindo a crescer de forma consistente.

Neste capítulo descreve-se a constituição típica de uma central FV e apresentam-se em seguida os sistemas de supervisão destacando a sua finalidade. Explica-se ainda as razões que levam à necessidade de se adquirir e armazenar dados relativos à operação de centrais FV. Por último enumeram-se algumas vantagens relacionadas com a utilização de uma aplicação remota que mostre os mesmos dados e apresentam-se algumas características de aplicações remotas existentes no mercado.

2.1 Centrais fotovoltaicas

As instalações FV empregam vários componentes para que a transformação de energia solar em energia elétrica seja possível.

Os módulos solares, constituídos por células baseadas em semicondutores [9], são o componente mais importante da central. A eletricidade é produzida na forma de corrente contínua (CC) e, geralmente, tem de ser convertida para corrente alternada (CA) com características adequadas à posterior injeção na rede elétrica. A conversão CC/CA é assegurada por dispositivos designados por inversores, que permitem a conversão da eletricidade produzida por um conjunto de várias séries de módulos (fileiras ou strings) ligadas

em paralelo (ver Figura 2.1). Entre os módulos solares e os inversores podem ser instalados (dependendo da arquitetura) quadros elétricos que permitem a ligação de diversas fileiras em paralelo, bem como a instalação de equipamentos de proteção e, por vezes, de medição/controlo. As saídas dos inversores, em centrais de potência elevada, são ligadas a transformadores, que permitem a injeção da eletricidade gerada na rede elétrica. Dependendo da arquitetura da central FV, um transformador pode servir um ou mais inversores. Nesta última situação existirão quadros AC que permitem o estabelecimento do paralelo entre vários inversores. Neste quadro AC (ou junto ao transformador) podem ser instalados dispositivos de medição, proteção e comando.

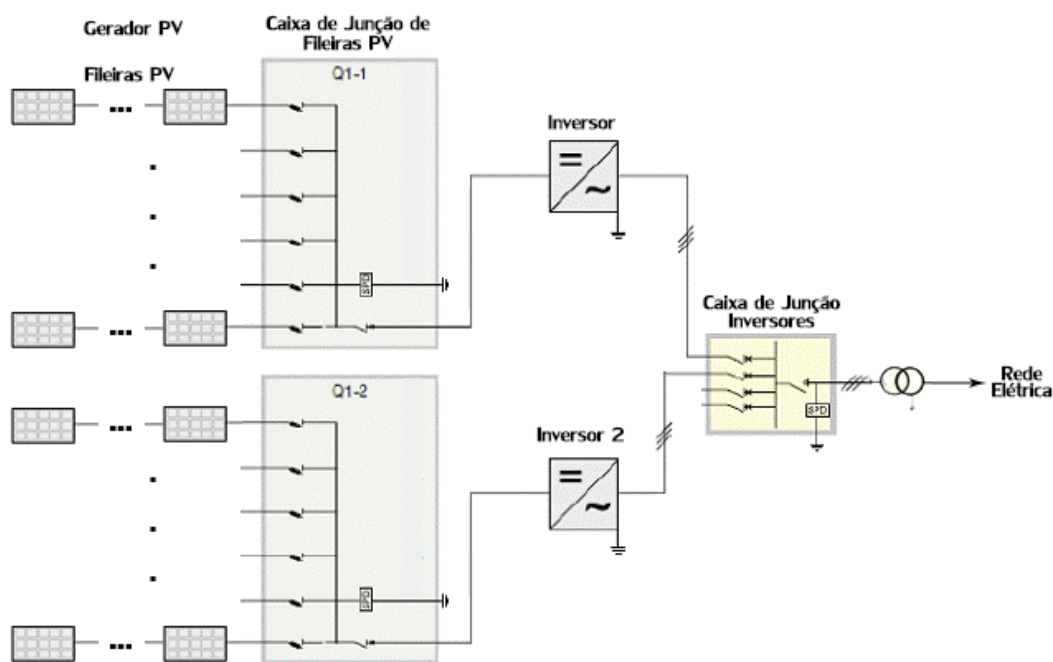


Figura 2.1: Central FV típica.

As instalações FV podem ser divididas em: sistemas isolados ou sistemas interligadas à rede. Os sistemas isolados são sistemas autónomos, não ligados às redes elétricas, e são normalmente instalados em zonas onde não existe rede de distribuição de energia elétrica ou em situações em que a ligação a estas redes se revela dispendiosa. A figura 2.2 ilustra o esquema de um sistema autónomo aplicado a uma habitação. Neste caso a, energia é produzida no gerador FV, tratada pelo controlador de carga, para otimizar a produção e armazenada em baterias devidamente dimensionadas de acordo com as cargas da instalação. A alimentação das cargas da habitação é conseguida através da utilização de um inversor apropriado que converte a tensão DC em tensão AC com as necessárias características.

Os sistemas interligados com a rede (figura 2.3), não precisam de baterias nem de controladores de carga. Efetivamente, estes sistemas não precisam de armazenar a energia em excesso uma vez que podem exportá-la para a rede. A injeção de energia na rede é conseguida

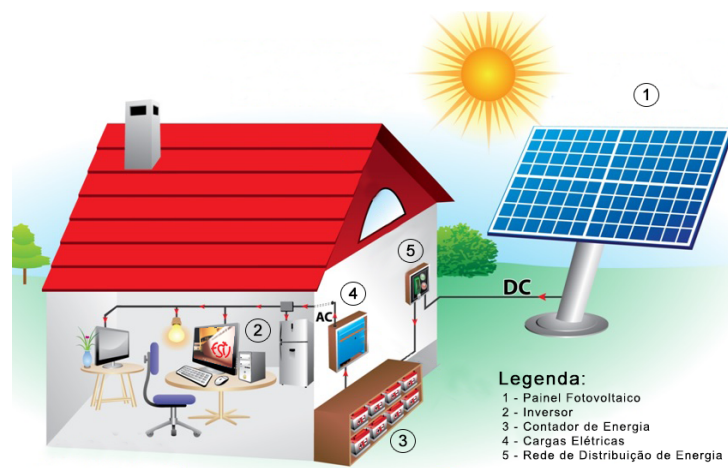


Figura 2.2: Sistema Eléctrico Isolado (Adaptado de Neosolar).

através da utilização de um (ou mais) inversor de rede.

Neste caso, a energia solar é captada pelos módulos e convertida em energia elétrica, sob a forma de CC. Em seguida, utilizando um inversor, a CC é convertida em CA com as características necessárias para injeção na rede pública.

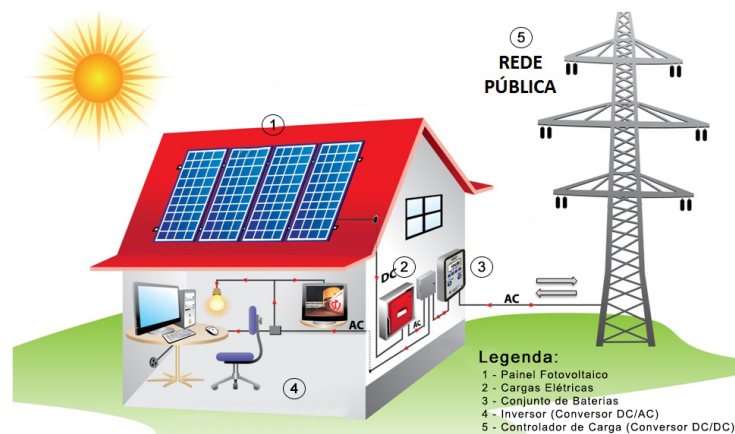


Figura 2.3: Sistema Eléctrico Interligado à rede (Adaptado de Neosolar).

Uma vez que o investimento em centrais FV de elevada potência (Figura 2.4) é elevado, estas centrais são, geralmente, dotadas de sistemas de monitorização de modo a torná-las mais eficientes, de modo a garantir a ininterruptibilidade e os níveis de produção do mesmo. Os sistemas de monitorização podem também ser utilizados em centrais FV de potências mais reduzidas. Contudo, economicamente não é viável investir em equipamentos de leitura e sistemas de armazenamento em centrais em que o custo final é baixo.

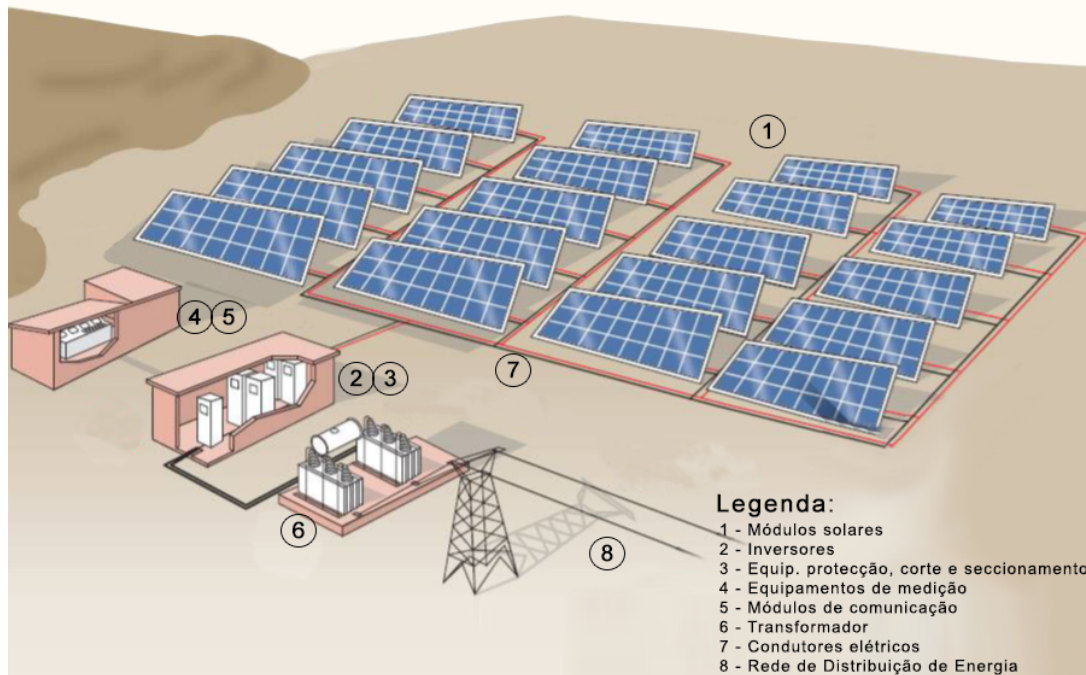


Figura 2.4: Central FV (Adaptado de unese.es).

2.2 Sistema de Supervisão SCADA

Um sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) integra software e hardware que possibilita a monitorização e o controlo de sistemas geograficamente distribuídos [15]. É um sistema complexo que permite a comunicação entre as centrais remotas e o centro de controlo, fornecendo dados e informações importantes para o comando de processo de operações do sistema. No caso específico deste trabalho, o sistema é um parque fotovoltaico. [16].

Estes sistemas são normalmente concebidos para projectos de grande dimensão que sejam simples de controlar e monitorizar e, são de maior valor quando estão a monitorizar áreas de difícil acesso ou perigosas. Na figura 2.5a é possível observar uma arquitectura de um sistema SCADA. E na figura 2.5b estão ilustradas as conexões dos terminais remotos (RTU), responsáveis pela aquisição dos dados de campo e envio para o sistema de supervisão por algum protocolo de comunicação.

Como os parques fotovoltaicos instalados pela Martifer Solar são de grande dimensão, com potências instaladas, maioritariamente, acima de 1MW, eles próprios também projetam o seu sistema SCADA, denominado SMARTMSYST (ver figura 2.6). A tabela 2.1 evidencia os dados fundamentais adquiridos pelo SCADA, bem como o tipo de equipamentos que permitem a sua aquisição e respetiva localização.

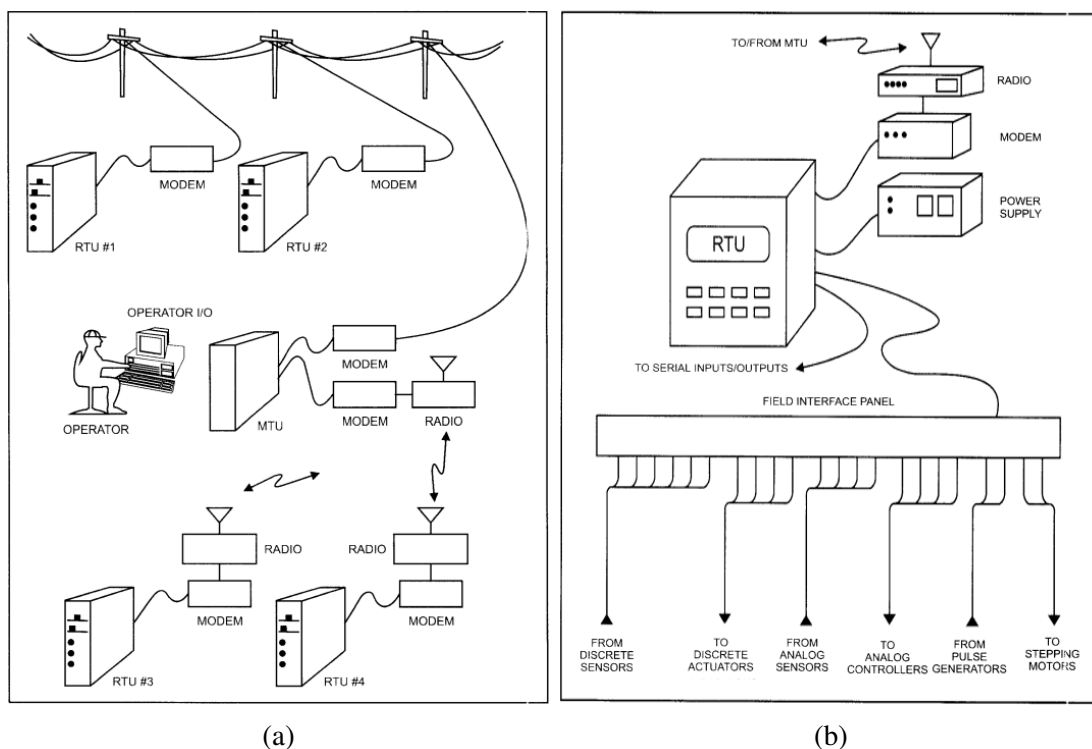


Figura 2.5: Equipamentos SCADA (Adaptado de [15]).

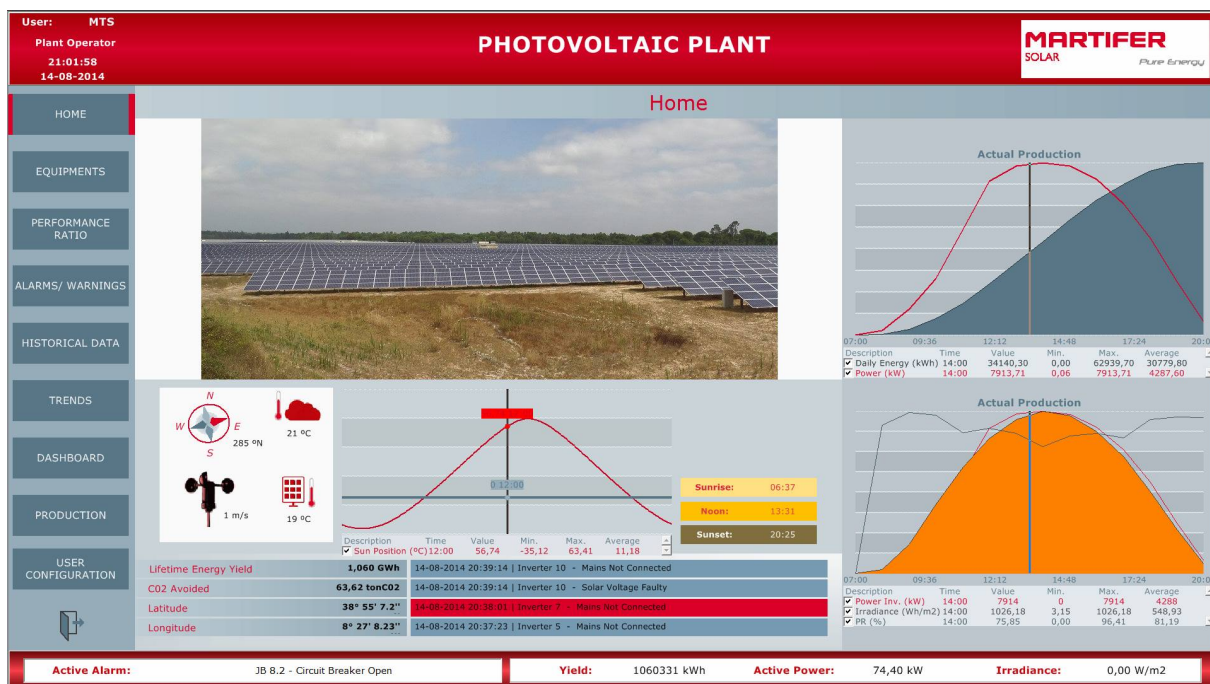


Figura 2.6: SCADA SMARTMSYST.

Os sistemas SCADA têm grande importância na operação das centrais FV pois permite supervisionar toda a instalação, obtendo um imagem real das condições destas instalações, permitindo aos operadores atuarem em caso de falha com maior rapidez.

