



# SISTEMA DE GESTÃO DE CENTRAIS FOTOVOLTAICAS

**EDWARD JEFFERSON MOREIRA MARTINEZ**

Outubro de 2016

# SISTEMA DE GESTÃO DE CENTRAIS FOTOVOLTAICAS

Edward Martinez



Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização em Telecomunicações

**2016**



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de  
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Edward Jefferson Moreira Martinez, Nº 1100415, 1100415@isep.ipp.pt

Orientação científica: Jorge Estrela Silva, jes@isep.ipp.pt

Empresa: EFACEC Engenharia e Sistemas S.A

Supervisão: Pedro Miguel Almeida Sousa, pedro.asousa@efacec.com



Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores  
Área de Especialização em Telecomunicações

**2016**



“No meio de qualquer dificuldade encontra-se a oportunidade”

*Albert Einstein*



## *Agradecimentos*

Agradeço a empresa Efacec que me tem dado várias oportunidades ao longo da minha carreira profissional.

Quero agradecer aos meus orientadores da Efacec, os Engenheiros Bruno Silva, Pedro Sousa e António Tavares que me deram todo o apoio para criar esta plataforma de forma a melhorar o trabalho do departamento de operação e manutenção das energias renováveis.

Agradeço ao Engenheiro Jorge Silva pela excelente orientação dada para a finalização do meu projeto final do mestrado.

Agradeço a minha namorada que me tem acompanhado ao longo desta jornada e que de certeza me acompanhará nas restantes.

Agradeço aos meus pais que sempre me apoiaram para finalizar os meus estudos e que fizeram grandes sacrifícios por mim.



## *Resumo*

De forma a concentrar a informação de sistemas SCADA de instalações fotovoltaicas e posteriormente conseguir analisar a mesma através de uma plataforma web com várias funcionalidades, foi criada uma solução dividida em duas aplicações diferentes. Uma foi projetada para estabelecer comunicações com as instalações e a outra para disponibilizar a informação em diferentes formatos.

A aplicação para adquirir a informação e realizar o respetivo arquivamento numa base de dados foi desenvolvida na linguagem Java, onde existem várias funções de processamento que permitem garantir que a informação adquirida não é repetida, assim como recuperar a informação que não é arquivada por falhas de comunicações, desde que essa informação exista ainda nos arquivos dos sistemas SCADA. A principal vantagem desta aplicação é permitir uma grande escalabilidade no que diz respeito ao acréscimo de novas instalações e aquisição de diferentes sistemas SCADA.

Para o caso da aplicação web, foi realizado um estudo do mercado que permitiu criar um portal com uma base bastante sólida de funcionalidades, comparável com os portais existentes no mercado dos sistemas de energia solar. Este portal permite aos utilizadores visualizarem todos os dados de uma instalação fotovoltaica assim como realizar análises comparativas que não eram possíveis anteriormente. Também foram acrescentadas funcionalidades de calendarização que permitem gerir eficientemente o trabalho do departamento de operação e manutenção das energias renováveis. Por último foi acrescentada a funcionalidade de geração de relatório que reduz o tempo dos mesmos para posteriormente serem apresentados aos clientes.

### *Palavras-Chave*

Portal de monitorização, Portal fotovoltaico, Concentrador de informação, Aplicação JAVA.



## *Resume*

In order to gather the information from the SCADA systems of photovoltaic plants and then analyze it through a web platform, a solution composed of two different applications was created. One application has the purpose of acquiring data from the solar PV plants, while the other application is aimed to make the information available in different formats through a web platform.

The data acquisition application was developed in Java. This application ensures that each record is inserted once and only once in the server's database, even in the presence of communication faults and provided that this information still exists in the archives of SCADA systems. The main advantage of this application is its scalability in regards to the support of new SCADA systems.

The design of the web application was inspired in a study of the market of applications for solar PV plants. This study enabled the creation of a portal with a very solid base of features, comparable to existing portals on the market of solar energy systems. This portal allows users to inspect and visualize all data coming from the PV plants, as also to perform comparative analyses of the performance of different plants. It also provides functionalities for operation and maintenance team workloads scheduling. Finally, the web application can easily produce detailed reports for delivery to the final client.

.

PV portal, Concentrator information, JAVA application, Monitoring portal.



# Conteúdo

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>RESUME</b> .....	<b>V</b>
<b>CONTEÚDO</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO .....	1
1.2.OBJETIVOS .....	2
1.3.CALENDARIZAÇÃO .....	4
1.4.ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO.....	5
<b>2. ESTADO DA ARTE</b> .....	<b>7</b>
2.1.TERMINOLOGIA .....	8
2.2.SISTEMAS SCADA .....	11
2.3. SMA.....	12
2.4.METEO CONTROL.....	18
2.5.SKYTRON .....	23
2.6.GREEN POWER MONITOR.....	29
2.7.EFACEC .....	31
2.8.HUAWEL.....	35
<b>3. TECNOLOGIAS CONSIDERADAS</b> .....	<b>39</b>
3.1. PHP.....	39
3.2.JAVA.....	40
3.3.HTML.....	40
3.4.BOOTSTRAP .....	41
3.5.JAVASCRIPT .....	42
3.6.POSTGRESQL.....	42
3.7.GOOGLE CHARTS .....	43

3.8.PROTOCOLO MODBUS .....	43
3.9.PROTOCOLO FTP .....	47
<b>4. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA.....</b>	<b>49</b>
4.1.ANÁLISE DE REQUISITOS .....	49
4.2.ARQUITETURA DO SISTEMA .....	51
4.3.COMUNICAÇÃO COM OS SISTEMAS SCADA .....	52
<b>5. TESTES E RESULTADOS .....</b>	<b>73</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>83</b>
<b>REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO A. PROCEDIMENTO DE REPLICAÇÃO NO POSTGRESQL.....</b>	<b>89</b>

## Índice de Figuras

FIGURA 1: CASOS DE USO.....	3
FIGURA 2: THE GLOBAL PHOTOVOLTAIC (PV) MONITORING [2]. .....	8
FIGURA 3: <i>DATALOGGER CLUSTER CONTROLLER</i> [3]. .....	13
FIGURA 4: <i>SONNY HOME MANAGER</i> [4]. .....	14
FIGURA 5: ESQUEMA DE COMUNICAÇÕES DE EQUIPAMENTOS DE MONITORIZAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO DOMÉSTICA [5]. .....	14
FIGURA 6: SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO <i>SONNY HOME MANAGER</i> [4]. .....	15
FIGURA 7: BALANÇO ENERGÉTICO DE UMA INSTALAÇÃO [4]. .....	15
FIGURA 8: EXEMPLO DE DUAS INSTALAÇÕES COM DIFERENTES ASPETOS [6]. .....	16
FIGURA 9: ANÁLISE GRÁFICA DA INSTALAÇÃO. ....	17
FIGURA 10: LISTA DE EVENTOS QUE OCORRERAM NUMA INSTALAÇÃO [6]. .....	18
FIGURA 11: SAFER'SUN PUBLIC CONJUNTO DE INSTALAÇÕES.....	19
FIGURA 12: INSTALAÇÃO MONITORIZADA PELO SAFER'SUN PUBLIC. ....	20
FIGURA 13: <i>DASHBOARDS</i> DE MONITORIZAÇÃO DO VCOM [9]. ....	21
FIGURA 14: SAFER'SUN PROFESSIONAL [10]. ....	22
FIGURA 15: PV GUARD SCADA. ....	24
FIGURA 16: PV GUARD ANÁLISE AO NÍVEL DA <i>STRING</i> . ....	25
FIGURA 17 : ANÁLISE GRÁFICA DE ENTIDADES. ....	25
FIGURA 18: LISTA DE ALARMES DA INSTALAÇÃO. ....	26
FIGURA 19: <i>DASHBOARD</i> DE ANÁLISE DE RENDIMENTO DE UMA INSTALAÇÃO.....	27
FIGURA 20: PV GUARD PORTAL, COM 3 INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS [14]. ....	27
FIGURA 21: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE 3 INSTALAÇÕES [14]. .....	28
FIGURA 22: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE 2 INSTALAÇÕES [14]. .....	28
FIGURA 23: ANÁLISE DAS <i>STRINGS</i> DA INSTALAÇÃO [14]. ....	29
FIGURA 24: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A ENERGIA PRODUZIDA E A RADIAÇÃO E POTÊNCIA DO INVERSOR [14]. ....	29
FIGURA 25: GPM PV SCADA [16]. ....	30
FIGURA 26: GPM PV PORTAL [17]. ....	31
FIGURA 27: SCADA LOCAL LOGIN. ....	32
FIGURA 28: SINÓPTICOS PARA MONITORIZAR ESTADOS DOS RELÉS DE INTERLIGAÇÃO A REDE ELÉTRICA. ....	33
FIGURA 29: ALARMES EXISTENTES NUMA INSTALAÇÃO.....	33
FIGURA 30: RELATÓRIOS DE PRODUÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO .....	34
FIGURA 31: SINOPTICO DE ALARMES DOS VÁRIOS EQUIPAMENTOS DE UMA INSTALAÇÃO. ....	34

FIGURA 32: <i>LAYOUT</i> DE MONITORIZAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO.....	35
FIGURA 33: ESTRUTURA DE UMA REDE COM O SISTEMA DA HUAWEI [20]. .....	36
FIGURA 34: ANTENAS DE TRANSMISSÃO <i>WIRELESS</i> [20]. .....	37
FIGURA 35: FUSIONSOLAR PLANT MANAGEMENT SYSTEM [20].....	37
FIGURA 36: FUSIONSOLAR CLOUD MANAGEMENT CENTER [20]. .....	38
FIGURA 37: ESTRUTURA DE UMA PÁGINA HTML.....	41
FIGURA 38: RESPONSABILIDADE DO BOOTSTRAP EM DIFERENTES EQUIPAMENTOS [25]. .....	41
FIGURA 39: ARQUITETURA MODBUS TCP/IP [35]. .....	44
FIGURA 40: TRAMA MODBUS [34]. .....	44
FIGURA 41: MENSAGENS TROCADAS ENTRE UM CLIENTE E UM SERVIDOR MODBUS SEM ERROS. ....	45
FIGURA 42: TROCA DE MENSAGENS ENTRE UM CLIENTE E UM SERVIDOR ME QUE OCORRE UM ERRO. ....	46
FIGURA 43: MODELO OSI [29]. .....	47
FIGURA 44: LISTA DE PASTAS COM INFORMAÇÃO DO REDLION. ....	50
FIGURA 45: ARQUITETURA DO SISTEMA. ....	51
FIGURA 46: DESCRIÇÃO DAS FUNCIONALIDADES DO PORTAL AO NÍVEL DOS UTILIZADORES. ....	52
FIGURA 47: ARQUITETURA DO <i>SOFTWARE</i> DESENVOLVIDO. ....	54
FIGURA 48: ESQUEMA DA BASE DE DADOS. ....	55
FIGURA 49: FUNCIONALIDADES DA APLICAÇÃO <i>BACK END</i> . ....	56
FIGURA 50: FLUXOGRAMA DA APLICAÇÃO DESENVOLVIDA.....	58
FIGURA 51: MAPA DE NAVEGAÇÃO DO PORTAL. ....	59
FIGURA 52: PÁGINA DE SESSÃO.....	60
FIGURA 53: EXEMPLO DA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO GET. ....	60
FIGURA 54: <i>DASHBOARD</i> PRINCIPAL. ....	61
FIGURA 55: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS INSTALAÇÕES.....	62
FIGURA 56: SIMULAÇÃO DE ALERTA NUMA INSTALAÇÃO .....	63
FIGURA 57: FILTRO DE UMA INSTALAÇÃO NO DATATABLES. ....	63
FIGURA 58: <i>DASHBOARD</i> DA INSTALAÇÃO .....	64
FIGURA 59: EVENTOS DE UMA INSTALAÇÃO. ....	64
FIGURA 60: HISTÓRICO DE DADOS. ....	65
FIGURA 61: ANÁLISE GRÁFICA HISTÓRICA. ....	66
FIGURA 62: VISUALIZAÇÃO DO SCADA LOCAL NO PORTAL. ....	67
FIGURA 63: CALENDARIZAÇÃO COM TAREFAS E AVARIAS.....	68
FIGURA 64: MENU PARA REGISTO DE TAREFAS OU AVARIAS. ....	69
FIGURA 65: VISUALIZAÇÃO DE AVARIA ATIVA E FECHADA. ....	70
FIGURA 66: VISUALIZAÇÃO DE PREVENTIVA. ....	70
FIGURA 67: VISUALIZAÇÃO DE CORRETIVA. ....	71
FIGURA 68: FUNCIONALIDADE DE CRIAÇÃO DE RELATÓRIO. ....	72