Tabela 2.1: Parâmetros a monitorizar num parque FV.

Equipamento	Variável
Estação meteorológica	<ul style="list-style-type: none"> - Radiação direta/difusa - Temperatura ambiente - Velocidade/direção do vento - Pressão atmosférica
Analísadores de energia localizados nas caixas de junção	- Tensão e corrente DC por fileira ou por agrupamento de fileiras
Sistemas de medição de temperatura	- Temperatura dos módulos FV
Sistema de medição integrado nos próprios inversores ou, na falta destes, analisadores de energia adequados.	<ul style="list-style-type: none"> - Corrente, tensão e potência DC à entrada do inversor - Corrente, tensão e potência AC à saída do inversor - Fator de potência no lado AC - Rendimento do inversor - Tensão e frequência da rede recetora
Analísador / contador de energia localizado, por exemplo, na caixa de junção de inversores	- Corrente, tensão, potência e fator de potência no ponto de entrega à rede (antes ou depois do transformador de interligação, caso exista)

Os dados recolhidos e armazenados pelo sistema permitirão não só estar atento a avarias como, também fazer análises estatísticas capazes de fornecer indicadores de desempenho, histórico da central e tendências de evolução (degradamento dos painéis FV por exemplo). A definição de indicadores de desempenho envolve a utilização de metodologias próprias para o efeito, como as que são apresentadas em [14, 17–21].

Esses dados têm, posteriormente, de ser tratados para que se obtenha informação relevante para os diversos decisores envolvidos na exploração de uma central FV. É ainda relevante que a informação obtida seja apresentada de forma intuitiva e, dada a sua crescente utilização e vantagens, de preferência em dispositivos móveis.

2.3 Aquisição e armazenamento de dados

A monitorização do comportamento de sistemas fotovoltaicos e o conseqüente armazenamento de dados em bases de dados adequadas é, cada vez mais, uma tarefa determinante. Os dados obtidos pela monitorização podem ser utilizados para, em tempo real, avaliar o estado do gerador fotovoltaico comparando, por exemplo, a potência gerada com o respetivo valor esperado. Adicionalmente, estes dados podem ser utilizados para a avaliação da efetiva produtividade do gerador fotovoltaico bem como para a definição de indicadores de mérito (com diversas periodicidades) que permitam avaliar o desempenho do sistema fotovoltaico (rendimento, fator de carga médio, máximo e mínimo, horas à plena carga, razão entre a produção efectiva e a produção esperada, etc.). Ademais, esta informação pode ser apresentada

ao longo do tempo, o que permite perceber, por exemplo, o grau de envelhecimento do sistema ou detetar potenciais anomalias no funcionamento do gerador.

Para que esta informação esteja centralizada e disponível são necessários alguns equipamentos de medição de dados. Os mais relevantes num parque fotovoltaico são: PLC, Dataloggers, contadores e analisadores de energia e caixas de monitorização de strings. Os dados obtidos em campo são tratados e inseridos em base de dados próprias para que se mantenha um registo regular de todas as variáveis de campo.

No processo de aquisição e armazenamento destes dados podem coexistir vários protocolos de comunicação [13], dependendo dos equipamentos integrados no sistema de monitorização. Significa isto que o processo de aquisição de dados envolve o desenvolvimento de plataformas capazes de comunicar com os equipamentos existentes na central, a recolha dos dados e o seu armazenamento em base de dados adequadas. Existem normas contendo recomendações sobre a forma como os sistemas de monitorização devem funcionar. Por exemplo, a Norma IEC 61724 [22] define diretrizes para a medição (erros máximos admissíveis, por exemplo) e para a troca e análise de dados.

2.4 Monitorização remota

A central de monitorização, da Martifer Solar, corre num ambiente windows e pode ser acedida por software de controlo remoto através de qualquer computador. Contudo, aceder a estas através de um dispositivo móvel torna-se num processo lento.

Recorrendo a outro tipo de tecnologias podemos desenvolver uma aplicação móvel dedicada, de modo a monitorizar os dados da central FV. A portabilidade e o acesso a um computador não é tão facilitada como a de um telemóvel, objeto indispensável nos dias de hoje. Assim, quando alguma avaria é detectada, pode ser visualizada e analisada em qualquer local.

Com o desenvolvimento duma aplicação móvel temos as seguintes vantagens:

1. Dados pertinentes para técnicos de manutenção utilizarem no terreno;
2. Análise de dados em qualquer lugar;
3. Obtenção de dados reais para divulgação e marketing.

2.4.1 Aplicações existentes no mercado

Existem, atualmente, diversas aplicações desenvolvidas para diferentes plataformas que permitem a monitorização de sistemas FV, nomeadamente: PV Output, Solar Analyzer, SunWatcher, e outras normalmente associadas ao seu próprio equipamento de aquisição como: Solar Status, Sunny Portal, Solar-Log, WebdynSun, Rbee solar, SolarMax, Power-one, etc. [23–29].

Estas aplicações foram desenvolvidas, essencialmente, para monitorização de instalações FV com potência instalada de alguns kW. Em algumas situações, como é o caso da aplicação PV Output, é necessário fazer o registo periódico e manual de parâmetros, impossibilitando uma monitorização adequada a uma central FV de média/grande dimensão.

As aplicações apresentadas tem características e funcionalidades próprias e para perceber melhor as funcionalidades de cada uma, serão apresentadas características pormenorizadas de 3 das aplicações: Solar Analyzer, SunWatcher e Solar Log.

Solar Analyzer é um aplicação desenvolvida pela Sunics e está disponível, em versão grátis e paga (29,95 €) no google play, para os seguintes dispositivos:

- Solar-LogTM;
- SolarView@Fritzbox, Sun-Watch, Freesol e Hyperion;
- Inversores Kaco Powador, Kostal Piko e Sunways;
- S0control, SMAspot, PVOutput.org;
- meteocontrol WEB'log PRO, Kaco proLOG;
- SMA Sunny Webbox BT & RS485;
- SMA Sunny Explorer & Sunny Beam csv-files.

A versão grátis apresenta as seguintes características: Vista de produção diária, mensal, anual e total; Sincronização automática de 5 em 5 minutos; Aceita até 80 inversores por sistema FV; Previsões do tempo até 12h; Widgets¹; Zoom Automático; Sistema de cache; Linguagens disponíveis: Alemão, Inglês, Italiano e Francês.

Quanto à versão paga, esta acrescenta mais algumas funcionalidades, nomeadamente: estimativa de produção baseado na previsão meteorológica, ecrã de informações meteorológicas, vista de múltiplos inversores. Adicionalmente, para dispositivos compatíveis

¹Widgets são aplicações em miniatura que podem ser embebidas no ecrã do dispositivo.

mostra a potência em tempo real, posição de seguidores solares e valores de potência DC e energia DC nas fileiras ("strings").

A figura 2.7 mostra o aspecto gráfico da aplicação. Podem ser observado dados meteorológicos, gráfico de produção, e algumas variáveis de produção: Potência Atual (1618 W), Energia Diária Acumulada (18.41 kWh), Energia Pico (3.54 kWhp) e remuneração de venda (9.06 €).

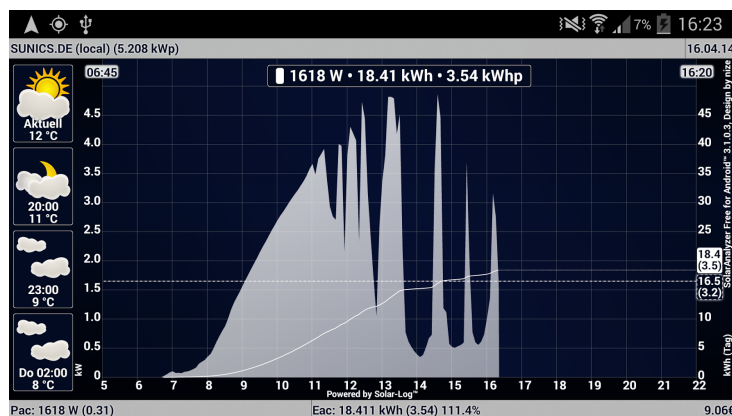


Figura 2.7: Solar Analyzer Screen.

A aplicação SunWatcher, desenvolvida por Michael Weisser, está disponível gratuitamente nos repositórios do google play. Esta aplicação permite registar e analisar dados dos seguintes dispositivos:

- Solar-Log™;
- Sun-Watch;
- Kostal Piko;
- PowerDog™;
- PV-Log;
- Suntrol Portal;
- REFUlog Portal;
- PVOutput;
- SolarView;
- SMA CSV-Format, Sunny Webbox and Webbox Bluetooth.

O SunWatcher funciona em modo offline, isto é, só requer ligação à internet para fazer o download dos dados. Depois disso, são guardados na memória interna do telefone, disponíveis para visualizar em qualquer altura. Tem widget, vista de produção diária, mensal e anual, curvas de tendência e cálculo de remuneração.

A figura 2.8 mostra o aspecto gráfico da aplicação. Consiste num gráfico de produção onde pode ser observada a energia produzida durante o mês de Junho de 2011, e a potência de pico atingida (10,15 kWp).

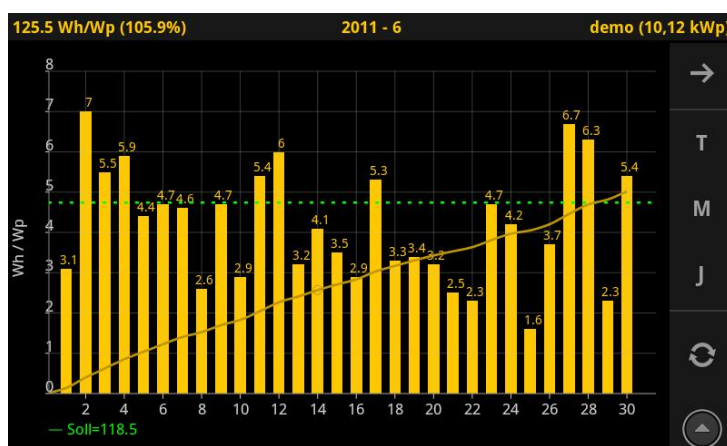


Figura 2.8: SunWatcher Screen.

A Solar-Log™ APP, também gratuita e disponível no google play, oferece uma visualização gráfica de centrais FV. Mostra dados do presente e do passado e representa-os em formato dia, mês, ano ou numa visão global (produção total da central). Calcula o ganho em termos ambientais do CO₂ não produzido e mostra a potência auto-consumida.

A aplicação salva todos os dados na memória interna do dispositivo assim mesmo sem conexão à internet é possível ver todos os dados de campo. É importante referir que os dados analisados pela aplicação são dados passados.

Esta aplicação suporta todas as centrais que estão acessíveis pela página webSolar-Log™ WEB "Commercial Edition" e Solar-Log™ WEB "Classic 2nd Edition", portais para os clientes que adquiram aparelhos de monitorização Solar-Log™.

A figura 2.9 representa o aspeto da aplicação. A apresentação dos dados é feita, tal como as anteriores, em formato gráfico. Na imagem pode ser observada a energia produzida no mês de Março de 2014 em dois parques distintos.

Na tabela 2.2 estão assinaladas algumas das características relevantes de diversas aplicações

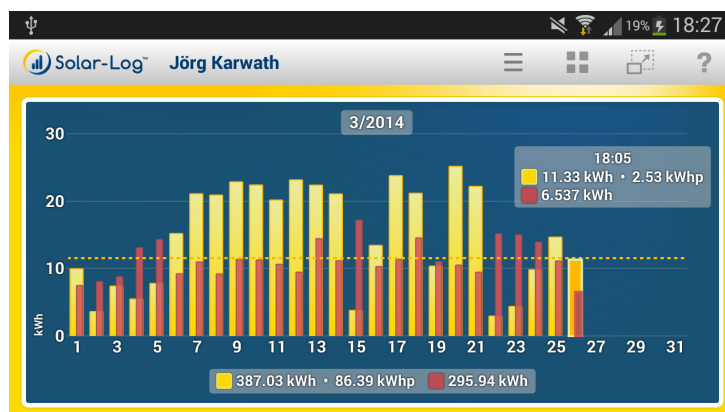


Figura 2.9: Solar Log Screen.

existentes. A maioria das aplicações acede aos dados do gerador FV através de módulos de comunicação acoplados ao inversor, permitindo desta forma a obtenção direta ou indireta de todos os parâmetros fornecidos pelo inversor.

Tabela 2.2: Resumo das características das aplicações.

Nome	Aplicação Web	Aplicação Móvel	Dados Tempo Real	Potência a Monitorizar	Acesso aos dados
PV Output	X	X		-	Indirecto
Solar Analyzer		X	X	-	Directo
Solar Status		X	X	Residencial ^a	Directo
Sunny Portal	X	X	X	Residencial ^a	Indirecto
Solar-Log	X	X	X	-	Indirecto
WebdynSun	X		X	-	Directo
Rbee solar	X			-	Indirecto
Solar Max	X	X	X	< 100 kW	Directo
Power-one	X		X	-	Directo
SunWatcher		X		-	Indirecto

a. Alguns kW

3. Tecnologias Utilizadas

Para o desenvolvimento de aplicações/sistemas de informação são necessárias algumas ferramentas de trabalho, neste capítulo fala-se das que foram usadas para conceber a aplicação mSMARTMSYST.

Primeiramente analisa-se o software necessário à criação do sistema. De seguida fala-se da tecnologia android e o seu ciclo de atividades. No final do capítulo descreve-se os webservice: o que são e para que servem.

3.1 Software Utilizado

O sistema desenvolvido resume-se à figura 3.1, onde podem ser observadas 3 partes distintas: Base de Dados, Serviço Web e Aplicação.

A base de dados requer um sistema de gestão de base de dados (SGBD), o Microsoft SQL Server. Este sistema já se encontra implementado nos servidores dos parques FV. Sendo portanto necessário um meio de acesso aos dados.

Para que seja possível a comunicação da base de dados com a aplicação tira-se proveito do servidor do parque FV de modo a alojar uma aplicação web (webservice). Para correr o webservice foi instalado o Internet Information Services (IIS) que está disponível gratuitamente para qualquer Windows [30]. O ambiente utilizado para o desenvolver foi o Visual Studio 2012.

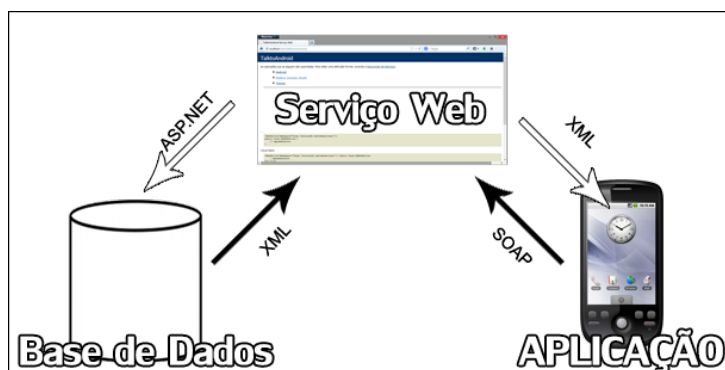


Figura 3.1: Instância do sistema desenvolvido

Ao nível gráfico podem ser consideradas a utilização de diversos tipos de aplicações, como por exemplo: aplicação web, aplicações para ambiente Windows ou outro, ou uma aplicação para dispositivos móveis. Neste trabalho utilizou-se um telemóvel com sistema operativo Android. Para iniciar a programação do dispositivo "preparou-se" o computador com um conjunto de ferramentas, a tabela 3.1 descreve-as.

Tabela 3.1: Software de Desenvolvimento Android

Android SDK	Kit de aplicações para o desenvolvimento.
Eclipse	Ambiente de desenvolvimento integrado.
Android Development Tools	Plugin para o Eclipse

Então para começarmos a abordar o problema necessitamos de saber algumas bases relativas às tecnologias utilizadas.

3.2 Android

Atualmente, o Android é o sistema operativo mais utilizado em telemóveis [31]. A sua arquitetura simples, flexível e ao mesmo tempo poderosa culminada com o hardware topo de gama de que são munidos os dispositivos permite criar variadíssimas aplicações. Embora não sejam simples de criar, o mercado de biliões downloads anuais é bastante apelativo [32].

Para desenvolver aplicações para este sistema é necessário conhecimento da linguagem Java e perceber o que são as atividades do Android e como funciona o ciclo de uma atividade.

Uma atividade é um componente de uma aplicação que permite a amostragem de um ecrã com o qual é possível interagir. A atividade, normalmente, preenche o ecrã do telemóvel e permite-nos, por exemplo, tirar uma fotografia ou enviar um e-mail. Então, quando fazemos uma aplicação normalmente temos múltiplas atividades ligadas entre si e cada uma com a sua

finalidade.

As atividades no sistema são geridas numa pilha de atividades. Quando uma nova atividade é chamada, passa para o topo da pilha e torna-se a "atividade ativa". A atividade anterior é colocada sempre por baixo da nova atividade e não volta a estar ativa enquanto a nova atividade estiver ativa.

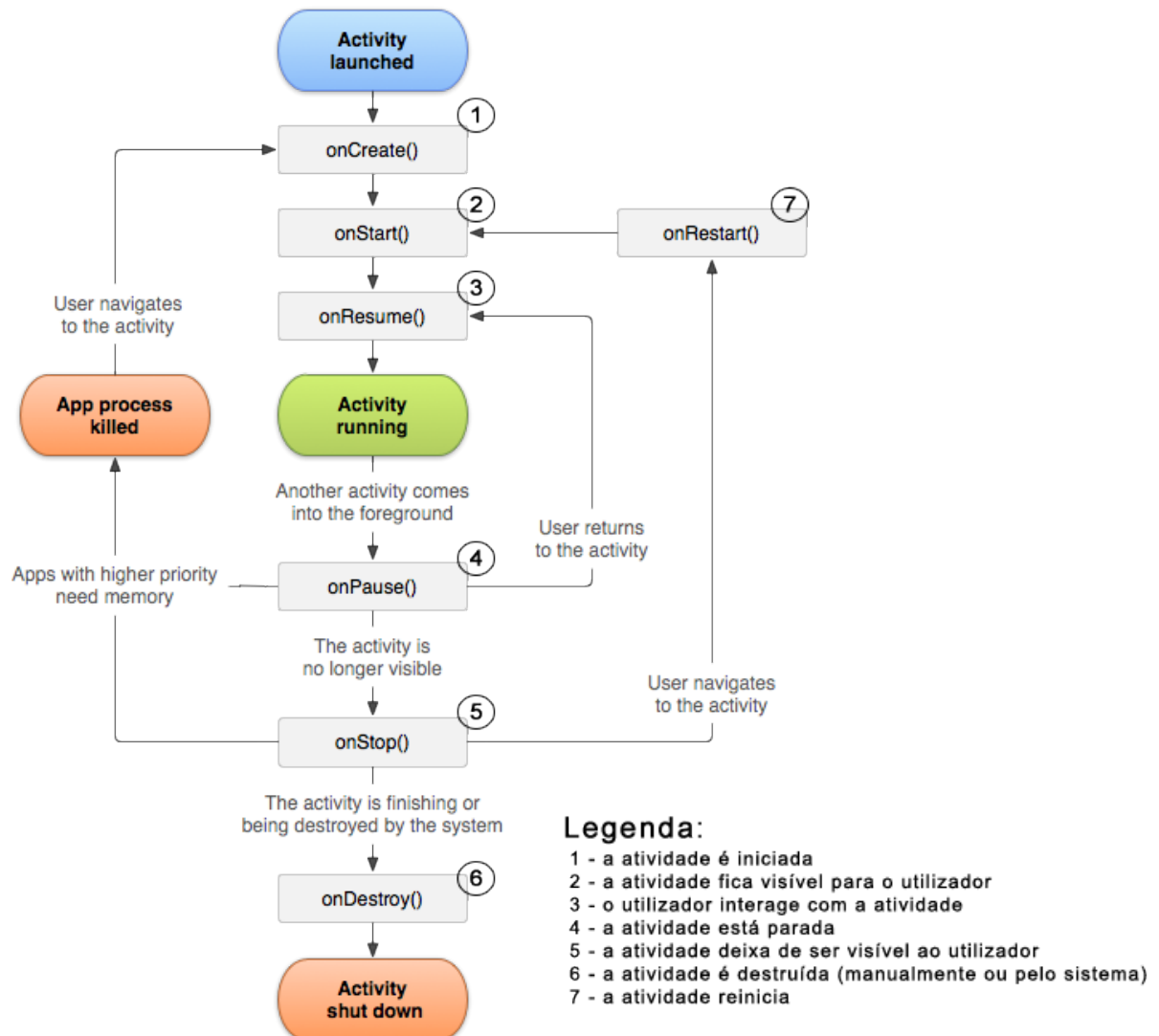


Figura 3.2: Android: Ciclo de uma atividade

O diagrama da figura 3.2 mostra os caminhos que uma atividade toma durante o seu ciclo de vida. Os rectângulos representam métodos que podem ser implementados para realizar acções durante o ciclo. Os rectângulos coloridos ovais representam os principais estados por onde a atividade passa [33].

Para fazer aplicações complexas e de interface limpo de modo a garantir que aplicação tenha

sucesso e seja acessível para o utilizador, também é necessário estudar mais tipos de classes e perceber como funciona o interface gráfico do Android.

Na construção da interface é necessário definir sempre o tipo de layout, os mais comuns são os seguintes:

- **LinearLayout:** Dispõe os elementos em linha ou coluna;
- **RelativeLayout:** Dispõe os elementos em relação a um ponto;
- **TableLayout:** Distribui os elementos em forma de tabela;

Depois de definido o layout, que será o elemento base, definimos os seus grupos, que podem ser:

- **TextView:** Mostra texto;
- **EditText:** Permite que o utilizador adicione/altere texto;
- **Button:** Botão clicável;
- **Clock:** Relógio;
- **Layout, etc.**

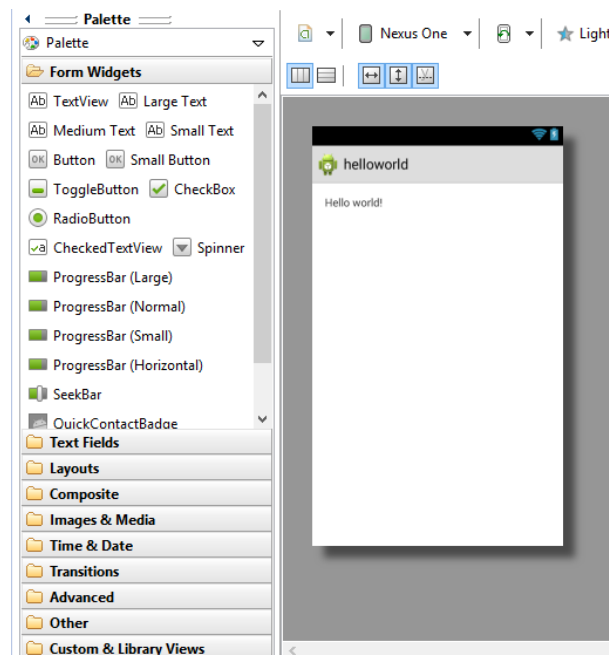


Figura 3.3: Paleta de elementos do ADT

No software eclipse a adição de elementos pode ser feita de forma gráfica recorrendo à paleta de elementos (ver figura 3.3) do Android Development Tools (ADT). Permitindo de forma

rápida adicionar e remover elementos ao seu layout.

Para aplicações com conteúdo dinâmico e com grande volume de dados deve recorrer-se ao uso de Adapters¹. Na figura 3.4 estão representados os mais comuns. O ListView mostra os itens em formato de lista e o GridView mostra-os como uma grelha.

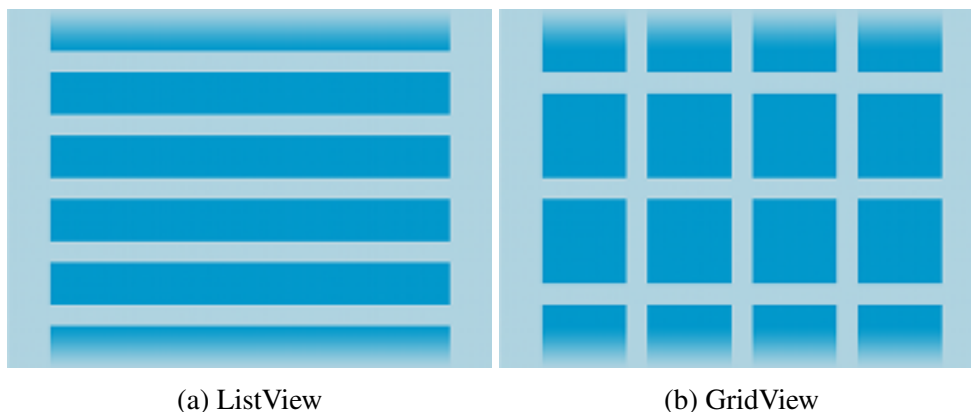


Figura 3.4: Layout com Adapters.

É também dever de um programador manter a fluidez da sua aplicação, para não ocorrerem bloqueios nas aplicações, por isso, quando se lida com tarefas longas deve-se utilizar o AsyncTask do Android. Esta classe permite fazer tarefas em segundo plano e mostrar resultados na atividade principal fazendo com que a atividade se mantenha sempre fluída para o utilizador. Este tipo de classe é normalmente usado para receber dados provenientes de outras fontes que não o dispositivo móvel, por exemplo, fazer o download de uma imagem da internet, aceder a um webservice, lidar com uma grande quantidade de dados, etc.

Também, para melhorar a experiência do utilizador, existe outra classe importante: SharedPreferences, que se assemelha aos cookies² nas páginas web. Com esta classe é possível guardar as preferências do utilizador, fazendo com que o utilizador não tenha de repetir os mesmos passos sempre que usa a aplicação. Por exemplo, em uma aplicação que tenha de autenticar o utilizador, essa autenticação pode ser feita uma única vez e guardada como preferência no dispositivo.

3.3 Webservice

Os serviços web, Webservices, são componentes de aplicação distribuídos que estão disponíveis externamente. Usam-se para integrar aplicações que são escritas em linguagens

¹Um adapter é uma ponte entre os dados e o layout. O Adapter fornece acesso aos itens e é responsável por criar uma vista para cada item

²Os cookies permitem manter a persistência de sessões.

diferentes e executadas em plataformas diferentes [34].

Características principais [35]:

- Comunicação via protocolos abertos;
- São auto-suficientes e auto-descritivos;
- Podem ser usados por diferentes aplicações;
- HTTP e XML são as bases de um serviço web.

Estes serviços são aplicações simples que correm através da internet. Podem ser usados por qualquer plataforma, incluindo browsers.

Serviços web usam XML para codificar e decodificar dados e, SOAP (Simple Object Access Protocol [36]) para os transportar.

Os serviços web são usados de duas maneiras diferentes:

1. **Reutilização de dados**

Permite a reutilização de código de modo a interagir da mesma maneira com várias aplicações.

2. **Conexão de aplicações**

Os serviços web podem ajudar a resolver problemas de compatibilidade entre aplicações.

A interoperabilidade é a característica que se realça mais pois estes sistemas foram desenvolvidos com esse intuito. Existindo dois tipos de webservices concebíveis: Webservices RESTful e Webservices baseados em SOAP.

Os Webservices baseados em REST (Representational State Transfer) são coleções de recursos web identificados por URIs³. Todos os documentos e processos são modelados como um recurso web com um URI único. Esses recursos web são manipulados pelas ações que podem ser especificadas em um cabeçalho HTTP.

REST é uma tecnologia adequada para aplicações que não requerem segurança. Flickr, Google Maps e Amazon fornecem Webservices RESTful. [34].

Os webservices baseados em SOAP fornecem uma forma de comunicação entre aplicações que usam diferentes tecnologias e linguagens de programação [36]. A série de operações que podem ser passadas em SOAP é muito mais ampla do que a que está disponível em REST, especialmente em termos de segurança.

³Identificador Uniforme de Recursos - é um conjunto de caracteres compacto usado para identificar ou denominar um recurso na Internet.

Este tipo de Webservices são adequados para aplicações pesadas que usem operações complicadas e para aplicações que requerem segurança sofisticada e confiabilidade. São adequados quando um protocolo de transporte diferente de HTTP tem que ser usado. Em termos de curiosidade, muitos dos Web services da Amazon, particularmente aqueles que envolvem transações comerciais, e os Web services usados por bancos e agências governamentais são baseados em SOAP [34].

4. Análise do Problema

O objetivo deste trabalho é criar uma solução de mobilidade para parques solares FV. Esta solução está a ser desenvolvida para a empresa Martifer Solar que pretende ter uma aplicação a correr em um dispositivo Android, para obter variáveis de produção e depuramento de um parque FV. A análise do problema parte de uma base de dados que já existe, de modo que é necessário desenvolver uma ferramenta que extraia toda a informação necessária e a mostre a um utilizador final.

Este capítulo começa por apresentar como é constituído o sistema de monitorização e qual o sistema necessário para colmatar a lacuna existente na monitorização dos parques FV da Martifer. A seguir é feita uma descrição da arquitetura proposta para a aplicação onde se debate sobre a base de dados existente, a aplicação web que será desenvolvida e o dispositivo para o qual será feita a aplicação.

4.1 Enquadramento do problema

A Martifer Solar tem um sistema SCADA bastante funcional que permite obter dados em tempo real de todos os seus parques. Esse sistema é naturalmente acedido por plataformas windows, como aplicativo. Existe uma versão pré-concebida que capacita o sistema de correr em qualquer navegador através de um Java Applet [37], mas o sistema é pouco fluído pois não é dedicado, é simplesmente um espelho do sistema original.

Então para aceder aos dados de um parque FV é necessário estar junto ao servidor do parque

ou acede-lo através de software de acesso remoto, tendo sempre limitações associadas a este tipo de software. Para solucionar este problema de acesso foi estudado e desenvolvida uma ferramenta capaz de disponibilizar parâmetros importantes num dispositivo móvel com sistema operativo (SO) Android.

Essa aplicação requer acesso à base de dados dos parques FV de forma a recolher a informação necessária à aplicação. Pretende-se que o ambiente gráfico da ferramenta mostre dados de produção, erros e histórico de todos os equipamentos presentes no parque FV.

Primeiramente é necessário desenhar a base da aplicação e estruturar a sua arquitetura. Na figura 4.1 está representado um possível diagrama do sistema. A utilização da aplicação do mSMARTMSYST será feita por sessões com nome de utilizador e palavra-chave. Depois de verificadas as credenciais, o utilizador, pode navegar pelos menus e obter informações da BD, que serão retribuídas pelo conjunto webservice.

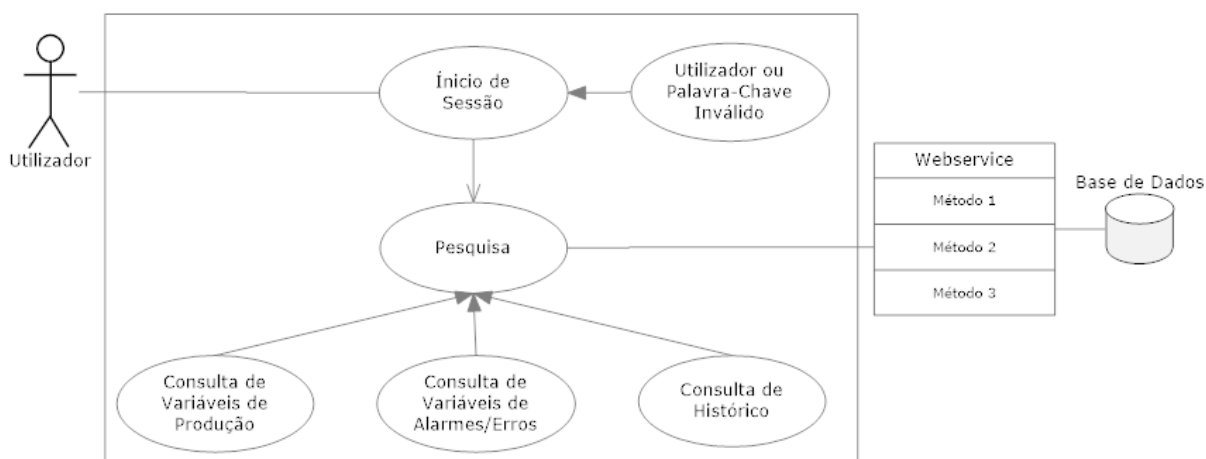


Figura 4.1: Diagrama funcional do sistema.

4.2 Arquitetura do Sistema

Para construir uma aplicação, assim como grandes projetos, devesse estruturar a ordem de trabalhos e definir inicialmente como o sistema irá trabalhar. É necessário ter a percepção das bases onde assentará o projeto.

Existem, atualmente, várias soluções no que respeita ao tipo de aplicações informáticas. Nomeadamente, existem aplicações informáticas, no sentido mais estrito (como por exemplo as aplicações windows), aplicações web e aplicações para dispositivos móveis. A utilização de

cada um dos tipos anteriores tem vantagens e desvantagens, pelo que, vulgarmente a opção pela sua adoção tem de ser tomada em função do contexto para o qual a aplicação será desenvolvida. Outro aspeto inerente à utilização de dados e informação é a segurança dos mesmos. Nestes sistemas existem, por norma, níveis de acesso e segurança bem definidos de modo a fortificar o sistema e minimizar os riscos de perda de dados para terceiros.

Este trabalho foi iniciado já existindo um sistema de recolha de dados e uma base de dados. Para salvaguardar a empresa Martifer Solar, diminuindo o risco de alteração e/ou acesso aos dados, foi implícito que o acesso à base de dados não podia ser feito diretamente da aplicação a ser desenvolvida. Então, para separar completamente a aplicação da BD, foi utilizada a arquitetura ilustrada pela figura 4.2, baseada num modelo de três camadas: camada de dados, camada processual e camada de apresentação. Importa destacar a concordância deste modelo com a Norma ANSI/IEEE 1471-2000 [38]. A comunicação apenas se realiza entre camadas adjacentes, não existindo a possibilidade de se efetuar alterações por elementos externos à comunicação.

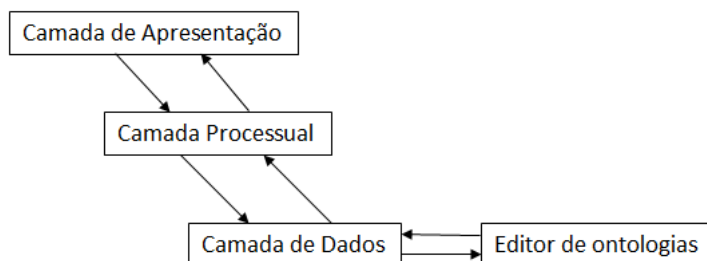


Figura 4.2: Camadas da arquitetura do sistema.