FIGURA 69: MENSAGENS DA APLICAÇÃO <i>STAND ALONE</i> .....	74
FIGURA 70: ARQUIVAMENTO DO PRIMEIRO REGISTO DO DIA PELA APLICAÇÃO.....	74
FIGURA 71: APLICAÇÃO A ATUALIZAR A BASE DE DADOS. ....	75
FIGURA 72: CRIAÇÃO DE UMA TAREFA CORRETIVA E VISUALIZAÇÃO NO CALENDÁRIO MENSAL .....	76
FIGURA 73: CRIAÇÃO DE UMA TAREFA CORRECTIVA E VISUALIZAÇÃO NO CALENDÁRIO SEMANAL. ....	76
FIGURA 74: CRIAÇÃO DE UMA TAREFA PREVENTIVA E VISUALIZAÇÃO NO CALENDÁRIO MENSAL. ....	77
FIGURA 75: CRIAÇÃO DE UMA TAREFA PREVENTIVA E VISUALIZAÇÃO NO CALENDÁRIO SEMANAL. ....	78
FIGURA 76: VISUALIZAÇÃO DE UMA AVARIA EM ABERTO E DE OUTRA FECHADA.....	79
FIGURA 77: CRIAÇÃO DE RELATÓRIO EXCEL COM 1 ENTIDADE.....	80
FIGURA 78: SIMULAÇÃO DO VALOR DA DISPONIBILIDADE INSTANTÂNEA DA INSTALAÇÃO VALOR 50. ....	80
FIGURA 79: SIMULAÇÃO DO VALOR DA DISPONIBILIDADE INSTANTÂNEA DA INSTALAÇÃO VALOR 150. ....	81
FIGURA 80: SIMULAÇÃO DO VALOR DA <i>PERFORMANCE RATIO</i> E ARQUIVAMENTO VALOR 20. ....	82
FIGURA 81: SIMULAÇÃO DO VALOR DA <i>PERFORMANCE RATIO</i> VALOR 100. ....	82



## *Índice de Tabelas*

TABELA 1: CALENDARIZAÇÃO DO PROJETO .....	4
TABELA 2: COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DA METEO CONTROL .....	22
TABELA 3: REGISTOS MODBUS .....	46



## *Acrónimos*

SCADA - *Supervisory Control And Data Acquisition*

KPI - *Key Performance Indicators*

PR - *Performance Ratio*

O&M - *Operação e Manutenção*

HTML - *Hyper Text Markup Language*

PV – *Photovoltaic*



# 1. INTRODUÇÃO

Este projeto foi desenvolvido no âmbito da Tese/Dissertação, do 2º ano de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores ramo Telecomunicações, do Departamento de Engenharia Eletrotécnica (DEE), do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

## 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A Efacec é uma empresa Portuguesa com vasta presença internacional. Opera nos sectores da energia, da engenharia e da mobilidade.

Tem como foco fundamental cumprir e ultrapassar diariamente as expectativas e necessidades dos seus diferentes stakeholders e, em particular, dos seus acionistas e financiadores, dos seus colaboradores e dos seus parceiros de negócio - clientes e fornecedores.

Integrada diariamente, na atividade que desenvolve, as suas diferentes valências - humanas, técnicas e tecnológicas - o conhecimento que tem e a capacidade inovadora, com o objetivo de criar e de acrescentar valor à oferta dos seus clientes e à sociedade em geral. Fazem-no com o compromisso inequívoco dos seus mais de 2400 colaboradores, baseando as suas decisões e atividades em valores corporativos sólidos e numa cultura de empresa onde a confiança, a transparência e o rigor, assumem importância fundamental.

Estes fatores são os pilares do posicionamento forte da Efacec nos sectores em que opera e do desenvolvimento sustentado da empresa [1].

Atualmente, a metodologia utilizada pela Efacec para a monitorização das instalações fotovoltaicas baseia-se na visualização permanente das instalações através dos diferentes sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) utilizando vários ecrãs e varias seções nos *browsers*. Esta metodologia deixou de ser eficiente devido a grande quantidade de instalações que Efacec tem de monitorizar. Para tornar as tarefas mais eficientes, propôs-se a centralização das instalações numa plataforma única que permitira reduzir o tempo de análise das instalações assim como tornar mais eficientes as tarefas do departamento operação e manutenção das instalações fotovoltaicas.

## **1.2. OBJETIVOS**

O objetivo principal deste projeto é a aquisição e centralização da informação proveniente de centrais solares numa base de dados residente num servidor e a interligação da base de dados com um portal, que será criado de raiz e que permitirá visualizar todos os dados adquiridos nas centrais solares, realizar comparações entre instalações, gerir ações preventivas e corretivas por parte do departamento de Operação e Manutenção (O&M) e criar relatórios de produtividade. Dada a complexidade inerente a este objetivo, sentiu-se a necessidade de o subdividir em múltiplas tarefas, tais como:

- O estudo do mercado de sistemas de monitorização em instalações solares;
- A avaliação dos métodos possíveis de aquisição dos dados armazenados;
- Comunicação com os *dataloggers* RedLion utilizados pela Efacec nas mini-gerações;
- A elaboração da base de dados relacional que será implementada no sistema;
- O desenvolvimento de um módulo que consiga obter a informação guardada nas instalações e que, por sua vez, armazene essa informação adequadamente na base de dados criados para o sistema;
- Desenvolvimento de um portal que permita visualizar a informação existente na base de dados;
- Desenvolvimento de uma ferramenta de calendarização de tarefas;
- Desenvolvimento de uma ferramenta de geração de relatórios automáticos.

### **1.2.1. REQUISITOS FUNCIONAIS**

A Figura 1 apresenta as ações que cada utilizador pode efetuar e os dados a que cada um pode aceder. Para o caso da visualização da informação, todos os utilizadores conseguem

aceder a informação para analisarem as instalações fotovoltaicas. Relativamente à ferramenta de calendarização e geração de relatórios, existem restrições ao nível dos utilizadores sendo que apenas os Administradores, gestores e supervisores técnicos conseguem aceder à ferramenta de relatórios, e fazer alterações nas tarefas calendarizadas, como criá-las, editá-las, fechar avarias e apagá-las.

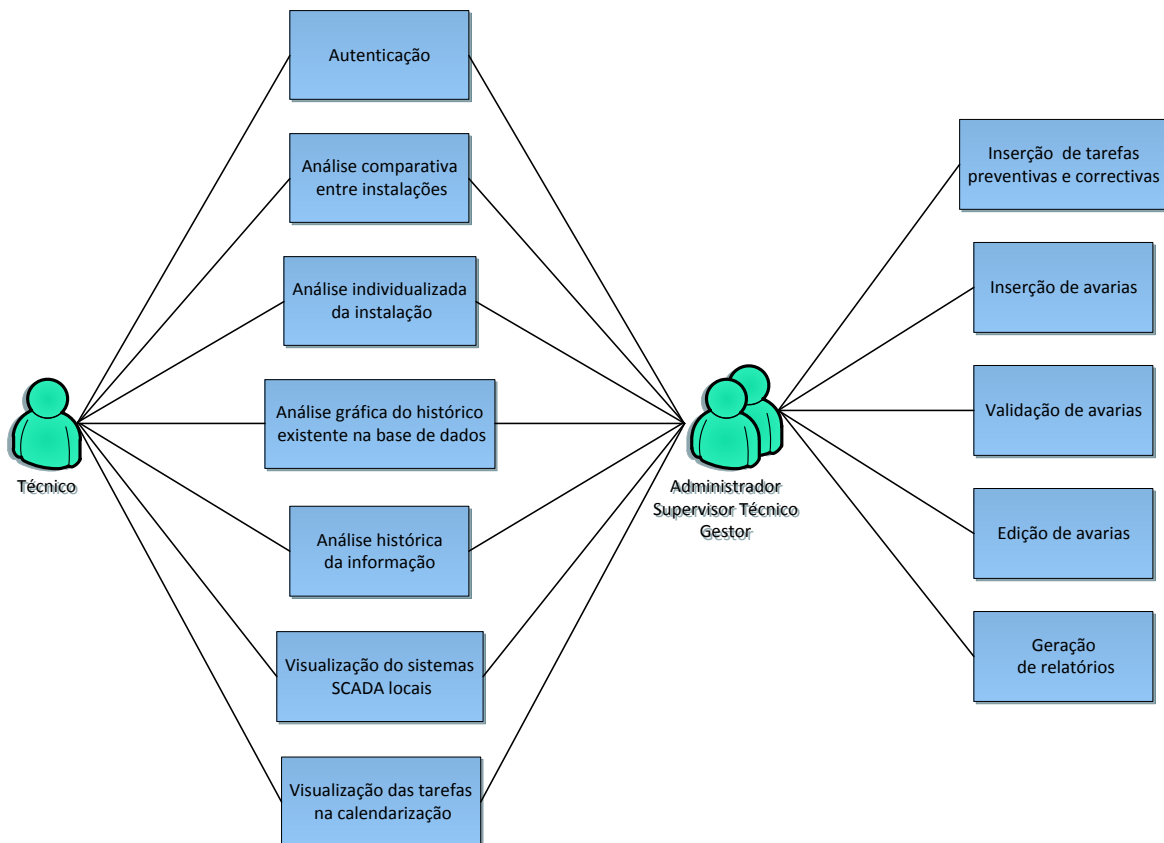


Figura 1: Casos de uso.

### 1.2.2. TESTES FUNCIONAIS

De forma a verificar o correto funcionamento do sistema, o mesmo deve conseguir com sucesso os seguintes testes funcionais:

- Estabelecer comunicação com os sistemas SCADA que utilizam o RedLion;
- Processar a informação lida dos sistemas e arquiva-la na base de dados corretamente;
- Visualizar a informação no portal em vários formatos:



#### **1.4. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO**

No Capítulo 2 será apresentado o estado da arte onde será explicado como se deve analisar uma instalação fotovoltaica, o que são sistemas SCADA e os principais sistemas de monitorização existentes no mercado, onde foram consideradas empresas que se dedicam exclusivamente ao desenvolvimento de *software* e empresas fornecedoras de inversores. No capítulo 3, serão apresentadas as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da solução. No capítulo 4 será apresentada a solução criada para a obtenção e visualização da informação proveniente das várias centrais fotovoltaicas. No capítulo 5 serão apresentados os testes e resultados que foram realizados. No último capítulo, são reunidas as principais conclusões e perspectivas de futuros desenvolvimentos.



## 2. ESTADO DA ARTE

Neste capítulo serão apresentadas algumas das empresa que fazem parte do mercado solar a nível mundial e que se destacam na monitorização de instalações fotovoltaicas. Serão apresentadas empresas fornecedoras de inversores, empresas que exclusivamente desenvolvem *software* e por último empresas que para além de *software* também desenvolvem *hardware* para monitorização. Como base para a seleção de empresas de monitorização, foi considerado o estudo [2] feito pelas consultoras *GTM Research* e *SoliChamba Consulting* que, para os anos de 2016 até 2020, salientam o crescimento das principais empresas do setor solar assim como a média das instalações monitorizadas por estas, como mostra a Figura 2.

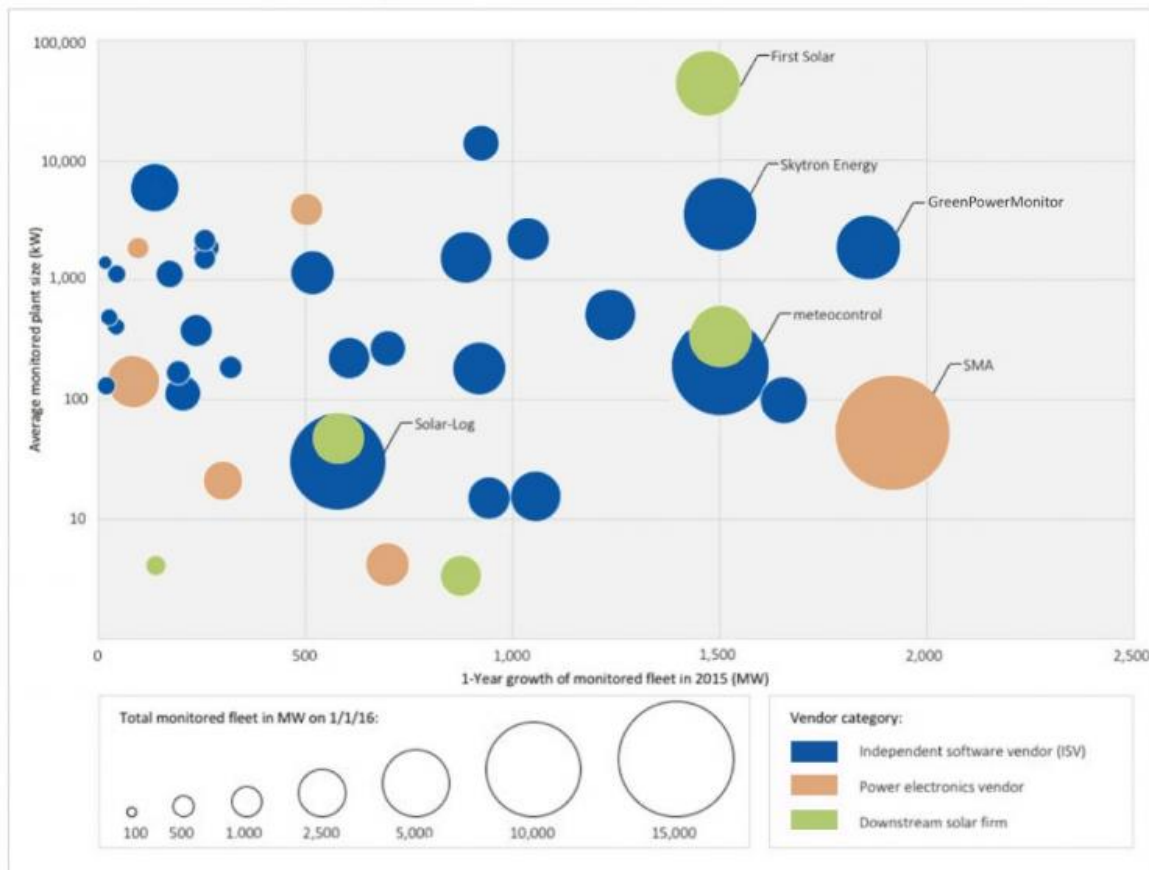


Figura 2: The Global Photovoltaic (PV) Monitoring [2].

## 2.1. TERMINOLOGIA

A *Performance Ratio* (PR) é fornecida em percentagem e é a principal unidade para a avaliação da eficiência de um sistema fotovoltaico. Ela designa a relação entre a produção de energia produzida e a teórica. Esta é amplamente independente do alinhamento de um sistema fotovoltaico e da radiação do mesmo. Desta forma, pode-se com a ajuda da *Performance Ratio* comparar sistemas fotovoltaicos ligados em locais diferentes do globo terrestre.

Quanto mais próximo dos 100 % estiver o valor da PR estipulado para um sistema fotovoltaico, mais eficaz é este sistema fotovoltaico. Um valor de 100 % não é contudo atingível na realidade, pois durante a operação do sistema fotovoltaico também ocorrem perdas inevitáveis (p. ex. perdas térmicas devido a aquecimento do módulo fotovoltaico).

A equação 1 apresenta a fórmula normalmente utilizada para o cálculo do PR.

$$PR = \frac{E_{\text{contador}}}{\frac{G}{G^1} \times P_p \times dg} \quad (1)$$

*E<sub>contador</sub>: Energia lida no contador(kWh)*

*G: Irradiação solar(Wh/m<sup>2</sup>)*

*G<sup>1</sup>: Irradiancia solar nas condições STC(1000 W/m<sup>2</sup>)*

*P<sub>p</sub>: Potência pico da central fotovoltaica (kW)*

*D<sub>g</sub>: Degradação anual do modulo fotovoltaico (1% ao ano nos primeiros 10 anos)*

É possível detectar desvios através da determinação dos outros valores PR obtidos através de simulação por *software* que permitem perceber se é necessário tomar contramedidas para melhorar a eficiência da instalação.

Os fatores que podem afetar o valor PR são:

- Temperatura dos módulos fotovoltaicos;
- Radiação solar e perdas angulares e espectralis;
- Existência de sombra ou sujidade do aparelho de medição;
- Existência de sombra ou sujidade do módulo fotovoltaico.
- Perdas elétricas;
- Grau de rendimento do módulo fotovoltaico;
- Grau de rendimento do inversor;
- Diversas tecnologias de células solares do aparelho de medição e do módulo fotovoltaico;
- Degradação das células solares de medição;
- Alinhamento das células solares de medição.

## **Temperatura dos módulos fotovoltaicos**

A potência e eficácia de uma célula solar dependem, entre outros, da temperatura do módulo fotovoltaico, sendo que em temperaturas baixas o rendimento do painel é superior do que em temperaturas altas. Por exemplo, quando o módulo fotovoltaico está frio (por diversas razões), a radiação solar que chega ao módulo fotovoltaico frio é aproveitada ao máximo para gerar energia elétrica podendo também gerar temporariamente um valor PR elevado. Depois de um determinado tempo, o módulo fotovoltaico poderá aquecer provocando uma redução do rendimento do painel.

## **Radiação solar e perdas espectrais e angulares**

Por esta razão, durante o cálculo neste momento, o valor PR é inferior ao normal. As perdas angulares e espectrais são caracterizadas pela incapacidade do módulo absorver a totalidade da radiação solar por não estar na orientação ideal, em todo o período.

## **Existência de sombra ou sujidade no aparelho de medição**

A existência de sombra parcial ou total no aparelho de medição pode provocar valores de PR acima de 100 %. Além disso, fatores ambientais como neve, poeiras ou o nível de pó, podem sujar o aparelho de medição e originar também valores de PR superiores a 100 %.

## **Existência de sombra ou sujidade do módulo fotovoltaico**

Dependendo do local de instalação, podem existir sombras parciais ou mesmo permanentes nos módulos fotovoltaicos, que consequentemente reduzira a eficiências dos painéis e também o valor do PR do sistema fotovoltaico.

## **Perdas elétricas**

Ao transferir energia dos módulos ate o inversor e do inversor para o contador de produção da instalação ocorrem de forma limitada perdas em linha devido ao tipo do cabo utilizado. Devido a estas perdas em linha o valor do PR pode ser reduzido.

## **Grau de rendimento do inversor**

Se o inversor instalado nos sistemas fotovoltaicos tiver um elevado grau de rendimento, este pode levar a valores de PR elevados.

## **Diversas tecnologias de células solares em módulos fotovoltaicos e aparelho de medição**

Há diversos tipos de células solares para módulos fotovoltaicos. São instalados com maior frequência os três tipos de células solares que se seguem: células mono-cristalinas, poli-cristalinas e células de película fina. Se o aparelho de medição integrado no sistema fotovoltaico utilizar uma outra tecnologia de células solares que não a dos módulos fotovoltaicos instalados, podem ocorrer desvios de medição de irradiação solar no cálculo da *Performance Ratio*.

### **Degradação das células solares de medição**

A degradação resultante da idade das células solares leva ao longo dos anos a um valor PR inferior. Células solares mono-cristalinas e poli-cristalinas envelhecem até 20 % em 25 anos.

### **Alinhamento da célula solar de medição**

Se as células de medição não forem instaladas com o mesmo ângulo dos painéis fotovoltaicos o valor do PR poderá apresentar desvios devido a diferença de absorção de radiação em comparação com os módulos.

## **2.2. SISTEMAS SCADA**

Os sistemas *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) são compostos por um conjunto de dispositivos e *software* cujo objetivo é controlar e supervisionar sistemas industriais através da aquisição de dados e envio de comandos para o sistema, usando de diferentes protocolos de comunicação. Estes sistemas são amplamente utilizados para controlar processos e atividades industriais, distribuição de energia elétrica, monitorização de *data centres*, controlo de máquinas e equipamentos [42].

Os sistemas SCADA são normalmente subdivididos em dois módulos com características e funcionalidades distintas. O primeiro é o módulo de desenvolvimento, composto pelo *software* de configuração onde são definidas todas as ações que o sistema SCADA irá realizar assim como a sua configuração gráfica. O segundo é o módulo de execução ou *runtime*, que, como o próprio nome indica, tem a função de executar o sistema desenvolvido pelo módulo 1.

Para monitorizar qualquer tipo de sistema ou instalação, os sistemas SCADA possuem a capacidade de comunicar com outros equipamentos. A possibilidade de comunicação de dados eficiente é um ponto-chave deste tipo de sistema, já que permite a monitorização e execução de comandos para acionar qualquer tipo de equipamentos como motores, disjuntores, relés, entre outros.

Os sistemas SCADA também possuem ferramentas de rastreio das atividades realizadas pelos utilizadores dos sistemas, que permitem também realizar diagnósticos de falhas em equipamentos ou etapas de processos que poderão gerar alarmes indicadores de mau funcionamento do sistema.

Estes sistemas possuem também ferramentas de análise da informação em diferentes formatos como tabelas, gráficos, sinópticos e base de dados. Esta última permite analisar toda a informação recolhida por este tipo de sistema, sendo que as bases de dados dividem-se em dois tipos: as bases de dados principais, onde é arquivada a informação mais recente, e as bases de dados de histórico, onde é arquivada a informação histórica dos sistemas. Esta última pode atingir dimensões elevadas que poderão aumentar os tempos de pesquisa.

Toda a informação disponível e armazenada pelo sistema SCADA também pode ser utilizada para criar relatórios. Muitos destes sistemas dispõem de funções para a criação de relatórios, onde é possível criar uma página web, ou um arquivo de texto que contenha informações relevantes sobre a produção num intervalo definido de tempo.

### **2.3. SMA**

A System Mess and Anlagentechnik (SMA) é uma empresa alemã líder no desenvolvimento de sistemas para aplicações fotovoltaicas. Esta empresa dedica-se principalmente ao fornecimento de produtos como inversores solares de diferentes standardizações assim como de soluções de monitorização que passam pela utilização dos seus *dataloggers* que estão preparados para se sincronizarem com qualquer inversor da empresa. Para que os seus clientes consigam monitorizar e realizar análises da informação armazenada, a SMA disponibiliza o seu portal gratuitamente para a monitorização de instalações que utilizem os seus equipamentos.

Os seus principais produtos no que diz respeito a *dataloggers* são o *Cluster Controller* e a *Sonny Home Manager*.

## SMA Cluster Controller

O *Cluster Controller* (Figura 3) é a unidade de comunicação central para monitorização de instalações fotovoltaicas que pode ser utilizada para monitorizar até 75 dispositivos sejam eles inversores ou outros *dataloggers*. Este equipamento permite o registro de dados de uma variedade de informação como medidas, eventos e alarmes.



Figura 3: *Datalogger Cluster Controller* [3].

Através de uma variedade de entradas analógicas e saídas digitais e analógicas, é possível criar um sistema bastante robusto que permite tanto analisar como controlar o desempenho das instalações. Um exemplo prático de aplicação de controlo deste equipamento é o controlo da injeção de potência para os autoconsumos das grandes superfícies que geram a sua própria energia, de modo a reduzir a sua dependência da rede de fornecimento de energia elétrica. Este equipamento realiza a troca de dados de forma rápida através de protocolos de comunicação baseados em Ethernet como por exemplo o protocolo TCP Modbus. Para além disso, também disponibiliza estes dados como servidor Modbus permitindo deste modo que qualquer cliente Modbus consiga obter a informação recolhida da instalação fotovoltaica.

Uma das principais vantagens da utilização deste equipamento é a sua simplicidade, que permite que os utilizadores beneficiem de um sistema fácil de configurar através de um servidor web integrado no próprio equipamento. Além disso, o próprio equipamento permite a ligação com o *Sunny Portal* permitindo assim tornar o sistema mais robusto no que diz respeito ao armazenamento da informação e eficiente para a monitorização [3].

## Sonny Home Manager

O *Sonny Home Manager* (Figura 4) é um *datalogger* ideal para soluções de gestão de energia doméstica, para além da monitorização dos inversores, outros equipamentos eletrónicos importantes podem ser monitorizados. Este *datalogger* também permite armazenar os perfis de carga dos equipamentos de forma a reduzir os consumos assim como limitar ou controlar a injeção na rede doméstica [4].



Figura 4: *Sonny Home Manager* [4].