As ontologias são uma boa ferramenta para partilha e gestão de conhecimento [39, 40]. O Editor proposto baseia-se numa estrutura de ontologias, conforme defendido em [41], a dois níveis: uma ontologia global e várias ontologias específicas. A ontologia global define os conceitos comuns às diferentes estruturas de bases de dados. Por outro lado, as ontologias específicas definem a forma de obtenção da informação nas diferentes estruturas de bases de dados.

4.2.1 Base de Dados Existente

O SGBD SQL Server, tem para cada parque solar uma base de dados distinta, nomeada com o nome do parque. Essa base de dados tem um conjunto de tabelas distintas onde são guardados vários tipos de dados. É nas tabelas que se registam as variáveis de campo de cada equipamento.

As bases de dados armazenam muita informação que pode ser trabalhada, no entanto, na aplicação desenvolvida só será utilizada parte dessa informação.

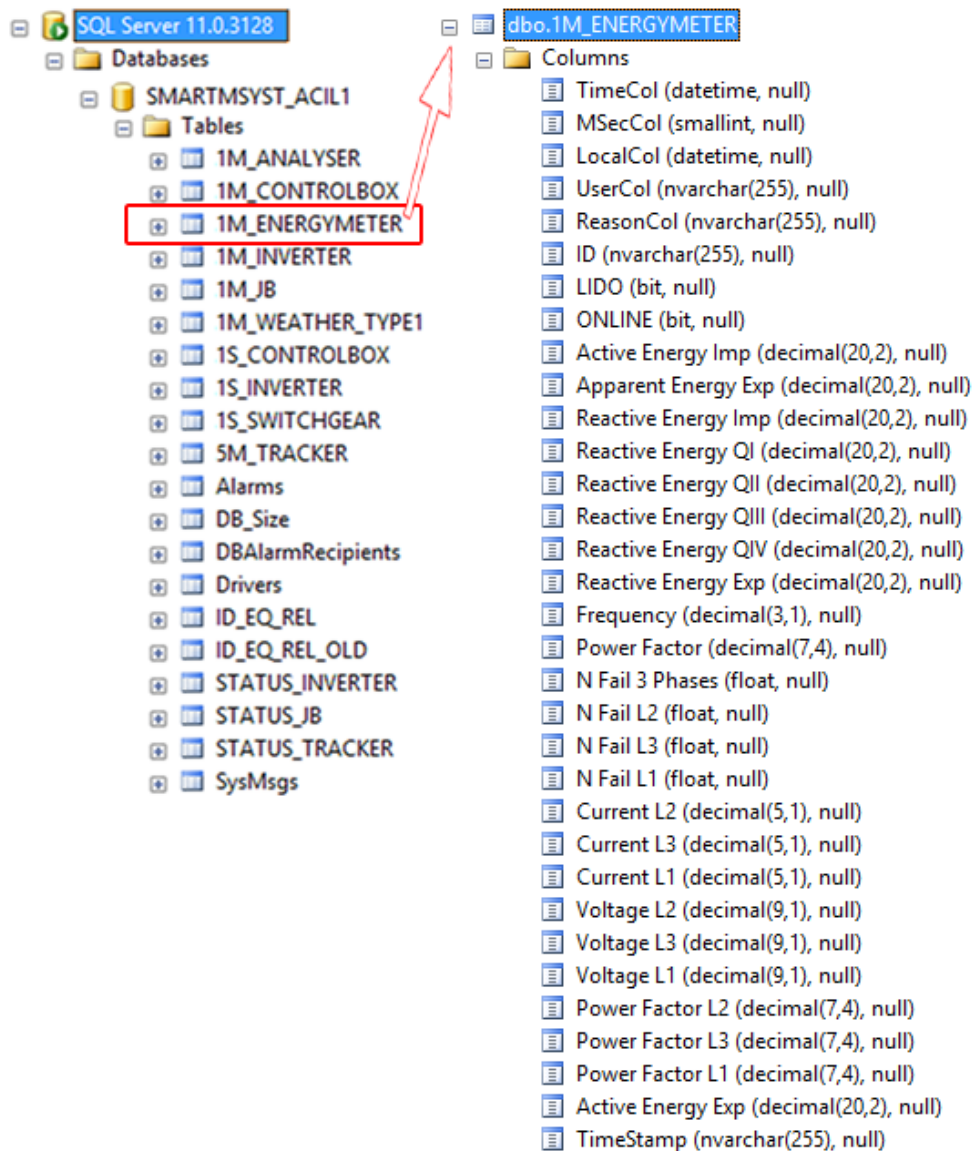


Figura 4.3: Estrutura da base de dados.

Na figura 4.3 é mostrada a base de dados de um parque, denominado por ACIL1. Esta BD contém os dados de todos os equipamentos do parque: analisador de energia, contador de energia, inversor, caixas de junção, estação meteorológica, seguidor solar e todos os alarmes despoletados por cada equipamento. Também na figura 4.3 está expandida a tabela analisador de energia ("ENERGYMETER"), onde podem ser vistas as variáveis registadas para este equipamento, destacando por maior relevância para este trabalho a:

- LocalCol: fornece a hora local onde se encontra o equipamento;
- ID: contém a identificação do equipamento;

- Active Energy Exp: regista a energia produzida pelo parque.

Para comunicar com a base de dados é necessário o uso da linguagem SQL: uma Linguagem de Consulta Estruturada que é standard, por isso mantém as características essenciais da linguagem em todos os sistemas existentes.

Com a linguagem SQL é possível [42]:

- Criar, Alterar e Remover componentes de uma BD, como tabelas, views, índices, etc;
- Inserir, Alterar, e Apagar dados;
- Interrogar a Base de Dados;
- Controlo de acessos e operações possíveis a cada utilizador;
- Garantia de consistência e integridade dos dados.

Tabela 4.1: Variáveis da BD usadas na aplicação.

Tabela	Variável
1M_ANALYSER	LocalCol, ID, Power Factor Total, Active Power Total, Reactive Power Total, Apparent Power Total, Active Energy
1M_CONTROLBOX	LocalCol, ID, Power Factor, Active Power, Reactive Power, Apparent Power
1M_ENERGYMETER	LocalCol, ID, Active Energy Exp, Power Factor, Reactive Energy QI, Reactive Energy QII, Reactive Energy QIII, Reactive Energy QIV
1M_INVERTER	LocalCol, ID, Voltage DC, Current DC, Power DC, Active, Power, Reactive Power, Apparent Power, Daily Energy, Monthly Energy, Yearly Energy, Lifetime Energy, Temperature, Operating Time
1M_JB	LocalCol, ID, Power, Voltage, Temperature, Current
1S_SWITCHGEAR	LocalCol, ID, Power Factor, Active Power, Reactive Power, Frequency
1M_WEATHER_TYPE1	LocalCol, ID, Irrad Pyranometer, Irrad Horiz Plane, Irrad Module Plane, Ambient Temperature, Module Temperature
5M_TRACKER	LocalCol, ID, Actual Position
ID_EQ_REL	nome, Tracker_QC_id
Alarms	TimeStamps, Equipment, Status, Description, Details

Ao usar esta linguagem consegue-se obter qualquer informação presente em uma base de dados, e será também deste modo que o webservice recolherá toda a informação descrita na tabela 4.1.

4.2.2 Desenvolvimento do Webservice

De modo a fazer com que a base de dados e a aplicação mSMARTMSYST comuniquem entre si, garantindo padrões de segurança, será desenvolvido uma aplicação web em ASP.NET. Esta aplicação, webservice, criará uma ponte entre a camada de dados e de apresentação.

O webservice assume a sua função, através da programação de classes/funções individuais na linguagem VB (Visual Basic) que enviam pedidos à base de dados. Estas funções serão criados consoante a necessidade da aplicação.

Para comunicar com a BD através do webservice foram testadas duas possíveis situações:

1. Através de uma query (pergunta) direta, onde definimos a query em linguagem SQL e obtemos a resposta diretamente;
2. Através de um procedimento, onde criamos uma função na própria BD para realizar as query's (perguntas).

Em termo de exemplo, vamos retirar da base de dados o nome de todos os equipamentos presente no parque FV ACIL1 usando os dois modos de comunicação testados.

Na primeira situação programa-se a função com recurso à biblioteca System.Data.SqlClient¹ do VB. Para iniciar a conexão, primeiro, define-se a string² de conexão que alberga todos os dados necessários para abrir uma nova conexão. A seguir digitamos a *query* desejada em formato string e damos ordem para aquela *query* ser feita à conexão definida. Este último passo é executado no momento da abertura da conexão, demonstrada por "con.Open()". No Código 4.1 é mostrado todo o procedimento descrito.

```
Imports Microsoft.VisualBasic
Imports System.Data.SqlClient

Dim con As New SqlConnection
con.ConnectionString = "Data Source=localhost;Initial Catalog=SMARTMSYST_ACIL1; User ID=teste;Password=teste"

Dim query As String="SELECT DISTINCT [equipamento] FROM [SMARTMSYST_ACIL1].[dbo].[ID_EQ_REL]"

Dim cmd As New SqlCommand(query,con)
con.Open()
```

Secção de Código 4.1: Excerto de código em Visual Basic para extrair dados da BD.

Na segunda situação é necessário ter em conta que para utilizar os procedimentos, é necessário primeiro cria-los na própria base de dados. Nesse procedimento podem ser usados parâmetros de entrada e saída, e no corpo do procedimento por norma é executada alguma query. No

¹<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/system.data.sqlclient%28v=vs.110%29.aspx>

²Conjunto de caracteres armazenados num vetor

exemplo mostrado no Código 4.2 existe um parâmetro de entrada do tipo float (números reais), @variavel_webservice, e um parâmetro de saída do tipo xml, @nomes. O Resultado da execução deste procedimento é a passagem do resultado da query para a variável @nomes, que será depois lida pelo webservice. Como o conteúdo da variável @nomes já está em formato xml, o webservice só terá de reencaminha-lo para a aplicação. A figura 4.4 mostra o conteúdo da variável @nomes.

```
CREATE PROCEDURE equipamentos (@variavel_webservice float, @nomes xml output)
AS
BEGIN
    SET NO COUNT ON;
    SELECT @nomes =(
        SELECT DISTINCT [equipamento] FROM [SMARTMSYST_ACIL1].[dbo].[ID_EQ_REL]
        for xml path('Linha')
    );
END
GO
```

Secção de Código 4.2: Procedimento da Base de Dados.

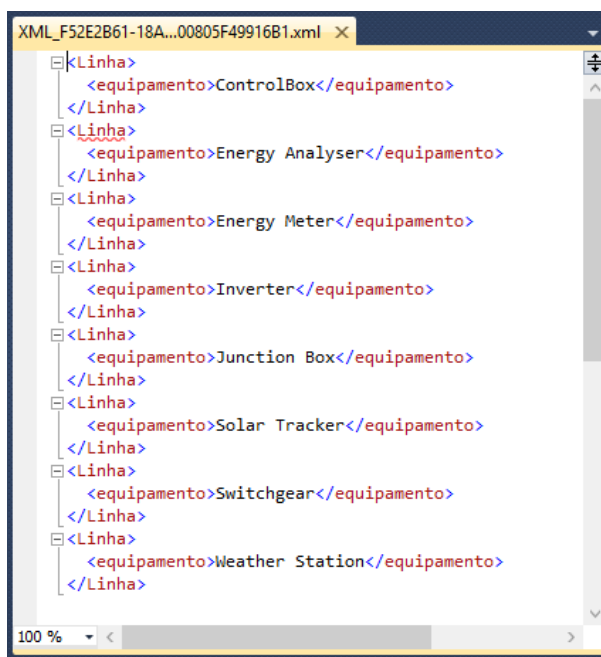


Figura 4.4: Resultado do procedimento mostrado pelo código 4.2.

Para a aplicação mSMARTMSYST, utilizou-se a situação 1 (acesso direto). Foi escolhida por imposição da Martifer Solar pois não era de interesse da empresa que houvessem alterações nas base dados. O segundo modo tinha a vantagem de ter uma implementação mais fácil, pois os dados que o webservice receberia vinham já em formato xml já prontos para enviar à aplicação e, não existia o risco de incompatibilidade ou de haver *query's* erradas pois, para guardar o procedimento o próprio programa já compilava e analisava se o código estava correto.

No entanto, o primeiro modo ganha em flexibilidade pois, podem ser feitas pesquisas em todas as bases de dados sem que para isso seja adicionado o procedimento, não se perdendo tempo a copiar os procedimentos para todas as bases de dados existentes.

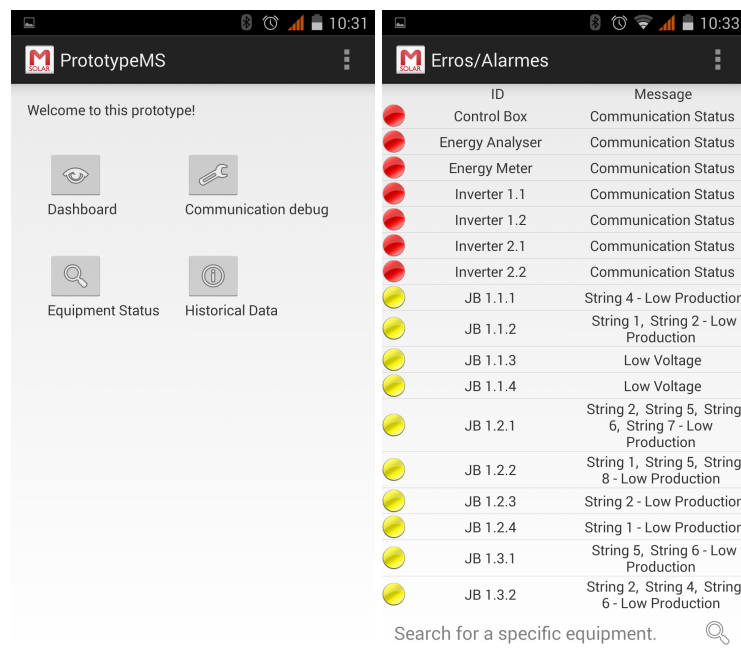
4.2.3 Dispositivo móvel com SO Android

Ao dispositivo móvel compete mostrar todos os dados de forma amigável ao utilizador. É neste sistema operativo (SO) que é construída a interface gráfica.

A aplicação corre sob o sistema operativo Android. É um SO de código fonte aberto pelo que qualquer pessoa o pode usar livremente. E tendo o sistema se adaptado muito bem ao mercado este já está presente em variadíssimos dispositivos, tais como: telemóveis, tablets, portáteis, televisões etc. Em termos de características técnicas, suportadas por este SO e presentes na maioria dos dispositivos encontram-se [43]:

- Armazenamento - Base de dados relacional (SQLite);
- Conectividade - GSM, CDMA, UMTS, Bluetooth, Wi-Fi, LTE, WiMax;
- Mensagens - SMS
- Navegação Web - WebKit;
- Multimédia - Imagens (JPEG, PNG, GIF, BMP), áudio (MP3, Ogg, WAV) e vídeo (MPEG4, H.264);
- Hardware - Câmara de vídeo, ecrã táctil, acelerómetro, sensor de proximidade, GPS, bússola digital, gráficos 3D;
- SDK - Ferramentas para desenvolvimento de aplicações

A aplicação mSMARTMSYST tirará proveito das características de conectividade para se poder conectar ao webservice (através de Wi-Fi, GSM, 3G etc), para assim obter os dados dos parques solares. Foi projetado um layout limpo e de fácil navegação. O esboço feito antes de passar à versão final apresentada no capítulo 5, pode ser observado na figura 4.5. O ecrã inicial (figura 4.5a) era minimalista e direto sem autenticações, de modo a ser facilmente acessível para testes e correções de bugs. Na figura 4.5b pode ser observado a construção do layout para o ecrã dos alarmes. Estava dividido em 3 colunas, a primeira continha a marcação do tipo de alarmes com um ícone gráfico onde os: i) Alarmes, mostram um ícone vermelho; ii) Avisos, mostram um ícone amarelo; iii) e Estado (comunicação), são marcados com o ícone verde. A segunda coluna contém a identificação do equipamento e a terceira mostra a mensagem de erro que foi despolotada.



(a) Protótipo do Ecrã inicial (b) Protótipo do Ecrã alarmes

Figura 4.5: Protótipo da Aplicação mSMARTMSYST.

A empresa Martifer Solar pretendia então que a aplicação final fosse construída com as seguintes funcionalidades:

- Ecrã Debug da rede de comunicação

Pretende-se que exista um ecrã que liste todos os equipamentos e mostre o estado de comunicação.

- Ecrã de erros/alarmes de equipamentos

Pretende-se com este ecrã ter uma lista de erros, alarmes e estados de comunicação ativos dos equipamentos.

- Ecrã Dashboard

O objectivo deste ecrã é ter uma noção das variáveis principais de cada um dos equipamentos e na sua contribuição para a produção de energia.

- Ecrã Produção

Este ecrã deverá ter sub-screens com tabelas e gráficos com os resumos de produção diária, mensal e anual.