No esquema da Figura 5, é possível visualizar qual é o esquema típico que teria um sistema PV doméstico com monitorização de inversores SMA e outros equipamentos eletrónicos.

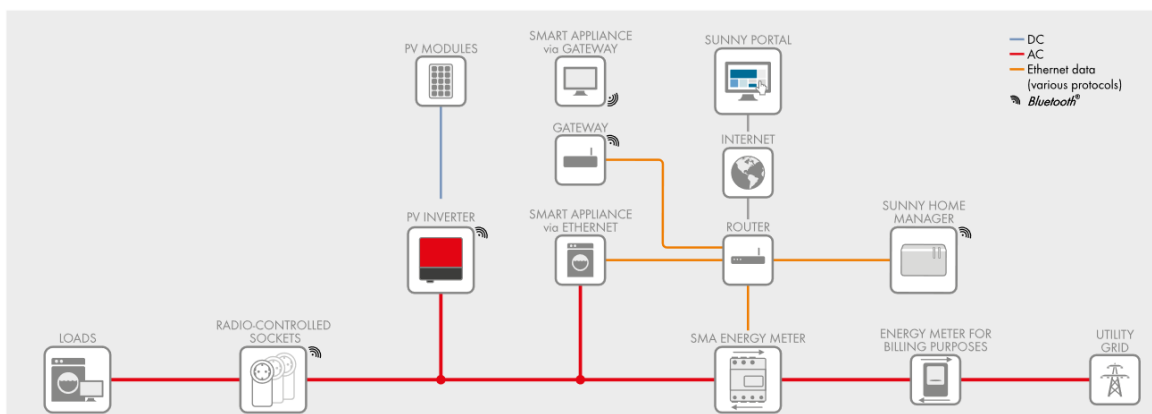


Figura 5: Esquema de comunicações de equipamentos de monitorização de uma instalação doméstica [5].

Nas Figura 6 e 7, é possível visualizar a funcionalidade deste *datalogger* que permite monitorizar a energia produzida, energia utilizada para consumo e energia injetada na rede.



Figura 6: Sistema de monitorização *Sonny Home Manager* [4].

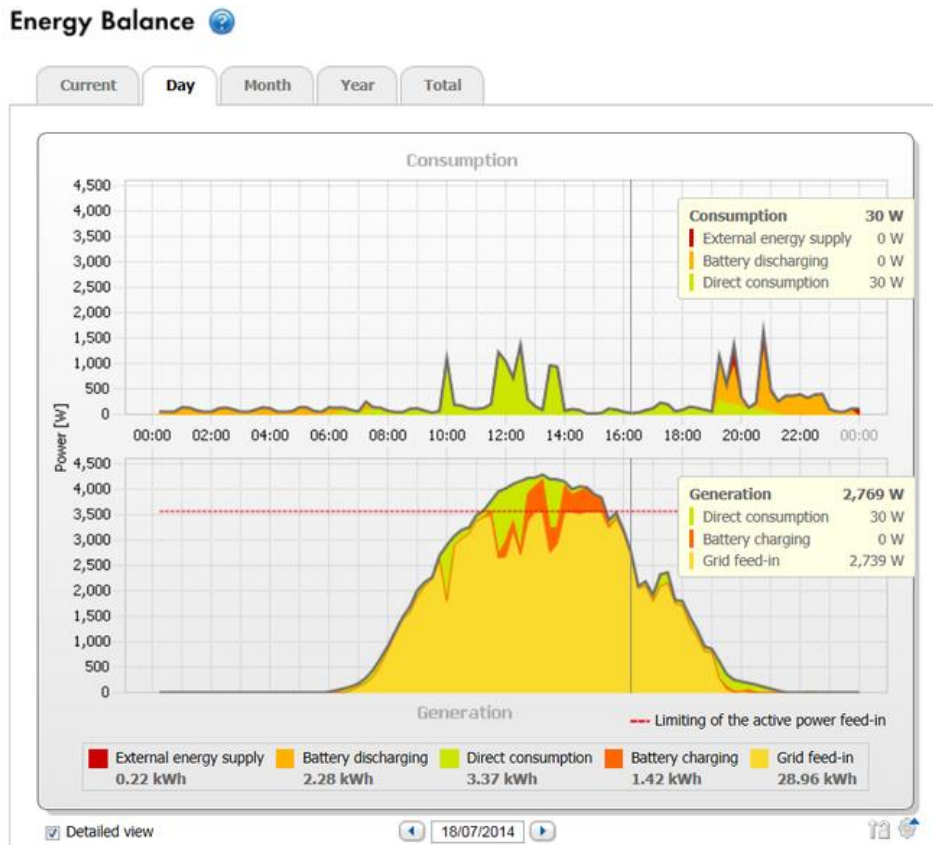


Figura 7: Balanço energético de uma instalação [4].

## Sunny Portal

O *Sunny Portal* é um produto disponibilizado pela SMA aos seus clientes que permite uma variedade de funcionalidades tais como:

- Visualização de entidades monitorizadas;
- Análise gráfica da instalação;
- Visualização de *dashboard* configurável;
- Visualização de histórico da instalação;
- *Backup* da informação.

Para perceber as várias funcionalidades do portal da SMA, foram analisadas várias instalações de demonstração disponibilizadas na página principal do *Sunny Portal* [6]. De seguida, destacam-se as suas principais características:

### Aspeto do *dashboard* configurável

Na Figura 8 é possível visualizar o especto gráfico diferenciado de duas instalações fotovoltaicas no *Sunny Portal*.

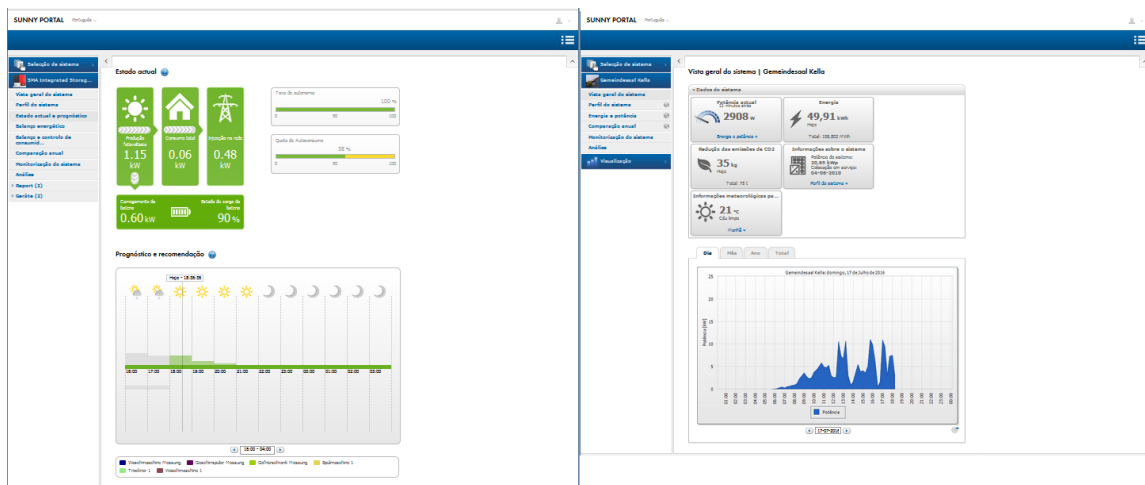


Figura 8: Exemplo de duas instalações com diferentes aspetos [6].

### Análise gráfica da produção da instalação

Na Figura 9, é possível visualizar uma página criada pelo utilizador no portal da SMA onde é possível fazer uma análise periódica da produção do dia atual e do dia anterior, onde são comparadas duas entidades, a potência e a energia produzidas pela instalação. Para além disso, nesta instalação é possível visualizar a reduções de CO<sub>2</sub> para o ambiente e

os ganhos monetários do dia. Por último, no gráfico de barras azuis, é possível verificar o histórico de produção dos meses do ano atual.

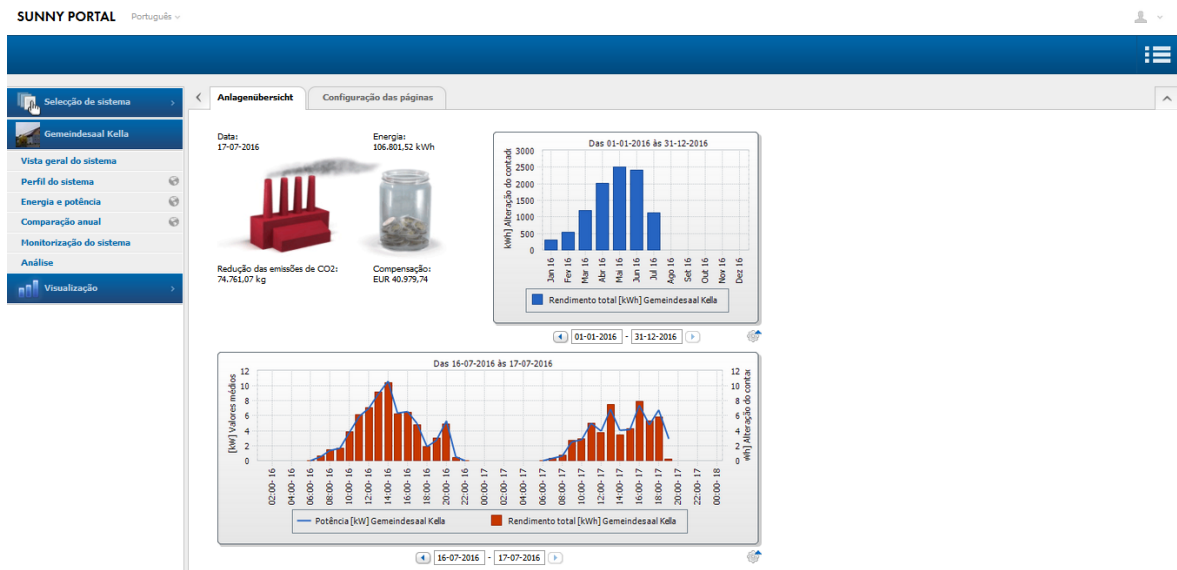


Figura 9: Análise gráfica da instalação.

### Análise dos eventos da instalação

O portal da SMA permite a inspeção de um conjunto de eventos (Figura 10), por exemplo erros de comunicações, que possam eventualmente ter ocorrido na instalação. Isto é bastante importante para perceber se a instalação está a funcionar corretamente. Por exemplo caso exista uma falha no arranque do inversor, imediatamente será ativado um alarme com o erro que aconteceu para que o inversor não tenha arrancado corretamente.

SUNNY PORTAL US-English

### Status Monitor

[Please choose a predefined filter]

PV System	Overall status	System status	Communication	Performance ratio	Inverter comparison	Specific yield [kWh/kWp]		Yield [kWh]			
						May 2014	2014	6/5/2014	May 2014	Total	
Harrison Building	🔴	🔴	🟢	🟡	🟡	11.77	155.53	172.15	10.34	1,245.06	218,339.49
Green Solar System	🟡	🟢	🟡	🟡	🟢	8.52	114.21	109.2	No data	615.31	115,301.71
Fairfield-PV	🟡	🟢	🟢	82.22%	🟡	21.2	287.45	620.54	371.47	2,889.81	223,998.10
North Shore II	🟡	🟡	🟢	🟡	🟡	16.7	264.39	288.9	175.6	1,983.70	226,254.97
Hill Top Solar	🟢	🟢	🟢	93.47%	🟢	17.29	298.13	187.62	115.75	1,625.46	188,126.58
A. Scott College	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	17.6	278.74	17.86	10.21	85.49	25,902.37
AMD Residence	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	18.12	344.38	179.13	123.94	746.85	153,012.82
Anderson Array	🟢	🟢	🟡	🟡	🟡	18.67	345.53	51.46	26.24	203.34	27,654.29
Home Storage	🟢	🟢	🟢	89.12%	🟢	19.03	359.06	325.96	218.64	1,389.58	376,318.49
J. Energy House	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	19.82	353.67	211.84	107.36	928.55	184,020.63
New Horizon 4	🟢	🟢	🟢	85.37%	🟢	21.5	281.79	4,936.45	3,269.27	33,169.33	5,054,535.88
Byron Home	🟢	🟢	🟢	91.44%	🟡	24.99	313.11	938.89	522.71	5,568.51	253,406.69
Herold Company	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	20.9	348.81	305.55	196.74	1,378.42	172,009.89

Figura 10: Lista de eventos que ocorreram numa instalação [6].

## 2.4. METEO CONTROL

A empresa *Meteo Control* é uma dos principais fornecedores de soluções de monitorização para sistemas fotovoltaicos. Tem um portefólio de mais de 41.000 sistemas solares, com uma potência total de mais de 11 GWp atualmente monitorizados através dos seus sistemas [7]. A *Meteo Control* tem vários anos de atividade e fornece várias soluções nas áreas de hardware e software.

No que diz respeito ao *hardware*, a *Meteo Control* desenvolve os seus próprios *dataloggers* com diferentes características. Estes *dataloggers* têm em comum, o envio da informação para os diferentes tipos de portais que existem na *Meteo Control*. Estes portais são as soluções de *software* da empresa e que variam em 3 tipos diferentes dependendo das necessidades de análise que o utilizador necessitar.

### Safer'Sun Public

É um portal no qual os utilizadores conseguem ver a energia produzida assim como grandezas que permitam perceber a contribuição das suas instalações para o meio ambiente. Os *datalogger's* comunicam diretamente com uma base de dados geral de onde se encontram as outras instalações de outros produtores de energia. Este portal permite que os produtores de energia comparem os dados das instalações mas não diretamente, já que os dados estão relacionados por instalação e não por produtor [8].

As características deste portal são:

- Compatibilidade com produtos dos principais fabricantes de inversores;
- Visualização de *dashboard* de energia com histórico;
- Relatórios automatizados via *e-mail*.

A *Meteo Control* disponibiliza instalações de demonstração que permitiu analisar as funcionalidades da plataforma. Através da sua plataforma apresentada na Figura 11, é possível visualizar um conjunto de instalações disponibilizadas no mapa da europa, a partir do qual é possível selecionar qualquer instalação e visualizar o respetivo *dashboard* (Figura 12). Através do *dashboard* foi possível perceber que existe uma limitação no tipo de entidades que este portal disponibiliza já que apenas disponibiliza informação da energia produzida e informação referente as redução de CO2.



Figura 11: SAFER'SUN PUBLIC conjunto de instalações.



Figura 12: Instalação monitorizada pelo SAFER'SUN PUBLIC.

### Virtual Control Room (VCOM)

O VOM (Figura 13) fornece uma visão geral muito mais completa do que o anterior portal já que é possível monitorizar, para além da energia, qualquer tipo de entidade existente na instalação desde dados dos inversores a estados de equipamentos elétricos, permitindo deste modo uma análise do desempenho muito mais adequada. Para além do aumento da capacidade de análise, é possível realizar análise comparativa entre instalações. Também permite, de forma rápida, localizar avarias e falhas existentes nas instalações, através dos alarmes que o portal reporta para o utilizador. Por último outra característica que este sistema permite é a elaboração de relatórios, característica bastante utilizado por clientes que pretendem documentar os estados das instalações.

As suas principais características são:

- Monitorização
  - *Dashboard* de visualização do sistema;
  - Visualização gráfica do estado de funcionamento no plano do sistema individual;
  - Comparação de valores reais com os simulados;
  - Comparação de dados fornecidos por serviços *web*.

- Gestão técnica de operação
  - Interface de utilizador personalizável para a gestão da instalação;
  - Arquivamento de dados da instalação para análise;
  - Configuração de individual de critérios de alarme.
- Relatórios
  - Relatórios individualizados com os principais KPI, do inglês europa, a partir do qual é possível seleccionar qualquer instalação e visualizar o respetivo *dashboard*.



Figura 13: *Dashboards* de monitorização do VCOM [9].




## SAFER'SUN PROFESSIONAL

Os dados do sistema gravados pelo *datalogger* são transmitidos para os servidores da *Meteo Control* comparados em *safer'Sun* profissional (figura 14) com os valores simulados para a produção de energia esperada. Incoerências significativas na instalação automaticamente ativam alarmes que serão reportados via *e-mail* ou mensagem de texto [10].



Figura 14: SAFER SUN PROFESSIONAL [10].

Tabela 2: Comparação dos sistemas da Meteo Control.

Funcionalidades	Public	Professional	Virtual Control Room
			
Acesso protegido por credenciais	Opcional	Sim	Sim
Monitorização via App	Sim	Sim	Sim
Visualização de medidas	Energia	Energia, sensores entre outros	Energia, sensores entre outros. Gestão operacional
Configuração remota	Não	Sim	Sim
Simulações para comparações	Não	Sim	Sim
Gestor de alarmes	Não	Sim	Sim
Gestão da instalação	Não	Sim	Sim
Gestão de utilizadores	Não	Predefinido	Customizado
Relatórios	Não	Predefinido	Customizado
Gestão documental	Não	Não	Sim
Opcionais	Não	Não	Cálculo de perdas por sujidade, cálculo de PR e disponibilidade dos inversores

Através da análise da Tabela 2, onde são apresentadas as características principais dos 3 portais da *Meteo Control*, é possível verificar que a solução mais completa para utilizadores de operação e manutenção é a solução *SAFER'SUN PROFESSIONAL* que tem as seguintes características fundamentais:

- Gestão de documentação;
- Calendarização;
- Cálculo das perdas de produção por sujidade;
- Cálculo de *performance ratio*;
- Verificação da disponibilidade dos inversores.

## **2.5. SKYTRON**

É uma empresa com uma vasta experiência no fotovoltaico com uma potência instalada de cerca de 5 GW [11].

No seu portefólio de monitorização [12] destacam-se o seu sistema *SCADA PV guard supervision platform* e o seu portal *PVGuard WebPortalWeb*.

### **PV guard supervision platform**

PVGuard é uma ferramenta de monitorização remota e de manutenção para sistemas fotovoltaicos. Este *software* foi criado para sistemas fotovoltaicos na faixa dos megawatt, e permite monitorizar vários tipos de entidades.



Figura 15: PV Guard SCADA.

Com este sistema, os utilizadores conseguem realizar uma análise detalhada ao nível das *strings* como mostra a figura 16. Onde é possível visualizar o estado de cada *string*. A terminologia *string* na área das energias fotovoltaicas, é utilizada para descrever um conjunto de painéis ligados em série, por exemplo 10 painéis que poderão produzir corrente de pico próximo 5 A.

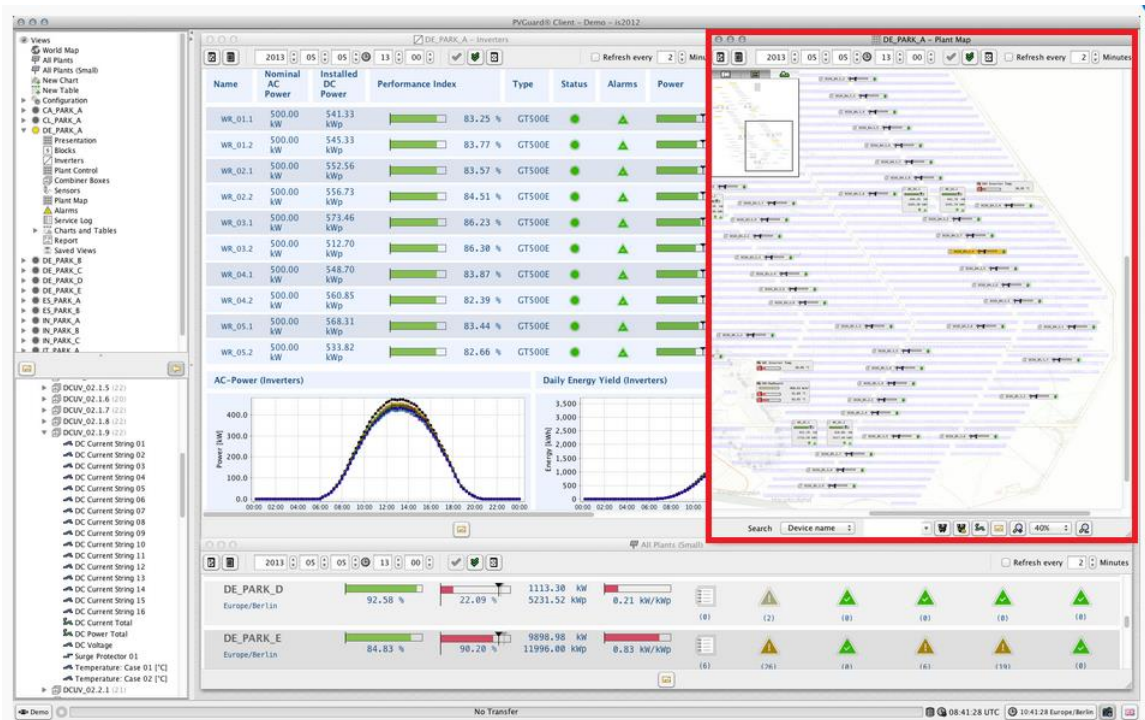


Figura 16: PV Guard analise ao nível da *String*.

PV Guard também permite a representação gráfica de informações detalhadas de todas as entidades através de diferentes tipos de gráficos assim como a verificação de alarmes, como mostram a Figura 17 e Figura 18.

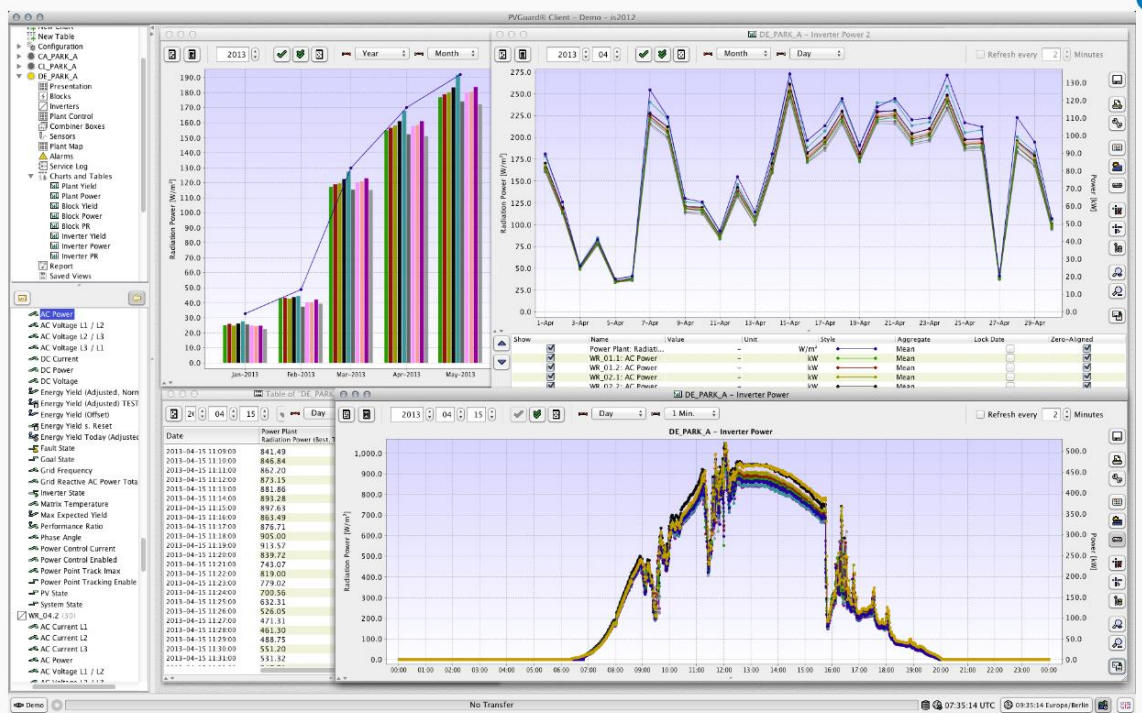


Figura 17 : Analise gráfica de entidades.