Através da integração dos elementos abordados neste capítulo é possível desenvolver a aplicação mSMARTMSYST de modo a solucionar o problema exposto. Com a integração das ferramentas base de dados, webservice e aplicação em SO Android será construída a

ferramenta móvel de monitorização de parques FV.

Em suma, o sistema final será construído de acordo com os seguintes elementos:

- Camada de dados: Base de dados em SQLServer;
- Camada processual: Webservice desenvolvido em ASPX;
- Camada de apresentação: Aplicação para SO Android;
- Comunicação entre camada de dados e processual: pedidos feitos em tecnologia ASP.Net e informação fornecida em XML;
- Comunicação entre camada de apresentação e processual: pedidos realizados através de tecnologia SOAP.

5. Sistema mSMARTMSYST

Todo o conjunto estudado nos capítulos anteriores gera a aplicação mSMARTMSYST, uma aplicação android que permite observar dados, através de um dispositivo móvel, em tempo real dos parques fotovoltaicos da Martifer Solar.

Neste capítulo, em primeiro lugar, é resumida a forma como o sistema está implementado. A seguir, é descrito como é feita a aquisição e armazenamento de dados. Depois fala-se do desenvolvimento do Webservice, e como ele é importante e funcional para a aplicação. E por fim, mostra-se como é constituída a própria aplicação desenvolvida em SO Android e os testes feitos à mesma.

5.1 Resumo da Estrutura Implementada

A aplicação mSMARTMSYST desenvolvida com três tecnologias diferentes: aplicação para SO android, webservice e uma base de dados, que já existia. Os três elementos principais constituíram a arquitetura ilustrada pela figura 5.1. O processo de apresentação de dados começa pelo utilizador fazer o pedido de informação. A aplicação, por sua vez, irá enviar esse pedido ao webservice sobre o protocolo SOAP e esperar pela resposta em XML. Quanto ao webservice, realizará o pedido feito pela aplicação recorrendo a dados fornecidos pela BD.

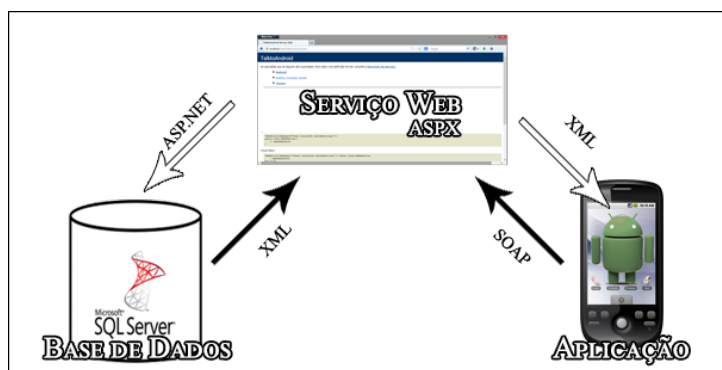


Figura 5.1: Estrutura do Sistema mSMARTMSYST.

5.2 Aquisição e Armazenamento

A aquisição de dados não faz parte do processo de desenvolvimento da aplicação mas é um processo importante de ser entendido pois, a aplicação encontrar-se-á dependente deste processo, monitorizando os dados previamente obtidos no campo e armazenados na base de dados.

Cada parque tem uma base de dados local que envia os dados para um servidor central. Nesse servidor está instalado outro motor de BD que reúne toda a informação das BD locais dos parques solares instalados. A estrutura é semelhante para todas as BD, como já foi analisado anteriormente e, pode ser revista na figura 4.3.

Os dados são extraídos da BD utilizando linguagem SQL adequada à informação que se deseja extrair, na figura 5.2 encontra-se um exemplo de uma *query*, feita no Microsoft SQL Server Management Studio, que questiona à BD quais são os equipamentos instalados no parque, fornecendo a respectiva resposta.

Deste modo é possível extrair qualquer informação presente na BD desde que os níveis estabelecidos para o acesso o permitam. Pois os motores de base de dados encontram-se protegidos com sistemas de autenticação com definição de níveis de acesso.

5.3 Webservice

O webservice faz parte integrante da ferramenta desenvolvida. É desenvolvido com funções de pesquisa à base de dados, programadas em visual basic e utilizando comandos SQL.

Os dados obtidos de cada função serão lidos, processados e transformados em dados XML (EXtensible Markup Language), pois trata-se de um formato ideal para o transporte de dados para a aplicação.

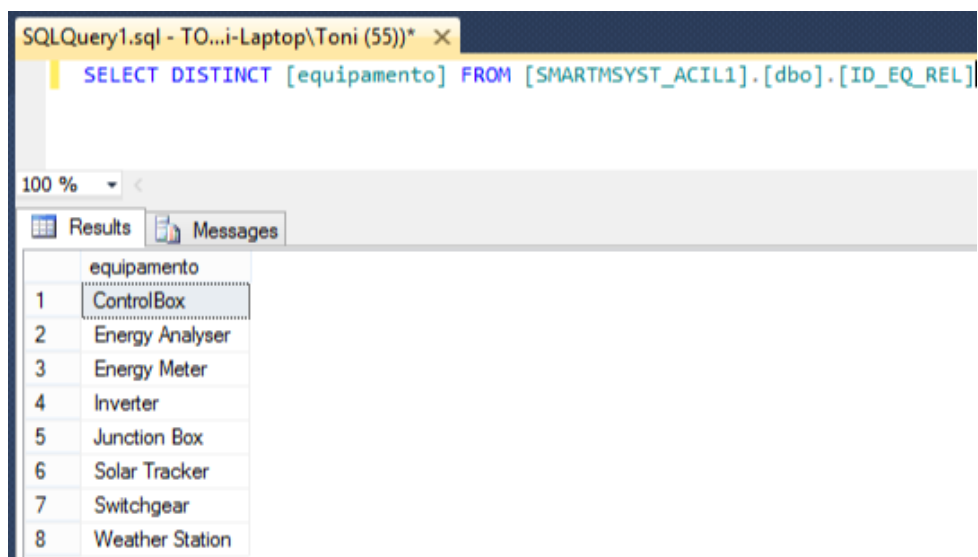


Figura 5.2: Resultado de uma Query à BD.

Para que seja possível que a aplicação Android se conecte com o webservice, este tem de ser instalado na máquina que tem as base de dados de onde se pretende extrair informação pois, foi assim pré-configurado. Não se trata de um factor obrigatório estar no mesmo servidor, mas acaba por ser benéfico em termos de segurança e velocidade de acesso. E o conceito de usar o webservice é mesmo esse: Permitir ter uma aplicação que interaja com a base de dados sem fornecer acesso direto à BD e a estrutura interna do sistema. Assim as tarefas (funções) são executadas, sem se preocupar com regras de Firewall¹ ou segurança de rede.

As funções programadas, o tipo de dados de entrada que necessitam e o tipo de dados que fornecem, estão em conformidade com a tabela 5.1.

Os parâmetros de entrada para a função/método ProductionTable, referidos na tabela 5.1, podem ser revistos na figura 5.3b. Onde pode ser observada uma página de teste para o método "ProductionTable". Assim, a partir do browser² e recorrendo ao protocolo HTTP POST o operador da aplicação pode testar todos os métodos e perceber rapidamente se este retorna os dados corretos. Esta vista está disponível somente na rede local onde ficará o webservice, não será permitido aos utilizadores aceder a esta página pelo exterior da rede.

A utilização do protocolo HTTP POST é unicamente para testar todos os métodos, antecipadamente, via browser², na aplicação será utilizado o Protocolo SOAP.

Na figura 5.3a pode observar-se o aspecto da página criada pelo webservice. Não se trata de um website comum, mas sim de uma aplicação web que pergunta e responde ao que lhe é solicitado, não sendo o seu aspecto amigável ao utilizador.

¹ A Firewall tem como objetivo aplicar uma política de segurança a um determinado ponto da rede.

² Programa de computador para visualização de páginas web. Ex: Internet Explorer, Google Chrome, etc.



(a) Página física do webservice.

(b) Função ProductionTable do webservice.

Figura 5.3: Webservice.

Como é referido na tabela 5.1, para que o método nos retorne dados válidos temos de dar valores de entrada: *Day*, *Month*, *Year*, *BDnam*, *UsrID* e *UsrPW* que representam respectivamente dia, mês, ano, nome da BD, nome de utilizador e palavra-chave.

Tabela 5.1: Métodos Webservice.

Nome do método	Dados de Entrada	Dados de Saída
ActiveAlarms	Nome BD, Utilizador e palavra-chave	Nome de equipamentos com alarmes ativos e sua respetiva descrição
ConnectionTest	Nome BD, Utilizador e palavra-chave	Estado da comunicação
DashBoardData	Nome BD, Utilizador e palavra-chave e Tipo de Equipamento	Dados em tempo real dos seguintes equipamentos: caixas de junção, inversores, estação meteorológica, contador de energia, analisador de energia e seguidor solar.
DiaryProduction	Nome BD, Utilizador e palavra-chave, Mês e Ano	Produção diária dos inversores
EquipmentID	Nome BD, Utilizador e palavra-chave e Tipo de Equipamento	ID de todos os equipamentos segundo o seu tipo (JB 1.1, JB1.2...)
EquipmentNames	Nome BD, Utilizador e palavra-chave	Tipos de equipamentos (Inversores, Caixa de Junção,...)
EquipmentStatus	Nome BD, Utilizador e palavra-chave	Listagem de todos os equipamentos e o seu respetivo estado de comunicação
HistoricData	Nome BD, Utilizador e palavra-chave, Tipo de Equipamento, ID Equipamento, Data Inicial e Data Final	Histórico de valores dos equipamentos
ProductionTable	Nome BD, Utilizador e palavra-chave, dia, mês e ano	Dados relevantes de produção

O modo de acesso aos dados, utilizado pelo webservice, foi o modo de acesso direto à BD (referido no capítulo 4.2.2). Deste modo, é necessário gerar o código XML dentro de cada

função do webservice, para que a informação seja fácil de ler pela aplicação mSMARTMSYST. A instrução utilizada pode ser vista no Código 5.1. Depois de gerado o XML, a função está pronta para ser utilizada.

```
Try
  Dim reader As SqlDataReader = cmd.ExecuteReader()

  While reader.Read()
    'criar o XML
    saida = saida + "<Linha>" + String.Format( "<ID>0</ID>", reader(0)) + "</Linha>"
  End While
  reader.Close()

Catch ex As Exception
  saida = "<error> Error while connecting to SQL Server. " & ex.Message + "</error>"
Finally
  con.close()
End Try
```

Secção de Código 5.1: Excerto de código em Visual Basic para construir o XML.

Ao corrermos a função "EquipmentNames", por exemplo, e dando os valores de entrada: Nome da BD, utilizador e palavra-chave, obtemos o resultado mostrado na figura 5.4.

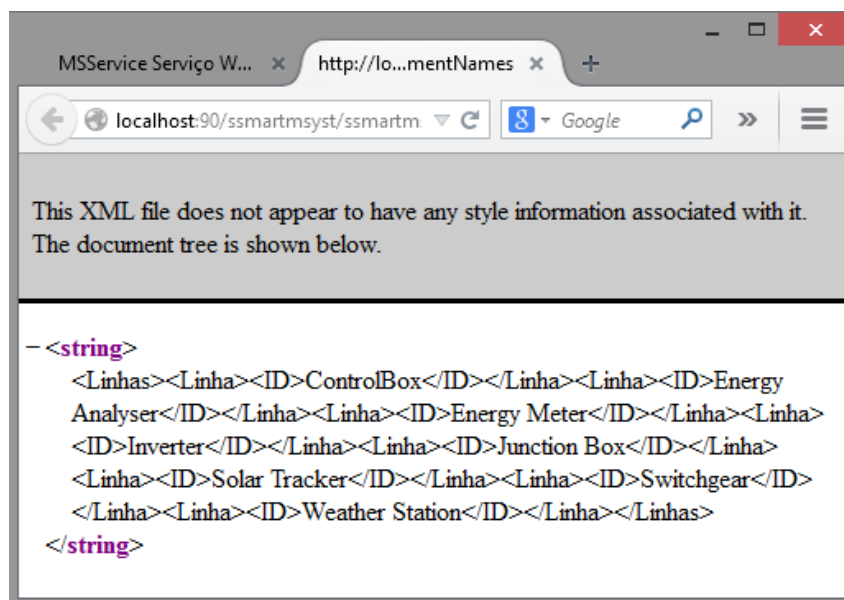


Figura 5.4: Resultado devolvido pela função EquipmentNames do Webservice.

Depois das camadas de dados e comunicação prontas é tempo de fornecer ao utilizador uma interface amigável.

5.4 Aplicação Gráfica

Para o ambiente gráfico da aplicação usou-se dispositivos móveis munidos de SO Android. O diagrama ilustrado pela figura 5.5 sintetiza toda a aplicação.

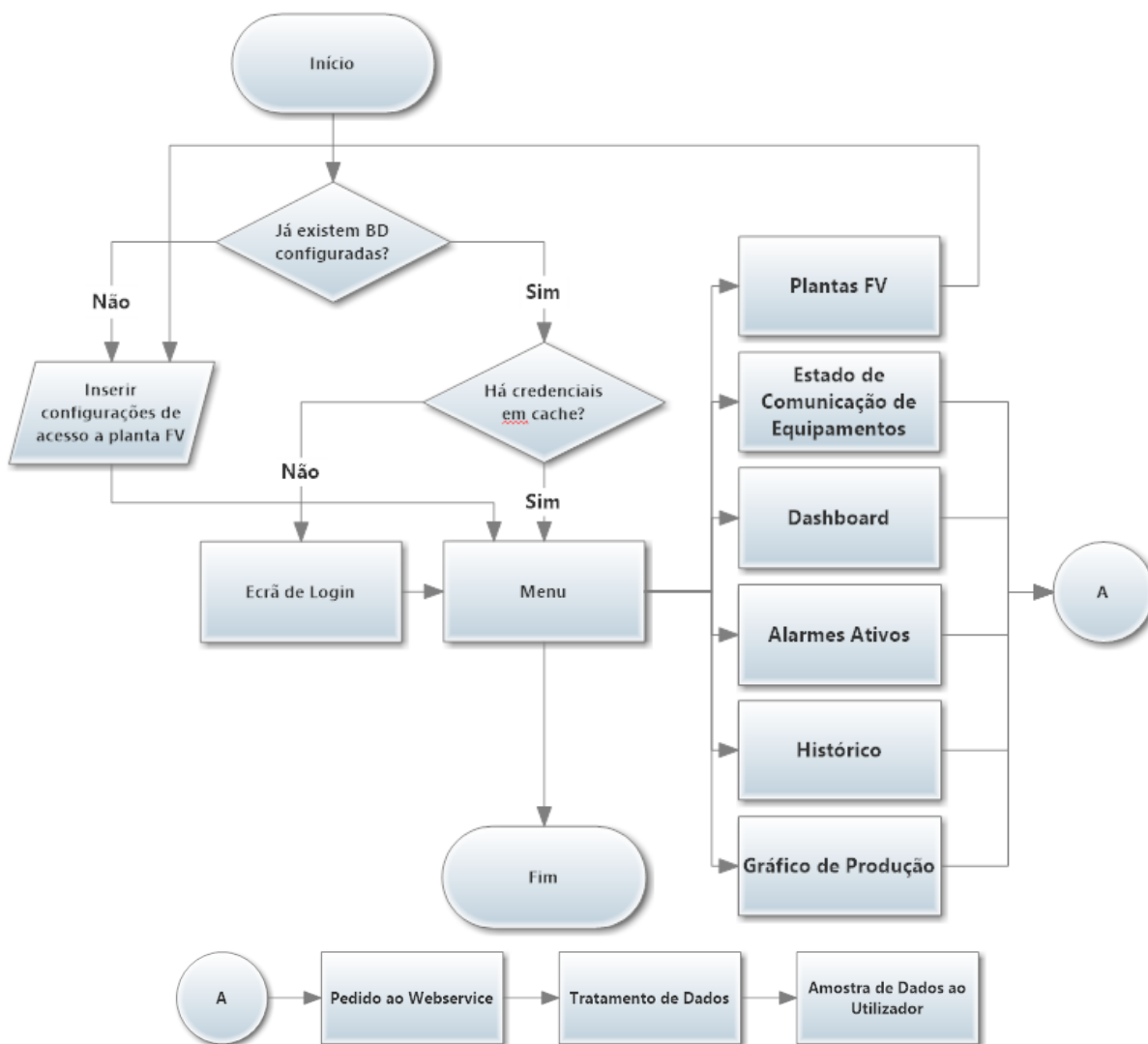


Figura 5.5: Fluxograma da aplicação.

Ao iniciar a aplicação existe uma verificação de plantas configuradas, de modo a tornar a primeira utilização mais rápida e intuitiva. Assim, sempre que é iniciada a aplicação e não existem centrais FV configuradas, somos levados para um ecrã onde podemos configurar a primeira central. As configurações de login das plantas serviram simultaneamente para nos autenticarmos na aplicação na próxima utilização. Depois de configurada alguma central podemos navegar pelo menu e receber informação da mesma. Temos acesso aos estados de comunicação dos equipamentos, variáveis de produção (dashboard), alarmes ativos, históricos e gráficos diários de produção.