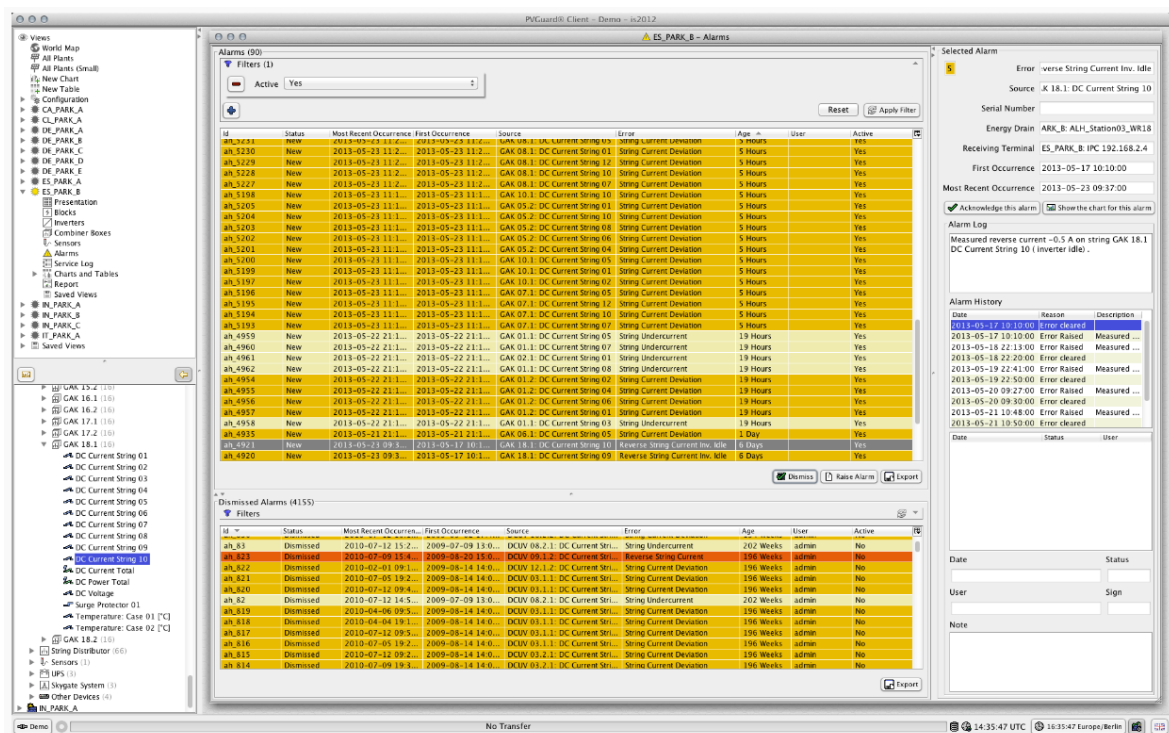


Figura 18: Lista de alarmes da instalação.

Outras características significativas que distinguem este sistema SCADA são a sua capacidade de alocar a informação proveniente de várias instalações fotovoltaicas, visualização da informação com uma resolução temporal de 1 minuto, realização de relatórios pré-definidos, gestão para manutenção com diferentes níveis de administração, definição de condições de erro estados de erro e limites de forma a tornar a manutenção e a prevenção mais fiáveis [13].

## PVGuard WebPortal

O PVGuard WebPortal oferece acesso rápido e conveniente à informação da instalação sem a necessidade de *software* adicional, o utilizador pode visualizar informações importantes, como dados de desempenho e rendimento (Figura 19).

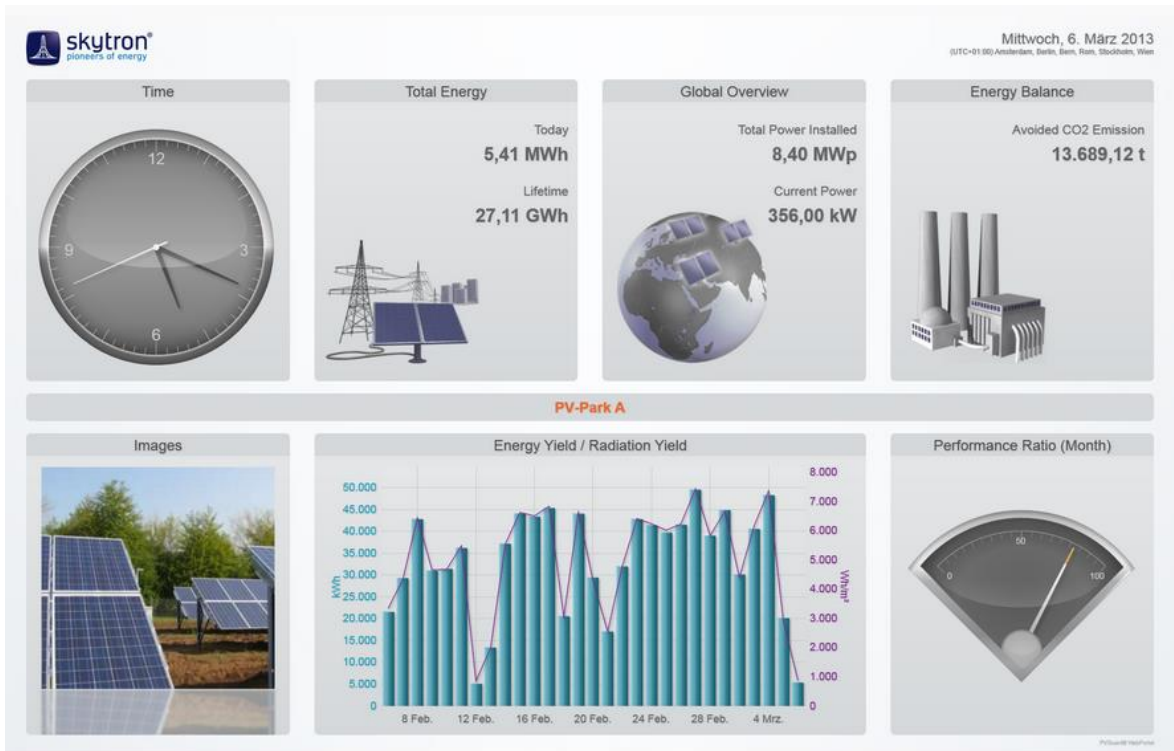


Figura 19: *Dashboard* de análise de rendimento de uma instalação.

As suas características principais são:

- Mapa do mundo (Figura 20), onde é possível visualizar as várias instalações do utilizador;

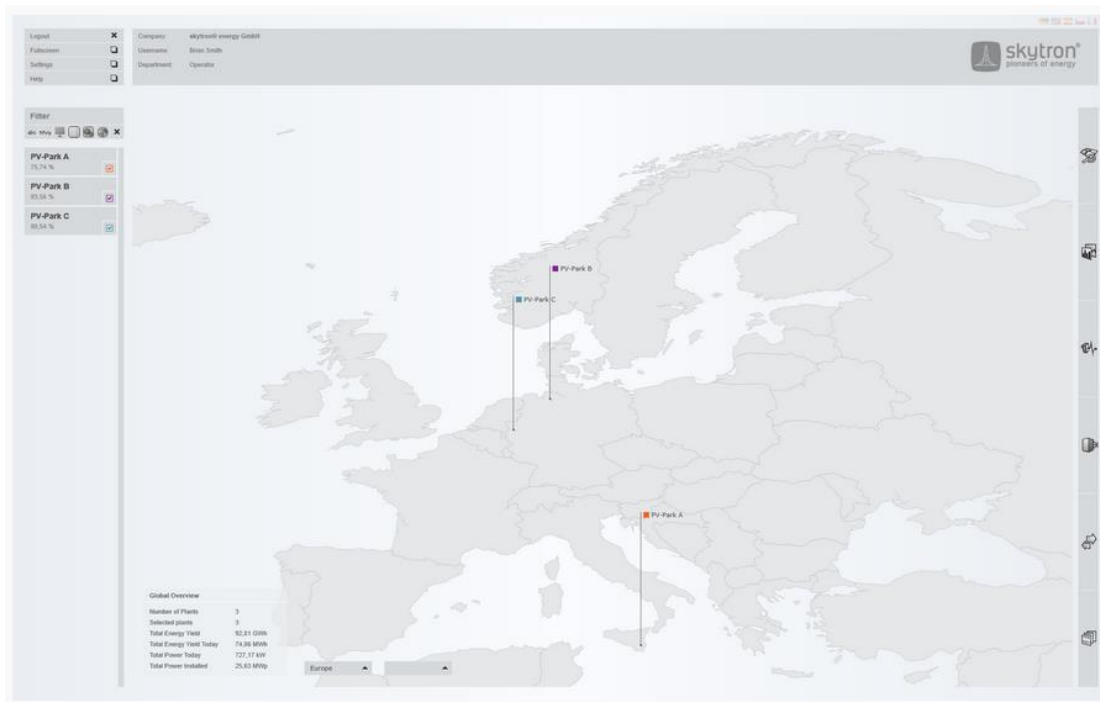


Figura 20: PV Guard portal, com 3 instalações fotovoltaicas [14].

- Resumo das instalações fotovoltaicas onde podem ser comparadas varias entidades entre instalações (Figura 21 e Figura 22);

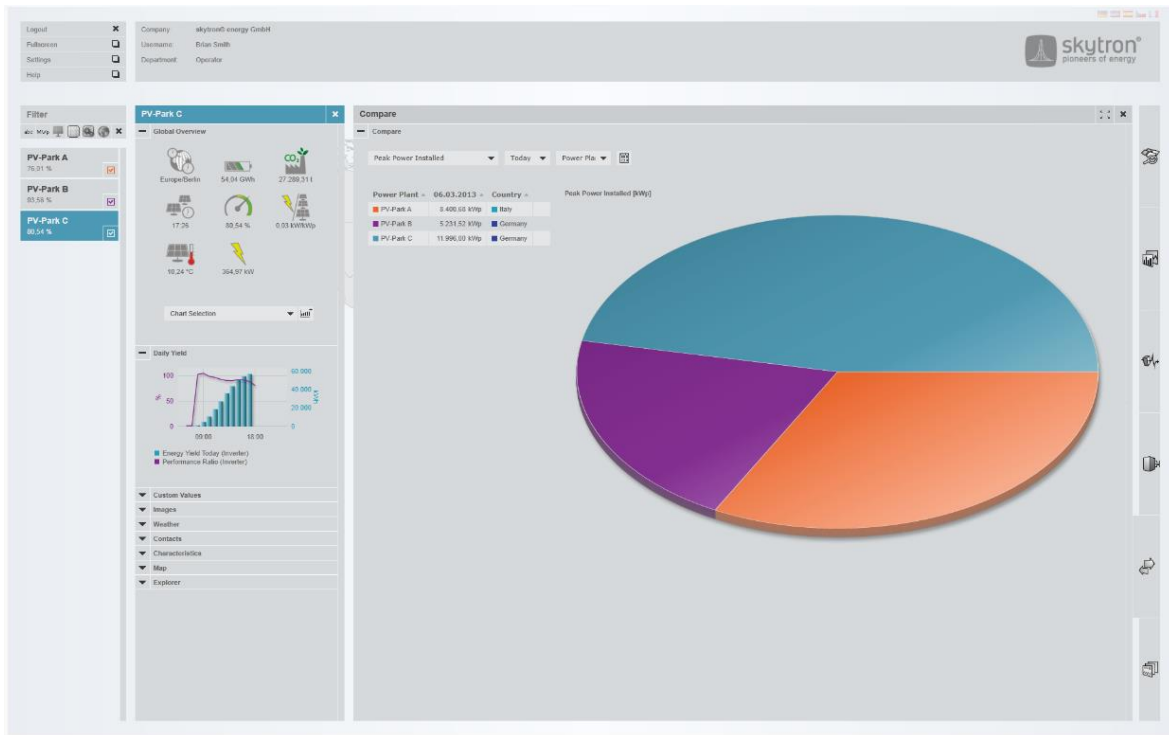


Figura 21: Análise comparativa entre 3 instalações [14].

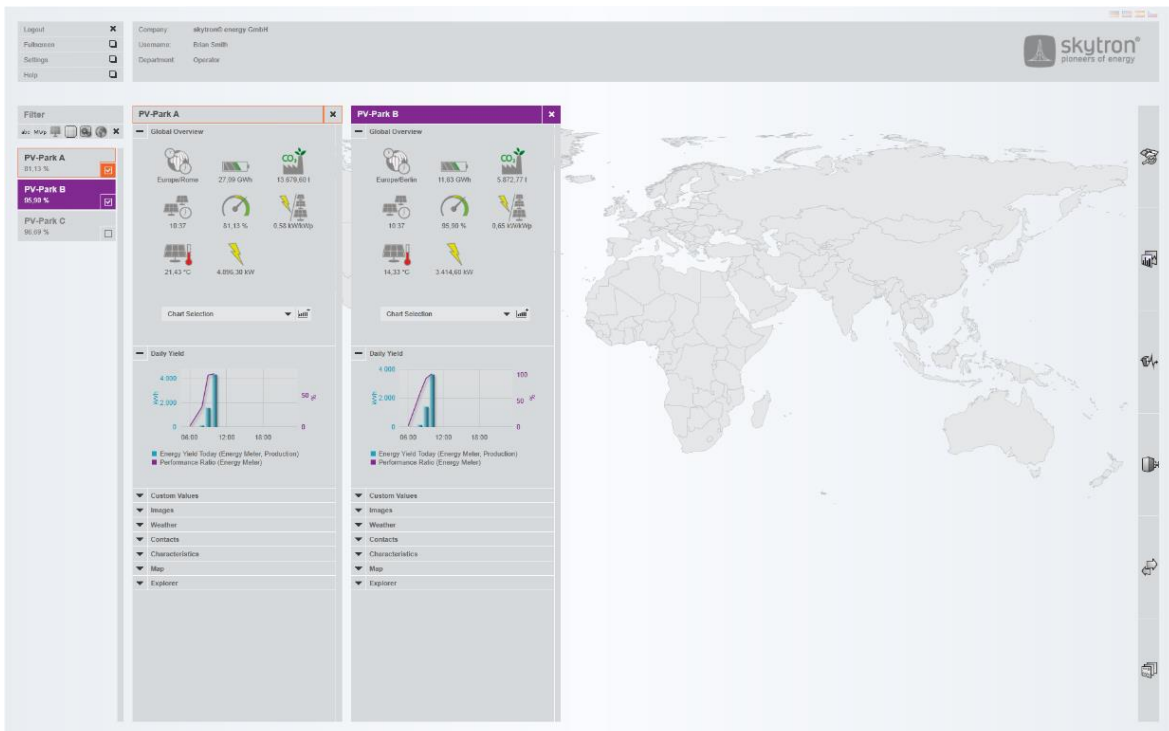


Figura 22: análise comparativa entre 2 instalações [14].

- Análise ao nível das *strings* da instalação (Figura 23);

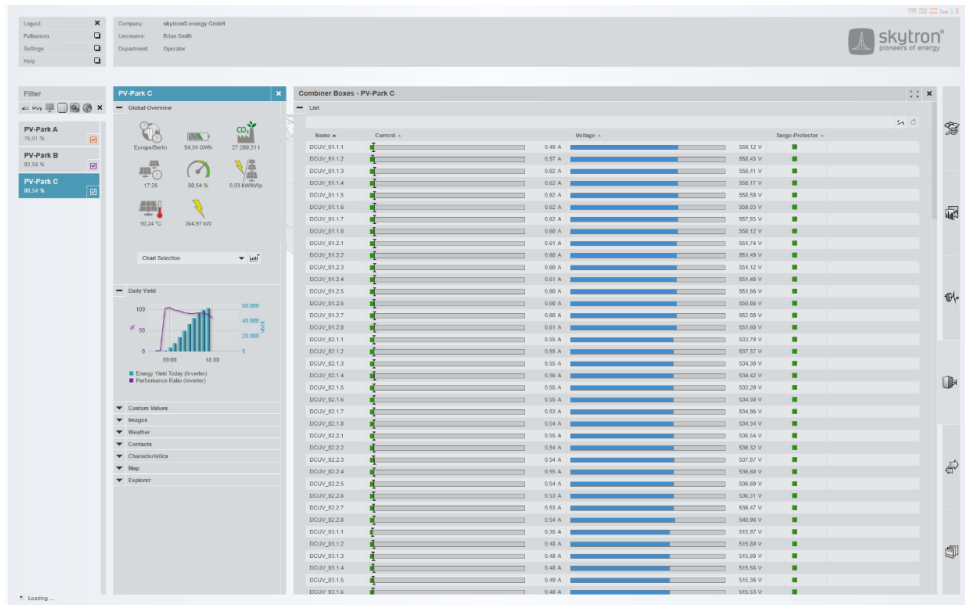


Figura 23: Análise das *strings* da instalação [14].

- Análise gráfica de entidades (Figura 24);

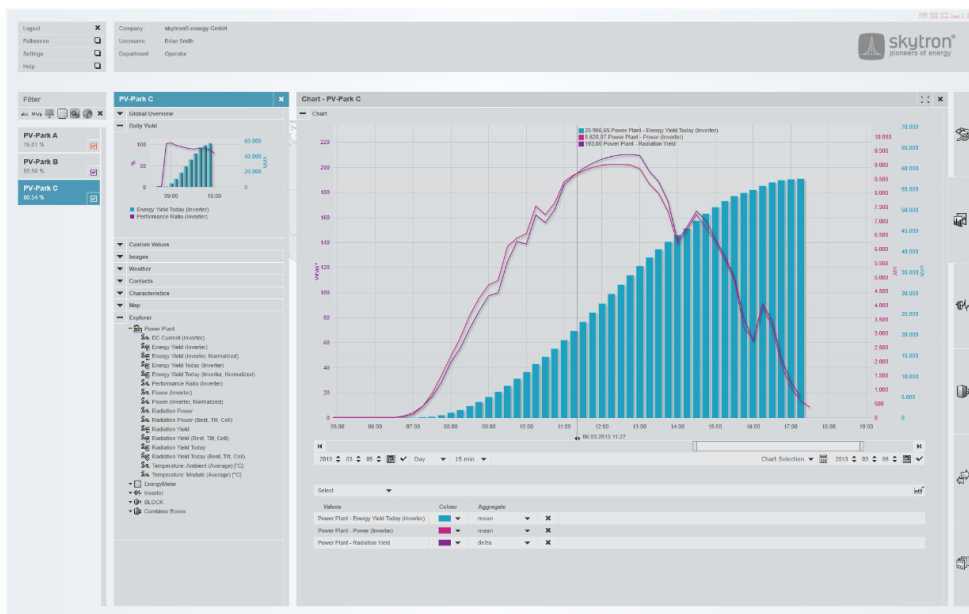


Figura 24: Análise comparativa entre a energia produzida e a radiação e potência do inversor [14].

## 2.6. GREEN POWER MONITOR

É uma empresa tecnológica provedora de soluções de *software* para sistemas fotovoltaicos. Esta empresa gere mais de 5 GW tornando-a uma das principais empresas no

ramo solar a nível mundial [15]. Tem um conjunto de soluções de *software* nos quais se destacam o seu sistema SCADA (Figura 25) e o seu portal (Figura 26).

## GPM PV SCADA

Este sistema SCADA permite monitorizar e controlar instalações fotovoltaicas de grande escala. As suas principais características são:

- Monitorização no local;
  - Visualização de informação de toda a instalação;
  - Notificação de alertas;
  - Análise comparativa da instalação.
- Armazenamento histórico;
- Personificação do sistema;
- Escalabilidade com outros sistemas;
- Armazenamento histórico nas unidades remotas;
- Relatórios anuais e mensais;
- Gestão de O&M.



Figura 25: GPM PV SCADA [16].

## GPM PV PORTAL

É um programa de monitorização em tempo real que se caracteriza pela centralização de informação de várias instalações, sendo que as suas principais características são:

- Configuração de alarmes;
- Monitorização em tempo real de todos os equipamentos de forma independente;
- Possibilidade de escalabilidade;
- Análise gráfica;
- Relatórios personalizados;
- Escalabilidade.



Figura 26: GPM PV Portal [17].

## 2.7. EFACEC

De forma a permitir a gestão local e remota das instalações fotovoltaicas, a empresa Efacec criou um sistema SCADA adaptável aos requisitos pretendidos pelos seus clientes com o nome UC500[41]. É uma solução completa de monitorização que é utilizada em subestações por todo o mundo e que foi adaptada para o mercado solar. Este sistema é uma ferramenta valiosa para os operadores das centrais já que permite em tempo real visualizar a disponibilidade na que se encontra a instalação garantindo o maior rendimento possível.

Este conceito de disponibilidade, baseia-se no funcionamento correto dos equipamentos como os inversores e o correto funcionamento das strings, ou seja, caso tenhamos uma instalação com 100 strings e 50 delas não estiverem a funcionar corretamente significa que a disponibilidade da instalação é de 50 %.

As principais características deste sistema são:

- Sistema com credenciais (Figura 27);

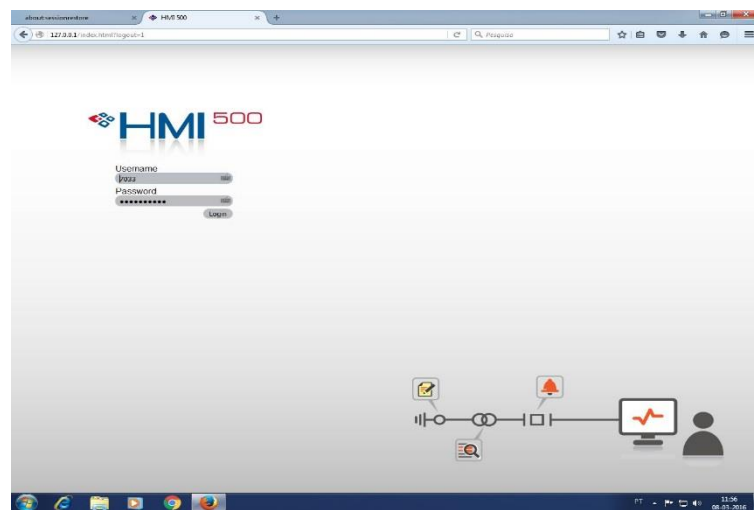


Figura 27: SCADA local Login.

- Controlo eficaz de qualquer inversor que comuniquem através protocolos estandardizados como o Modbus e o IEC104;
- Monitorização de estados de contactores e reles de interligação a rede (Figura 28);

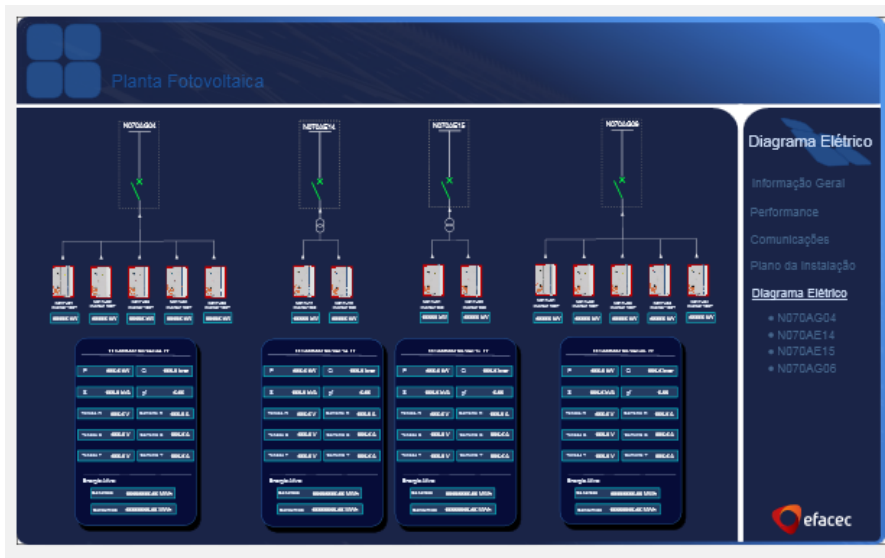


Figura 28: Sinópticos para monitorizar estados dos relés de interligação a rede elétrica.