A aplicação encontra-se estruturada por conjuntos (pacotes) de classes (ver apêndice A, imagem A.1), e está organizada da seguinte maneira:

- **martifer.bd:** Este pacote gere uma BD SQLite onde são guardados dados das configurações das centrais FV.
 - Estas classes permitem que o utilizador possa introduzir várias centrais FV na aplicação, para consultar a qualquer momento.
- **martifer.classes:** contém classes que são reutilizadas em várias partes do programa.
 - As classes cujo nome terminam em *Adapter* servem para interligar o layout com os dados provenientes do webservice de modo a mostra-los devidamente ao utilizador;
 - ListData é um objeto com propriedades que ajudam a utilizar os Adapters;
 - splitString contém um método que transforma strings em array's;
 - webserviceRequest e webserviceResponse são as classes que pedem dados ao webservice através do protocolo SOAP [36];
 - e por fim a classe xmlProcess faz o tratamento do XML proveniente do webservice.
- **martifer.graphs:** toda a programação referente ao gráfico de produção.
 - A classe IncomingData recebe valores e converte-os em pontos com a ajuda do objeto Point;
 - A classe principal Graph contém as propriedades de construção do gráfico, como por exemplo, tipo de gráfico (linhas, barras, etc), eixos, cores, zoom, dimensões, entre outras;
- **martifer.screens:** todos os ecrãs de interface gráfica são programados neste pacote de classes. Praticamente, aplica-se o que foi descrito no capítulo 3.2 de modo a gerar uma atividade.
 - Maioritariamente, estas atividades usam métodos das classes webserviceRequest/Response, xmlProcess e splitString;
- **martifer.solar.phone:** pacote com as classes principais.
 - Contém um ecrã inicial alusivo à MS;
 - Um ecrã de login para autenticar o utilizador;
 - E um ecrã com uma breve descrição da Martifer.
- **martifer.variaveis:** este pacote foi criado a pensar na flexibilidade da aplicação fazendo com que seja fácil alterar vários valores estáticos ao mesmo tempo.

- Trabalha-se com variáveis gerais para todo tipo de função;
- Variáveis de histórico para usar na classe Historic;
- E variáveis de produção para trabalhar com os valores de produção presentes na classe produção.

De seguida serão apresentadas capturas de ecrã da aplicação em funcionamento.

5.4.1 Iniciando a aplicação

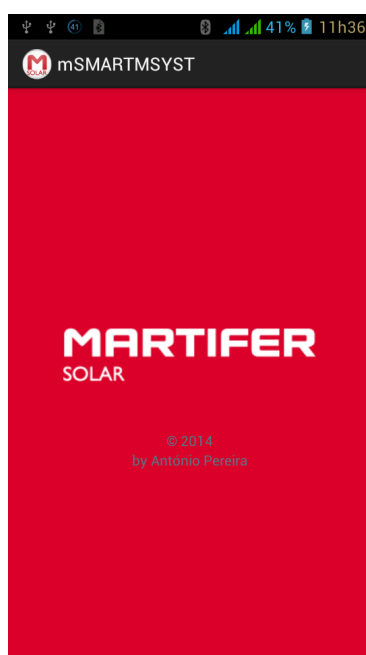


Figura 5.6: Ecrã inicial da aplicação.

A aplicação tem uma ecrã de entrada alusivo à Martifer Solar que pode ser observado na figura 5.6. Este ecrã perdurará 5 segundos e poderá dar origem a três ecrãs diferentes: i) ecrã de configuração de centrais; ii) ecrã de login; iii) ou menu. Consoante o estado da aplicação, como é mostrado no fluxograma da figura 5.5.

Caso seja a primeira vez que se use a aplicação, o ecrã despoletado será o de configuração de centrais FV.

5.4.2 Configuração das Centrais FV na Aplicação

O ecrã de configuração de novas centrais, ilustrado pela figura 5.7, é onde o utilizador pode adicionar dados de uma central FV.

Para a configuração correcta da central FV é necessário preencher 6 campos obrigatórios:

- Designation of the plant - nome pelo qual quer identificar a central FV;
- Host name / IP Address - endereço do local onde está instalada a BD/Webservice;
- Ip port number - porta de acesso ao servidor;
- BDname - nome pelo qual a base de dados é identificada;
- User - utilizador válido da BD;
- PW - palavra-passe válida da BD.

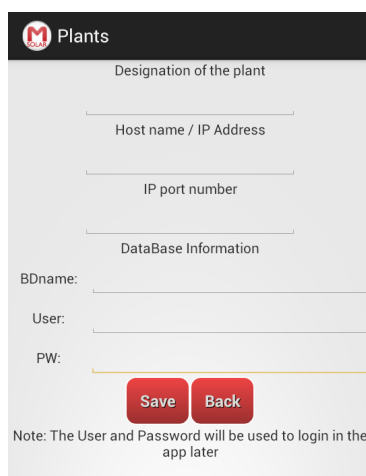


Figura 5.7: Ecrã de configuração de nova central.

De seguida deve clicar-se no botão “Save” para guardar as informações. A aplicação irá se conectar ao webservice caso exista conectividade de dados (Wi-fi, 3G, etc.) para verificar se os dados inseridos estão corretos. A aplicação devolverá uma mensagem de estado (ver figura 5.8) de modo a informar o utilizador se foi possível conectar com a base de dados.

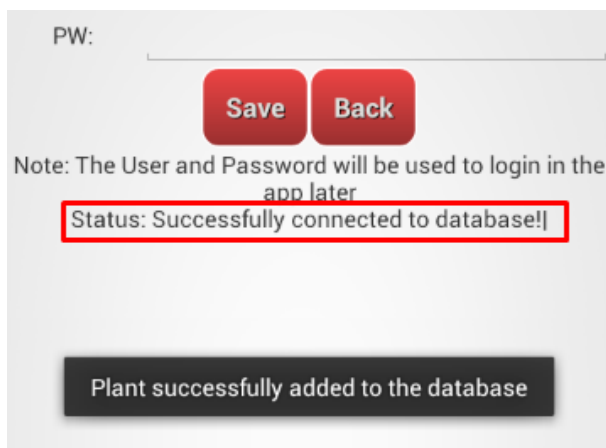


Figura 5.8: Estado de comunicação com a BD.

A central configurada é adicionada à BD local da aplicação quer o estado de conexão seja positivo ou negativo e, logo de seguida, ao gravar esta configuração, pode adicionar-se outra central.

Caso não se queira adicionar mais nenhuma central, clica-se em "Back" para navegar até à vista de centrais guardadas. A figura 5.9 mostra a lista de todas as centrais configuradas na aplicação, mais concretamente estão guardadas duas:

- 1. MNOVO PV PLANT - Parque FV da Martifer Solar;
- 2. MyServer - Parque de testes.



Figura 5.9: Lista de Centrais.

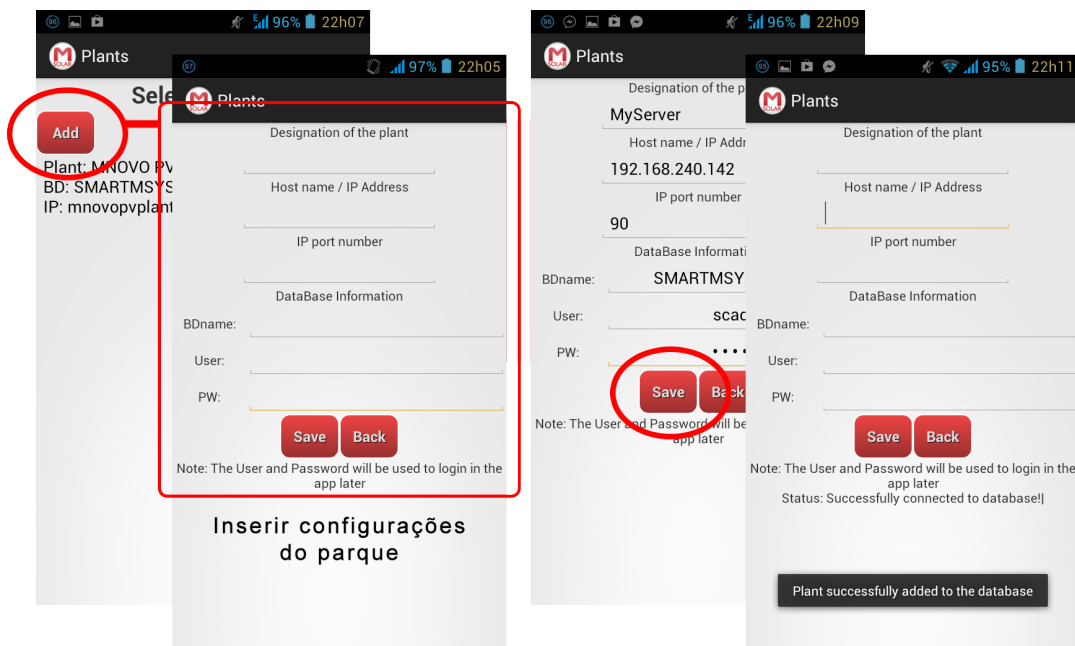


Figura 5.10: Adicionar nova central FV.

Existe um botão "Add" no topo da lista que permite criar mais centrais FV. Na figura 5.10 pode ser observado o processo de criação de uma nova central. O processo é idêntico ao explicado

anteriormente só que deste modo, é o utilizador que inicia a criação da central, enquanto que na primeira utilização é obrigatório o utilizador inserir pelo menos uma central.

5.4.3 Níveis de Acesso

Estão programadas internamente na aplicação 3 contas estáticas, exclusivamente para teste. Quando a aplicação for lançada oficialmente podem e devem ser retiradas para garantir segurança ao utilizador final.

Dependendo do tipo de utilizador, nem todos os menus estarão acessíveis como pode ser visto na figura 5.11, onde os acessos estão representados debaixo de cada figura por números, sendo o 1 o nível máximo, e o 3 o nível mínimo.



Figura 5.11: Menu da aplicação (admin/user/guest).

Estas três contas diferem unicamente no tipo de acesso aos menus e servem como meras amostras futuras. As credenciais de utilizador e palavra-chave de entrada são as seguintes:

- **Nível 1** - Admin/Admin;
- **Nível 2** - User/User;
- **Nível 3** - Guest/Guest.

O nível 1, administrador, tem permissão para ver todas as funcionalidades da aplicação: Configuração de plantas, acesso aos alarmes, histórico e produção.

O segundo nível, utilizador, tem acesso às variáveis de produção e comunicação dos equipamentos. O acesso detalhado dos alarmes e históricos não estão acessíveis com este nível de permissão.

Ao aceder à aplicação como visitante, nível 3, só é possível ver o ecrã que contém uma descrição sobre a empresa Martifer Solar.

Mas estas não serão as contas principais da aplicação. Durante a utilização do programa várias contas serão criadas automaticamente. Para o utilizador este vai ser um processo cómodo pois, as contas associadas à autenticação na aplicação, serão as mesmas definidas para ter acesso à base de dados da empresa. Então sempre que se configura uma nova planta, está-se a criar um novo utilizador automaticamente.

Os níveis de acesso não estão contemplados nas contas criadas automaticamente pela configuração de plantas, são meramente uma experiência para ter em conta numa implementação futura.

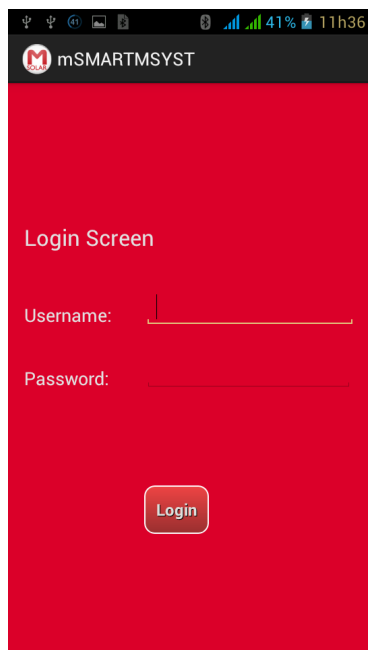


Figura 5.12: Ecrã de Autenticação.

A segunda utilização da aplicação, depois de configurada uma planta FV, requer uma autenticação por parte do utilizador, o ecrã para inserir as credenciais pode ser observado na figura 5.12.

Analisando, daqui para a frente, o caso mais simples, dos utilizadores de teste, ao efectuarmos o login correctamente com as credenciais admin/admin, entramos na aplicação e vamos

directos até ao menu, um ecrã de navegação onde se pode escolher: Plant, Home, Dashboard, Equipment, Alarms, Historical Data e Production.

5.4.4 Funcionalidades do Menu

Ao entrarmos na aplicação teremos acesso a várias funcionalidades, navegáveis por um menu de botões, conforme se pode verificar na imagem 5.11a. Ira ser abordado, de forma sucinta, todas as funcionalidades do menu apresentado, exemplificando o seu modo de utilização.

5.4.4.1 Plantas (Centrais FV)

O ecrã Plantas (*Plants*), permite-nos ver, adicionar e/ou seleccionar centrais FV à aplicação do modo como já foi referenciado no capítulo 5.4.2.

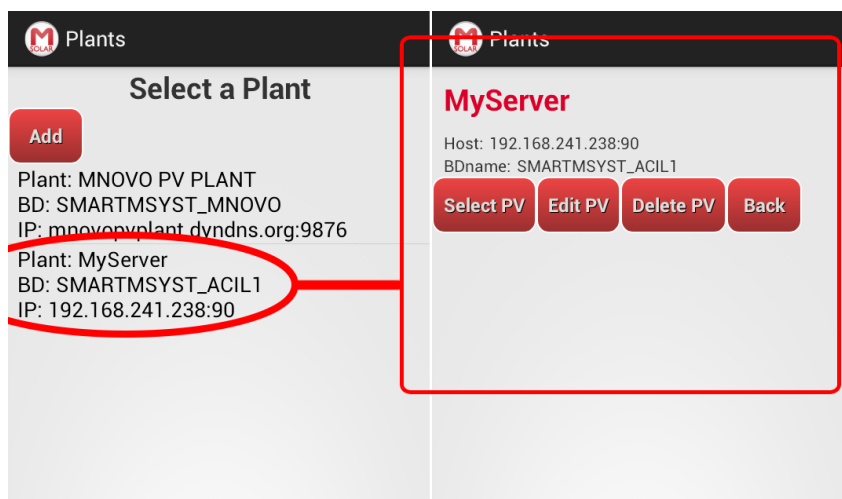


Figura 5.13: Selecionar uma central.

Ao clicar na central “MyServer” desencadeará um ecrã com várias opções: "Select PV", "Edit PV", "Delete PV" e "Back"; seleccionar, editar, apagar e voltar respectivamente, o que nos permite: seleccionar, editar ou apagar a central guardada (figura 5.13)

Assim, depois de termos a central seleccionada, podemos obter dados dos outros itens do menu da aplicação.

5.4.4.2 Home

Home é um ecrã sem informação relevante, é simplesmente um ecrã com a identificação da Martifer Solar e uma imagem da própria empresa.

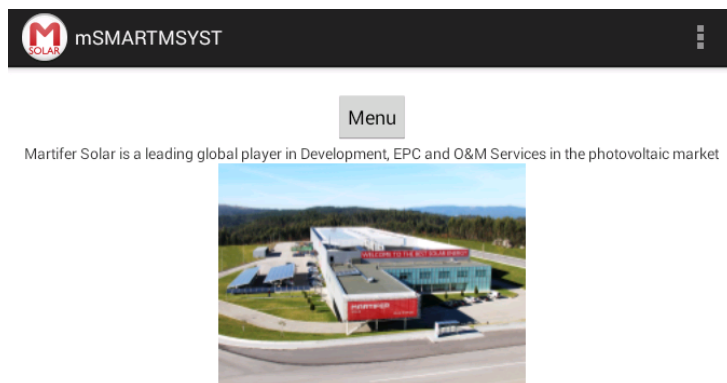


Figura 5.14: Ecrã Home.

5.4.4.3 Dashboard

No ecrã *Dashboard* apresentado nas figuras 5.15 e 5.16 recorre-se ao webservice, mais propriamente ao método "DashboardData"(ver figura 5.3a), para saber os dados em tempo real dos equipamentos.

O processo de amostragem de dados passa por: i) aceder ao webservice; ii) esperar a resposta do mesmo; iii) mostrar todos os dados recebidos (ver figura 5.15). Caso exista algum problema de comunicação e não sejam recebidos dados é possível tentar outra vez clicando no botão menu do telemóvel e de seguida no "Refresh".

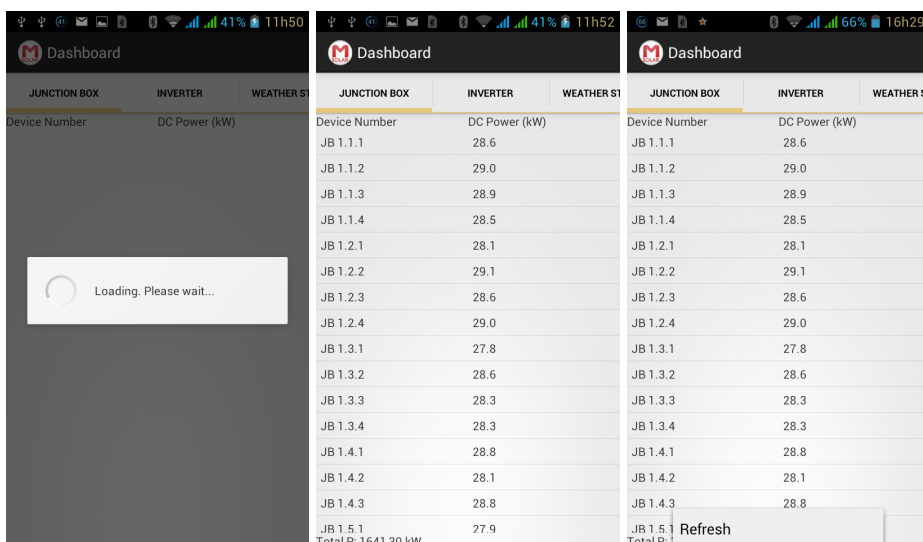


Figura 5.15: Ecrã Dashboard.

Na figura 5.16 são mostrados os restantes equipamentos: inversor, estação meteorológica, contador e analisador de energia e seguidor solar.

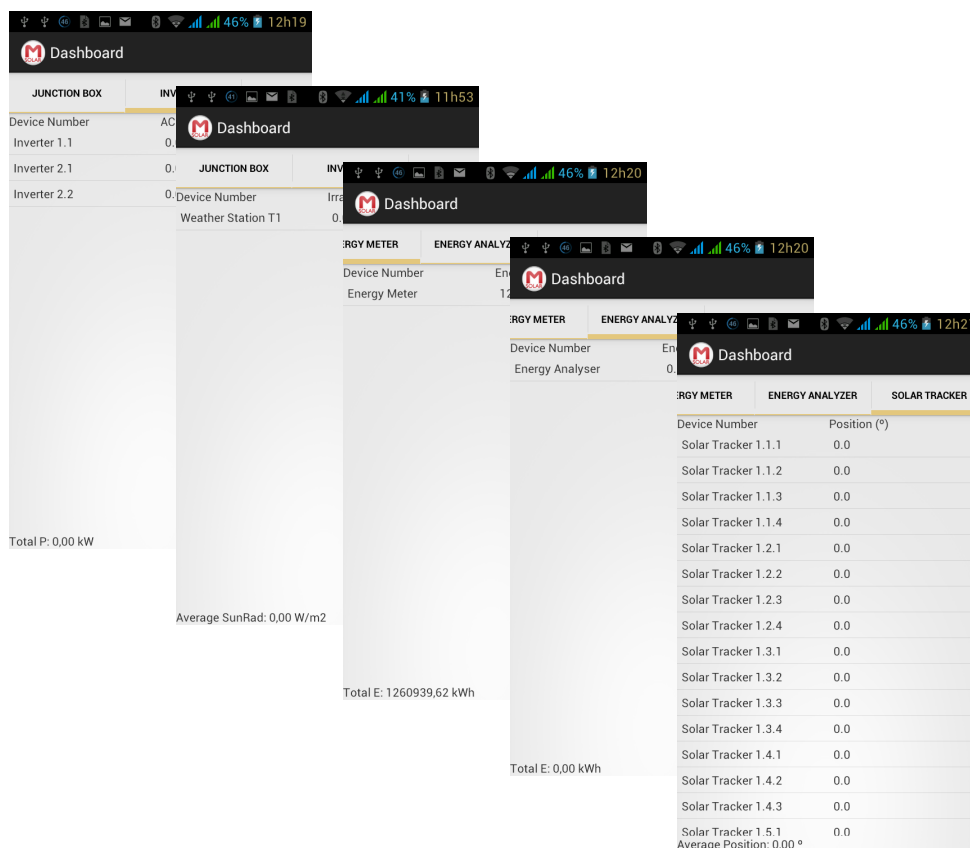


Figura 5.16: Ecrã Dashboard - Restantes Abas

A finalidade deste ecrã é ter uma noção das variáveis principais de cada um dos equipamentos, na sua contribuição para a produção de energia.

5.4.4.4 Equipamentos

O item seguinte, Equipamentos (*Equipment*), está ilustrado pela Figura 5.17. Aqui são mostrados os estados de comunicação de todos os equipamentos.

Sempre que um equipamento esteja sem comunicação, é assinalado a vermelho, caso este esteja com comunicação, estará assinalado a verde. Existe um filtro na parte inferior do ecrã que permite só visualizar os equipamentos pretendidos.

Esta atividade recorre ao método "EquipmentStatus" do webservice para obter a informação pretendida. Analisando a figura 5.17 concluímos que pelo menos 7 equipamentos estão com falhas na comunicação.

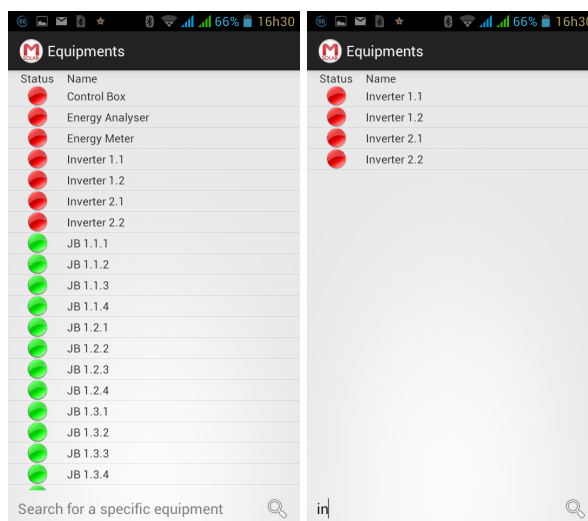


Figura 5.17: Menu de Equipamentos.

5.4.4.5 Alarmes

Para uma análise aprofundada dos erros ou alarmes ativos foi criado o próximo ecrã, Alarmes (*Alarms*), onde é feita uma listagem dos alarmes/erros/estados ativos (ver Figura 5.18). E tal como no ecrã "Equipment", também é possível filtrar os resultados por tipo de equipamento.

Esta informação é recolhida pelo método "ActiveAlarms" do webservice e enviada para a aplicação. Na figura 5.18 pode comprovar-se a falha de comunicação detetada no ecrã "Equipment" do equipamento Energy Analyser, com a mensagem "Communication Status" que significa que há uma falha de comunicação com o equipamento.

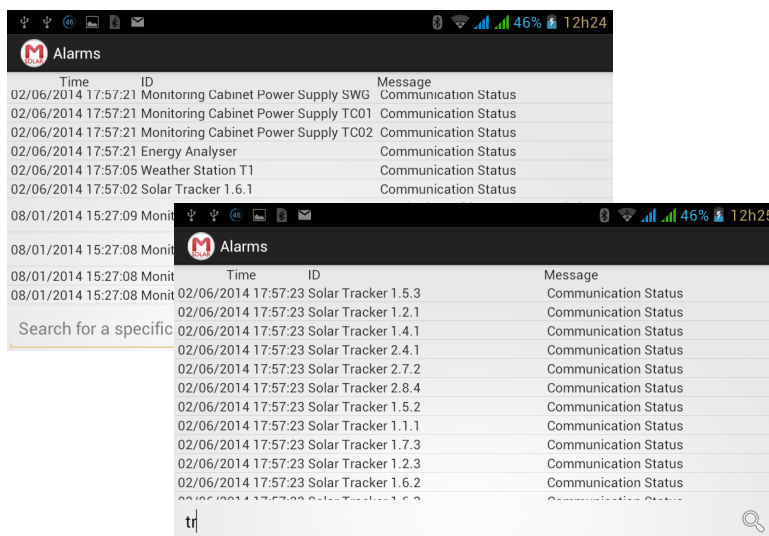


Figura 5.18: Menu de Alarmes.

5.4.4.6 Histórico

Histórico (*Historical Data*) é um ecrã para ver dados antigos na base de dados. Na figura 5.19 está ilustrado o processo de acesso aos dados da esquerda para a direita.

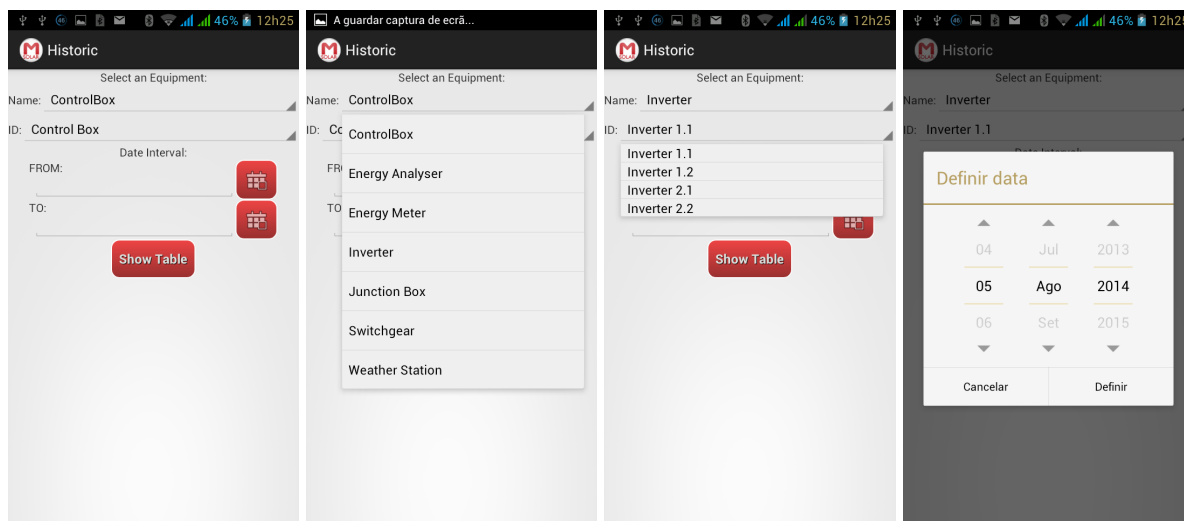


Figura 5.19: Menu Histórico.

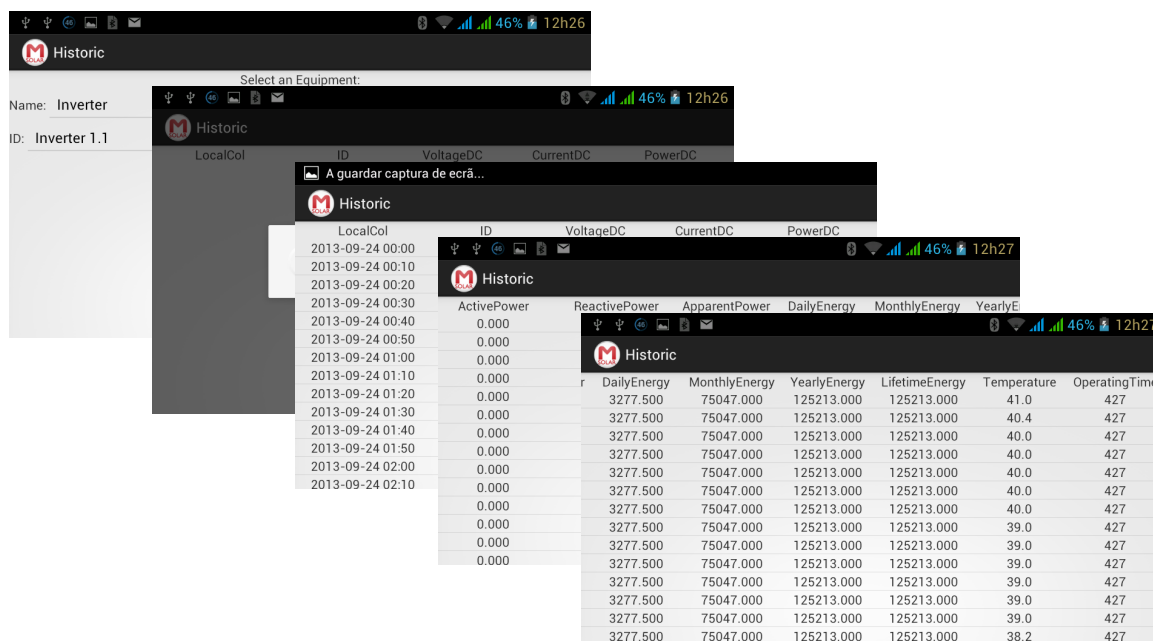


Figura 5.20: Apresentação de dados do Menu Histórico.

Primeiramente escolhe-se o tipo de equipamento, ex.: Inversor, depois o ID desse equipamento, ex.: 1.1 e por último escolhe-se o período em que se quer ver os dados, no final clica-se em "Show Table" para ver a tabela de dados.

estrutura de tabelas ou outras alterações que não envolvam o corpo da aplicação, não é necessário fazer atualizações ao nível da aplicação, mas sim ao webservice, poupando os utilizadores de fazer uma verificação periódica de atualizações, pois quando forem pesquisar têm a garantia que estão a ver os dados correctos com as correcções devidamente implementadas.

5.5 Utilização de outras Base de Dados

No decorrer desta dissertação, a Martifer Solar instalou mais um parque solar de 8 MW em Coruche. Esse parque tem algumas diferenças na BD que necessitam de ser tratadas para que a apresentação dos dados seja a correcta na hora que se fizer uma pesquisa por este parque.

Para isso é necessário fazer alterações ao webservice de modo a garantir que este parque seja compatível com a aplicação. O webservice é uma ajuda preciosa quando necessitamos de fazer este tipo de alterações pois permite-nos flexibilizar a aplicação.

As diferenças referem-se essencialmente à estrutura dos dados, isto é, alguns campos mudaram de designação e têm de ser alterados.

```
If (BDname = "SMARTMSYST_CORUCHE" ) Then
  Col3_inv = "DC Voltage"
  Col4_inv = "DC Current"
  Col5_inv = "DC Power"
  Col9_inv = "Energy Day"
  Col10_inv = "Energy Month"
  Col11_inv = "Energy Year"
  Col12_inv = "Energy Total"
  Col13_inv = "Inside Temperature"
  Col14_inv = "Operation Hours Total"

  Col3_jb = "Power_Total"
  Col4_jb = "Voltage_A"
End If
```

Secção de Código 5.2: Alteração ao método HistoricData do Webservice.

No método HistoricData foram feitas as alterações mostradas no código 5.2, onde são alteradas várias colunas do equipamento inversor e duas colunas da caixa de junção. É feita a comparação pelo nome da BD que está guardado na variável "BDname". A variável BDname contém uma string fornecida pela aplicação que nos diz de que BD queremos extrair informação. Caso seja feito o pedido para o parque de Coruche é então corrido o código 5.2.

```
Dim normalLine As String = “,[DB10MIN_WEATHER_TYPE1].[Irrad Module Plane] as [Irrad Module Plane]”
Dim newLineQuery As String = “”

If (BDname = “SMARTMSYST_CORUCHE” ) Then
    newLineQuery = “,( [DB10MIN_WEATHER_TYPE1].[Irrad Module Plane] + ISNULL([DB10MIN_WEATHER_TYPE2].[Irrad
Module Plane], [DB10MIN_WEATHER_TYPE1].[Irrad Module Plane])) / 2 As [Irrad Module Plane]”
    normalLine = “”
End If
```

Secção de Código 5.3: Alteração ao método ProductionTable do Webservice.

Quanto à segunda alteração, é feita no método ProductionTable e, é uma alteração à *query*. Esta alteração deve-se ao facto de este parque, pela sua dimensão, necessitar de duas estações meteorológicas. Sendo assim, é preciso fazer o cálculo da média das duas estações, para que a amostragem de dados seja a correcta. A código 5.3 mostra a linha que foi substituída na *query*. Tal como no código 5.2 é usada a variável "BDname" para identificar o parque que está a ser pesquisado pela aplicação. Caso o pedido seja feito para o parque FV de coruche é então substituída a linha que lê a variável normal de uma estação: "Irrad Module Plane", pela linha que efetua a média da variável "Irrad Module Plane" das duas estações "Weather_Type1" e "Weather_Type2".

5.6 Resultados/Testes

O mSMARTMSYST ao longo do seu desenvolvimento foi constantemente testado de modo a se poder verificar a programação desenvolvida. Em consequência dos testes efetuados, foram surgindo sucessivas melhorias até à obtenção da aplicação final. A aplicação desenvolvida funciona em Android 2.1 ou superior, sendo compatível unicamente com os parques FV cujo o projeto e construção foram realizados pela Martifer Solar. A aplicação permite listar qualquer parque da empresa e, para além dos dados de produção fornecidos por todas as aplicações expostas no capítulo 2.4.1, contém variáveis de alarmes e erros que ajudam na supervisão e manutenção do parque.

A aplicação retorna dados provenientes de fontes remotas. Assim sendo, foram executados testes exaustivos por forma a validar o processo de pedido e receção dos dados por parte da aplicação. Testes esses que se prendem essencialmente em avaliar os tempos de resposta assim como a construção das *queries* feitas à BD. Na tabela 5.2 são mostrados os tempos que aplicação demora a mostrar os dados de cada menu: localmente, num servidor de testes; e no terreno, num servidor da empresa. Os tempos de resposta foram avaliados empiricamente.

Os tempos mostrados pela tabela 5.2, representam os valores atuais que a aplicação fornece. Os tempos de resposta foram melhorados ao longo de todo o trabalho e obtiveram-se melhorias significativas. Para alguns pedidos de dados, por exemplo a potência momentânea das caixas de

junção, inicialmente, tinham-se tempos de resposta a rondar os 30 segundos e, neste momento, a aplicação demora aproximadamente 5 segundos a mostrar os dados ao utilizador.

Tabela 5.2: Tempos de Resposta da Aplicação.

Dados	Fonte de Dados	Velocidade de Conexão	Resposta
Dashboard	Servidor de Teste	30Mbps	7,3 s
Equipamentos			4,1 s
Alarmes			3,1 s
Histórico (1 dia)			6,6 s
Histórico (5 dias)			30 s
Produção			15,6 s
Dashboard	Servidor da Empresa	30Mbps	2,4 s
Equipamentos			13,1 s
Alarmes			7,7 s
Histórico (1 dia)			5,5 s
Histórico (5 dias)			10,5 s
Produção			9,2 s

A veracidade da informação mostrada pela aplicação foi comprovada pelo cruzamento de dados do sistema SCADA SMARTMSYST da empresa Martifer Solar com o da aplicação móvel mSMARTMSYST. Como pode ser observado na figura 5.22 os resultados mostrados pelo SCADA são iguais aos resultados mostrados pela aplicação mSMARTMSYST. A central FV usada para este teste foi a Tejo Rei.

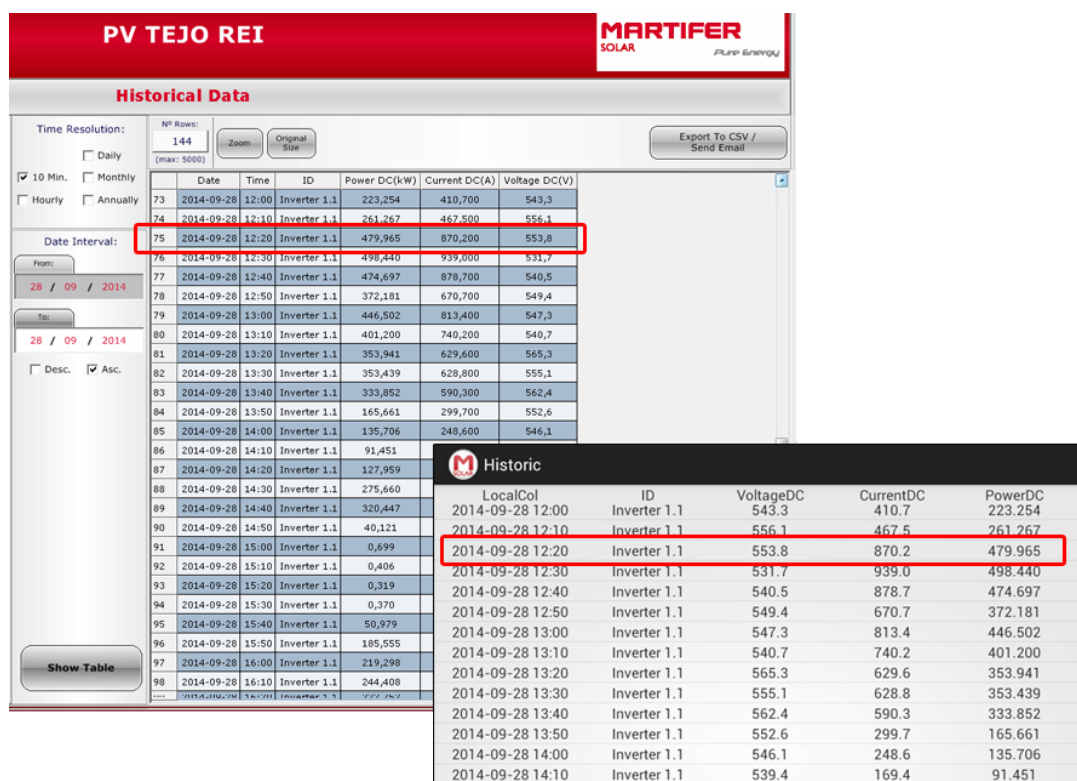


Figura 5.22: Comparação de dados entre aplicações.

6. Conclusão

A recolha de dados sobre o funcionamento de uma central FV e o posterior tratamento de forma a obter informação relevante é um aspeto crucial no que concerne a uma exploração otimizada de centrais FV. Com efeito, a informação obtida permite determinar indicadores de desempenho, efetuar comparações, identificar tendências de comportamento, detetar e localizar anomalias em equipamentos/sistemas e definir planos de manutenção otimizados. A consequência mais evidente da disponibilidade desta informação é a melhoria do desempenho técnico-económico das centrais FV.

6.1 Trabalho Desenvolvido

Ao longo deste trabalho faz-se uso dos dispositivos móveis, banalizados hoje em dia, para criar uma aplicação capaz de disponibilizar informação relativa ao funcionamento de uma central FV, independentemente da sua dimensão. A aplicação desenvolvida baseia-se em dois pilares fundamentais no desenvolvimento de sistemas: flexibilidade e segurança. A prova de conceito foi implementada através do desenvolvimento de três instanciações de cada um dos elementos contemplados na arquitetura apresentados no capítulo 4.2.

Conseguiu-se conceber com sucesso uma ferramenta funcional capaz de mostrar informação importante dos parques FV instalados pela empresa Martifer Solar. A ferramenta disponibiliza uma interface para o utilizador limpa e intuitiva, e é flexível graças ao webservice pelo que alterações à estrutura de dados possam ser trabalhados fora da aplicação.

6.2 Trabalhos futuros

Todos os objetivos propostos foram atingidos, no entanto, no decorrer do desenvolvimento deste trabalho pensaram-se em 2 elementos pertinentes para a evolução do sistema criado. O primeiro, tem o objetivo de informar o responsável pela central da existência de falhas sem necessitar de abrir a aplicação. Quanto ao segundo elemento, serve melhor os interesses da empresa, pois permite ter controlo direto sobre os utilizadores da aplicação.

1. Avisos sonoros

Este trabalho resultará numa melhoria significativa e de extrema utilidade para a aplicação. Permitirá avisar rapidamente o utilizador da aplicação de alarmes ocorridos na central fotovoltaica, sem sequer abrir a aplicação.

Para concretizar este trabalho será necessário primeiro alterar o modo como os dados são obtidos pela aplicação. Neste momento, os dados são obtidos sempre que o utilizador deseje navegar pelos menus. A obtenção dos dados de alarmes e erros devia, para além da implementação já feita, ter uma periodicidade configurada pelo utilizador de modo a que, em plano de fundo sincronize os dados com a base de dados.

Os dados deveriam ser guardados em cache, na própria aplicação, de modo que se pudesse fazer uma comparação dos dados guardados com os que são sincronizados no momento. Seria necessário guardar poucos dados porque cada vez que chegassem novos dados, depois de a comparação ser efetuada, esses eram substituídos pelos antigos, não sobrecarregando o armazenamento do telemóvel.

Com a comparação de dados, e detetadas mudanças de estado, a aplicação faria despolotar avisos para o utilizador que, imediatamente, saberia que a central tinha uma ou mais anomalias.

2. Credenciais de login

Neste momento o acesso à aplicação faz-se através das mesmas credenciais usadas para aceder diretamente à base de dados. Esse acesso à aplicação pode ser melhorado em termos de garantir à empresa um maior controlo do utilizador.

Pode ser feita uma base de dados dedicada, no servidor central, para gerir os utilizadores da aplicação, com diferentes níveis de acesso que serão depois pré-configurados na aplicação. Assim, consoante os níveis definidos, podem ser criadas restrições de uso da aplicação.

REFERÊNCIAS

- [1] A. N. Pereira, P. Tome, P. M. Costa, and J. Pascoal, “Architecture of information system for monitoring of photovoltaic plants,” in *Information Systems and Technologies (CISTI), 2014 9th Iberian Conference on*. IEEE, 2014, pp. 1–6.
- [2] R. L. Evans, *Fueling Our Future: an introduction to sustainable energy*. Cambridge University Press, 2007.
- [3] R. Faria, P. Marques, P. Moura, F. Freire, J. Delgado, and A. T. de Almeida, “Impact of the electricity mix and use profile in the life-cycle assessment of electric vehicles,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 24, pp. 271–287, 2013.
- [4] T. Bradford, “Solar revolution: the economic transformation of the global energy industry,” *MIT Press Books*, vol. 1, 2006.
- [5] E. R. E. Council, *Renewable Energy in Europe: Markets, Trends, and Technologies*. Earthscan, 2010.
- [6] “União Europeia: As Políticas Setoriais,” Acedido em: 12-08-2014. [Online]. Available: http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/pt/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.4.html
- [7] “2030 framework for climate and energy policies - european commission,” Acedido em: 27-09-2014. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/documentation_en.htm
- [8] “APISOLAR,” Acedido em: 11-02-2013. [Online]. Available: <http://www.apisolar.pt/>
- [9] A. Goetzberger and V. U. Hoffmann, *Photovoltaic solar energy generation*. Springer, 2005, vol. 112.
- [10] B. M. Kayes, H. Nie, R. Twist, S. G. Spruytte, F. Reinhardt, I. C. Kizilyalli, and G. S. Higashi, “27.6% conversion efficiency, a new record for single-junction solar cells under 1 sun illumination,” in *Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2011 37th IEEE*. IEEE, 2011, pp. 4–8.
- [11] A. Abecker and L. van Elst, “Ontologies for knowledge management,” in *Handbook on ontologies*. Springer, 2004, pp. 435–454.
- [12] L. Cristaldi, M. Faifer, A. Ferrero, and A. Nechifor, “On-line monitoring of the efficiency of photo-voltaic panels for optimizing maintenance scheduling,” in *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2010 IEEE*. IEEE, 2010, pp. 954–959.

REFERÊNCIAS

- [13] F. Sánchez-Pacheco, P. Sotorrio-Ruiz, J. Heredia-Larrubia, F. Pérez-Hidalgo, and M. Sidrach-de Cardona, “Low cost dc lines plc based photovoltaic plants parameters smart monitoring communications and control module,” in *Power Engineering, Energy and Electrical Drives (POWERENG), 2011 International Conference on*. IEEE, 2011, pp. 1–6.
- [14] J. Solórzano and M. Egido, “Automatic fault diagnosis in pv systems with distributed mppt,” *Energy Conversion and Management*, vol. 76, pp. 925–934, 2013.
- [15] S. A. Boyer, *SCADA: supervisory control and data acquisition*. International Society of Automation, 2009.
- [16] D. J. da Costa Machado, “Plataforma de monitorização e análise de desempenho de produção de parques fotovoltaicos,” 2012.
- [17] A. Chouder and S. Silvestre, “Automatic supervision and fault detection of pv systems based on power losses analysis,” *Energy Conversion and Management*, vol. 51, no. 10, pp. 1929–1937, 2010.
- [18] L. Cristaldi, M. Faifer, M. Rossi, and F. Ponci, “Monitoring of a pv system: The role of the panel model,” in *Applied Measurements for Power Systems (AMPS), 2011 IEEE International Workshop on*. IEEE, 2011, pp. 90–95.
- [19] N. Aste, C. Del Pero, F. Leonforte, and M. Manfren, “A simplified model for the estimation of energy production of pv systems,” *Energy*, vol. 59, pp. 503–512, 2013.
- [20] L. Fanni, M. Giussani, M. Marzoli, and M. Nikolaeva-Dimitrova, “How accurate is a commercial monitoring system for photovoltaic plant?” *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 2012.
- [21] N. Gokmen, E. Karatepe, S. Silvestre, B. Celik, and P. Ortega, “An efficient fault diagnosis method for pv systems based on operating voltage-window,” *Energy Conversion and Management*, vol. 73, pp. 350–360, 2013.
- [22] I. E. Commission *et al.*, *Photovoltaic system performance monitoring: Guidelines for measurement, data exchange and analysis*. International Electrotechnical Commission, 1998.
- [23] “Pv output - aplicações android no google play.” Acedido em: 17-02-2014. [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=au.id.mcdonalds.FVoutput&hl=pt_PT
- [24] “Rbee solar, our photovoltaic monitoring solution.” Acedido em: 17-02-2014. [Online]. Available: <http://www.rbeesolar.com/en-GB/>

REFERÊNCIAS

- [25] “Webdynsun.” Acedido em: 17-02-2014. [Online]. Available: <http://www.webdynsun.com/>
- [26] “Solar-log™ APP - aplicações android no google play,” Acedido em: 11-02-2014. [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.solarlog.app&hl=pt_PT
- [27] “Solar status - aplicações android no google play.” Acedido em: 17-02-2014. [Online]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.corocks.android.solarstatus&hl=pt_PT
- [28] “Sunny portal - aplicações android no google play.” Acedido em: 17-02-2014. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sunnyportal.ui>.
- [29] “SunWatcher - aplicações android no google play,” Acedido em: 14-08-2014. [Online]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.sineta.sunwatcher>
- [30] “The official microsoft IIS site,” Acedido em: 16-06-2014. [Online]. Available: <http://www.iis.net/>
- [31] “Android and iOS continue to dominate the worldwide smartphone market with android shipments just shy of 800 million in 2013, according to IDC,” Acedido em: 17-09-2014. [Online]. Available: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24676414>
- [32] “Google play: Statistic,” Acedido em: 18-09-2014. [Online]. Available: <http://www.statista.com/statistics/281106/number-of-android-app-downloads-from-google-play/>
- [33] “Android developers,” Acedido em: 05-08-2014. [Online]. Available: <http://developer.android.com/index.html>
- [34] “Introdução aos web services - NetBeans IDE,” Acedido em: 13-06-2014. [Online]. Available: https://netbeans.org/kb/docs/websvc/intro-ws_pt_BR.html
- [35] “Introduction to web services,” Acedido em: 13-06-2014. [Online]. Available: http://www.w3schools.com/Webservices/ws_intro.asp
- [36] “SOAP introduction,” Acedido em: 13-06-2014. [Online]. Available: http://www.w3schools.com/webservices/ws_soap_intro.asp
- [37] “Lesson: Java applets (the java™ tutorials > deployment),” Acedido em: 03-09-2014. [Online]. Available: <http://docs.oracle.com/javase/tutorial/deployment/applet/>
- [38] L.-r. Jen and Y.-j. Lee, “Ieee recommended practice for architectural description of software-intensive systems,” in *IEEE Architecture*. Citeseer, 2000.

REFERÊNCIAS

- [39] A. Abecker and L. van Elst, “Ontologies for knowledge management,” in *Handbook on ontologies*. Springer, 2004, pp. 435–454.
- [40] P. Mika, V. Iosif, Y. Sure, and H. Akkermans, “Ontology-based content management in a virtual organization,” in *Handbook on Ontologies*. Springer, 2004, pp. 455–475.
- [41] N. Guarino, “Semantic matching: Formal ontological distinctions for information organization, extraction, and integration,” in *Information Extraction A Multidisciplinary Approach to an Emerging Information Technology*. Springer, 1997, pp. 139–170.
- [42] L. Damas, *SQL*, 2005.
- [43] R. Queirós, *Android - Introdução ao Desenvolvimento de Aplicações*. FCA - Editora de Informática, Lda, 2013.

APÊNDICES

A. ESTRUTURA DAS CLASSES DA APLICAÇÃO

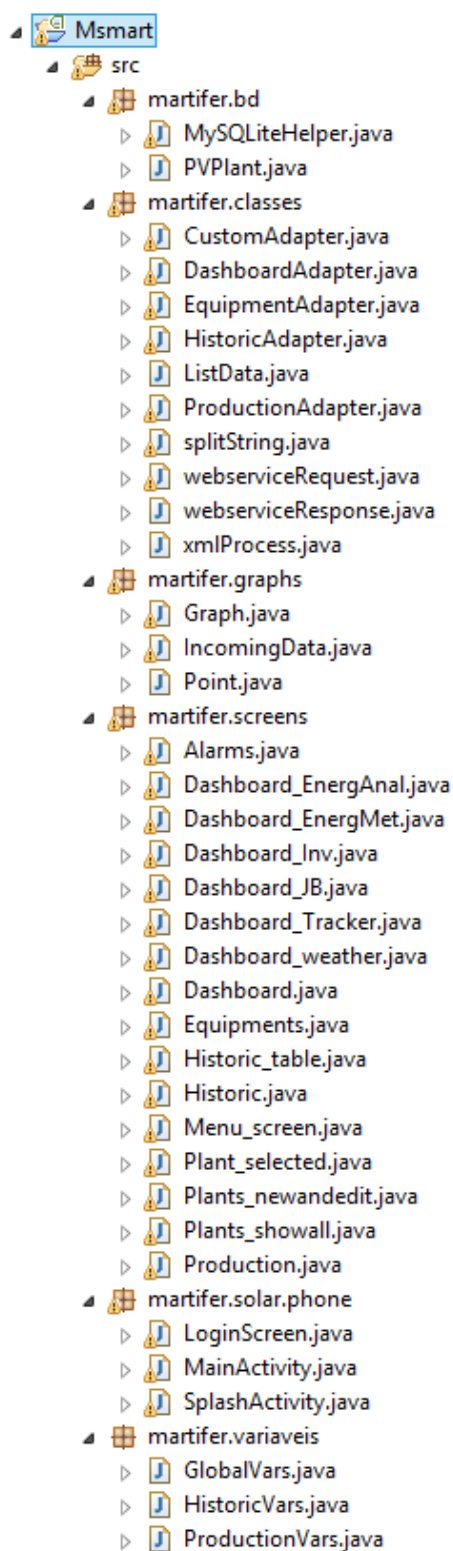


Figura A.1: Classes do mSMARTMSYST