- Registro e arquivamento de todos os eventos (Figura 29), tais como falhas de comunicação com os equipamentos, envio de comandos por parte de qualquer utilizador e alarmes de auto análise por parte dos equipamentos;

Local Time	Hierarchy Level 1	Hierarchy Level 2	Hierarchy Level 3	Alarm Type Description	Alarm Description
9/5/2012 11:08:54.405	PV ST 6 INV 2			Drivers	ALARM
9/5/2012 11:08:54.405	PV ST 6 INV 2			Grid Current Peak	ALARM
9/5/2012 11:08:54.405	PV ST 6 INV 2			Driver T	ALARM
9/5/2012 11:08:54.405	PV ST 6 INV 2			Assim. Current	ALARM
9/5/2012 10:22:41.452	PV ST 6 INV 2			Frequency	LOW
9/5/2012 10:21:05.452	PV ST 6 INV 2			Grid Voltage	LOW
9/5/2012 9:38:36.452	PV ST 1 INV 1	SECTION BOARD 2	JUNCTION BOARD 4	String JB 4 State	ALARM
9/5/2012 9:14:24.452	PV ST 7 INV 1	SECTION BOARD 1	JUNCTION BOARD 1	String JB 1 State	ALARM
9/5/2012 8:46:21.452	PV ST 9 INV 1	SECTION BOARD 4	JUNCTION BOARD 8	String JB 8 State	ALARM
9/5/2012 8:41:24.452	PV ST 7 INV 2	SECTION BOARD 2	JUNCTION BOARD 4	String JB 4 State	ALARM
9/5/2012 8:33:45.452	PV ST 2 INV 2	SECTION BOARD 3	JUNCTION BOARD 6	String JB 6 State	ALARM

Figura 29: Alarmes existentes numa instalação

- Armazenamento de dados histórico de longa duração;
- Criação de relatórios (Figura 30) de síntese de geração de energia fotovoltaico;

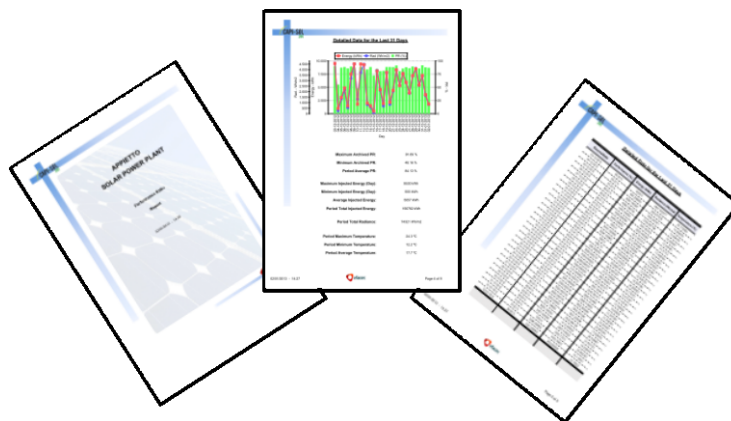


Figura 30: Relatórios de produção de uma instalação

- Notificação de eventos críticos, informações em tempo real sobre o desempenho do inversor, falhas e estados (Figura 31);

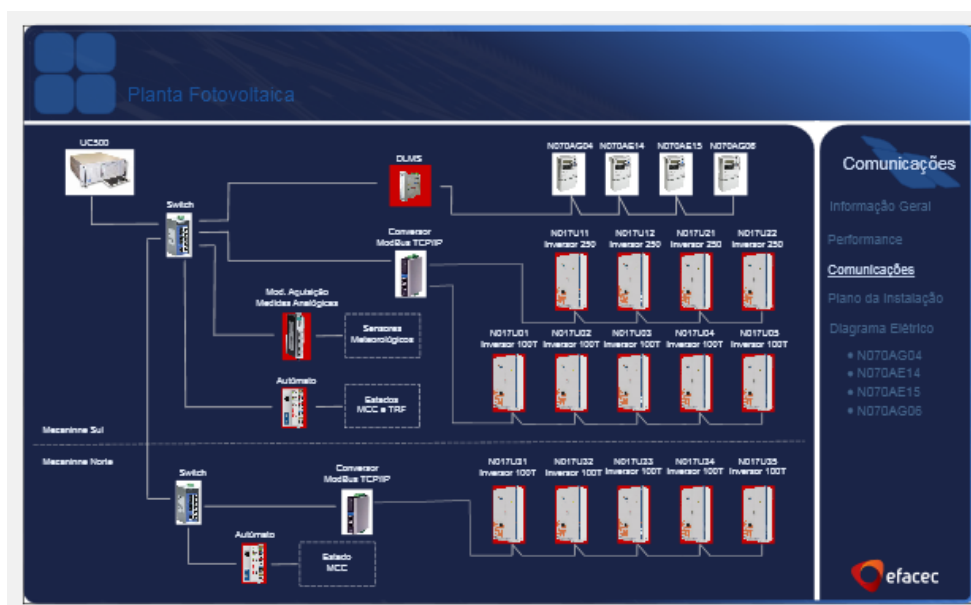


Figura 31: Sinoptico de alarmes dos vários equipamentos de uma instalação.

- Medidas provenientes dos contadores de energia;
- *Hardware* e software modular;
- Facilidade de operação;
- Exibição do *layout* da instalação geral e equipamentos individuais *display* gráfico (Figura 32);



Figura 32: *Layout* de monitorização de uma instalação.

- Fornecimento de medições de corrente em tempo real ao nível das *strings*.

Este sistema SCADA permite uma alta flexibilidade na sua configuração nomeadamente nas entidades que são utilizadas para a monitorização dos sistemas fotovoltaicos assim como os ajustes de sinópticos configuráveis.

## 2.8. HUAWEI

A Huawei é uma tecnologia global de informação e comunicação fornecedor líder em soluções de telecomunicações. Os seus produtos e serviços são utilizados em mais de 170 países e regiões, atendendo a mais de um terço da população do mundo [18].

A Huawei é um dos maiores fornecedores de inversores do mercado solar, em especial no mercado asiático. Como anteriormente referido é uma empresa de desenvolvimento tecnológico e naturalmente é uma empresa inovadora no desenvolvimento de *software* para monitorização dos seus equipamentos. A estrutura final com a integração de todos os seus produtos para mercado solar seria a que é apresentada na Figura 33.

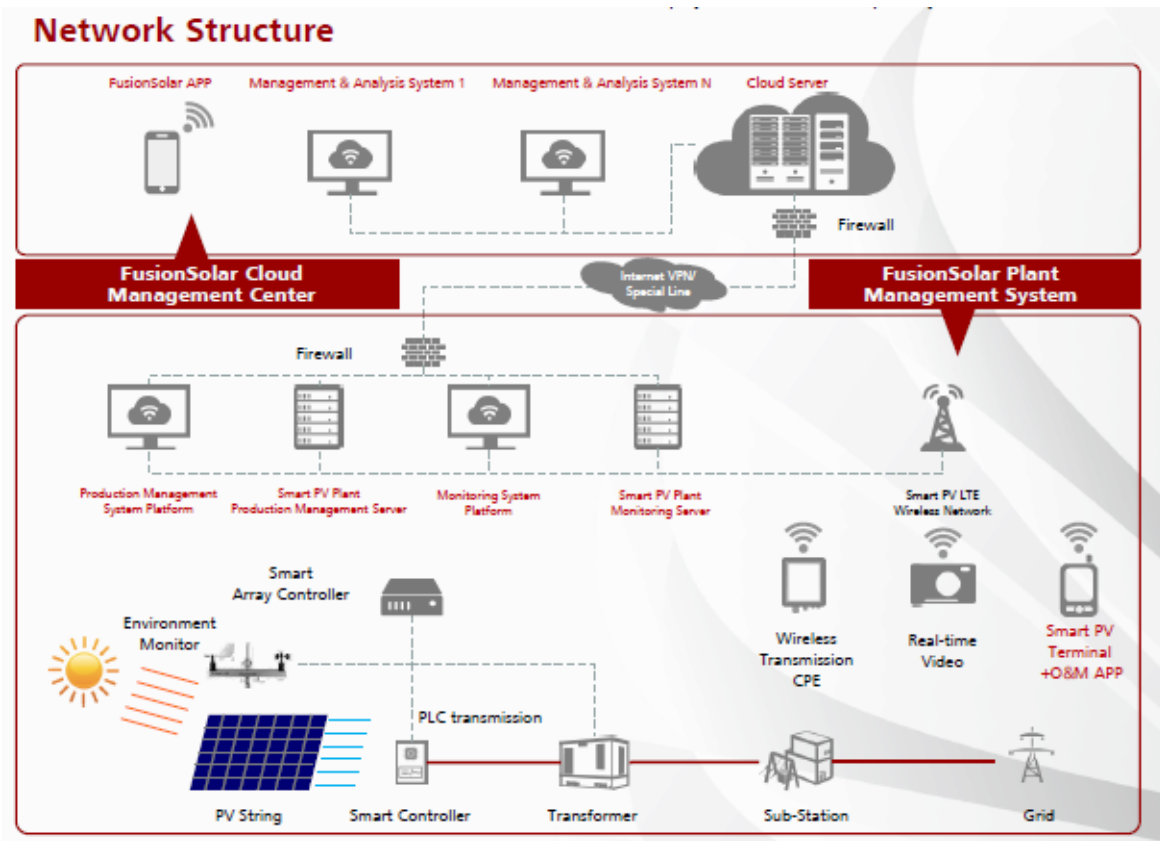


Figura 33: Estrutura de uma rede com o sistema da HUAWEI [20].

### Smart PV LTE Transmission System

Os inversores da Huawei caracterizam-se pela utilização de sistemas de transmissão sem fio com a tecnologia 4G LTE (Figura 34). São aplicados nas centrais solares de forma a permitir a substituição de cablagem. O sistema possui altas velocidades de transmissão, alta com especial vantagem da possibilidade de escalabilidade. Segundo informação do fabricante o atraso da comunicação é inferior a 50 ms garantindo uma confiabilidade de aproximadamente 100% [20].



Figura 34: Antenas de transmissão *wireless* [20].

### **FusionSolar Plant Management System**

Outra das soluções da Huawei é o fornecimento de *software* (Figura 35) local de forma a gerir a produção da instalação.

Este sistema de monitorização permite ter uma monitorização detalhada ao nível das *strings* das instalações permitindo deste modo detetar falhas mais rapidamente e realizar as respetivas retificações [20].



Figura 35: FusionSolar Plant Management System [20].

### **FusionSolar Cloud Management Center**

Este sistema de análise de operação e manutenção (O&M) (Figura 36) permite avaliar os KPIs (*Key Performance Indicator*) de operação das instalações fotovoltaicas assim como os dados reais das instalações e o desempenho da equipe.

Com este sistema, os especialistas de O&M conseguem realizar análises de dados de grande importância como identificação dos módulos fotovoltaicos que afetam a geração de energia e assim conduzir a análises de *performance ratio* (PR) para perceber o desempenho da instalação. Outras das funcionalidades deste sistema é a possibilidade de realizar análises comparativas entre medidas provenientes de vários equipamentos. Os resultados da análise fornecem uma base para a tomada de decisão nos aspetos mais críticos [20].



Figura 36: FusionSolar Cloud Management Center [20].

# 3. TECNOLOGIAS CONSIDERADAS

Neste capítulo serão abordadas as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do sistema concentrador de informação de centrais fotovoltaicas assim como os protocolos de comunicação e as terminologias utilizadas para a análise de uma instalação fotovoltaica.

## 3.1. PHP

O PHP (um acrônimo recursivo para PHP: Hypertext Preprocessor) é uma linguagem de *script open source* de uso geral, muito utilizada, e especialmente adequada para o desenvolvimento web e que pode ser embutida dentro do HTML [22].

O PHP distingue-se do JavaScript em que o seu código corre do lado do servidor, gerando o HTML que é então enviado para o navegador. Outra característica é que o seu código fica escondido dos clientes uma vez que estes apenas recebem o resultado da sua execução. Esta funcionalidade é bastante útil quando as páginas implementam serviços cujo código os fornecedores pretendem manter confidencial.

### 3.2. JAVA

O Java é uma linguagem de programação orientada a objetos criada pela *Sun Microsystems*, que hoje em dia pertence à *Oracle Corporation*.

Esta linguagem tem uma semelhança da sintaxe com C e C++, já que derivou dessas linguagens. Esta linguagem é considerada de alto nível, já que não se preocupa com detalhes de baixo nível como memória e processamento, possuindo um mecanismo de gestão automática da memória alocada dinamicamente (garbage collector).

A diferença do Java é que os programas não são compilados diretamente para a arquitetura do computador. Ao invés disso, corre numa máquina virtual denominada Java Virtual Machine (JVM), que é implementada nos mais diversos dispositivos, o que torna o Java atrativo do ponto de vista de portabilidade.

Em outras linguagens de programação, como em C, o programa é convertido em código de máquina que apenas poderá ser executado diretamente em máquinas da arquitetura para a qual foi compilado [23].

### 3.3. HTML

O HTML (*Hyper Text Markup Language*) é uma linguagem de programação que permite criar páginas web que são possíveis de visualizar através de *browsers* [24]. Utiliza um conjunto estruturado de instruções, conhecidas por etiquetas ou *tags*, que indicam ao browser como apresentar uma página web, ou seja, o *browser* interpreta essas etiquetas e desenha a página no ecrã. Estes conjuntos de instruções estão agrupados em ficheiros de tipo texto com a estrutura básica ilustrada na Figura 37.

```
<html>
  <head>
    <title>Page title</title>
  </head>
  <body>
    <h1>This is a heading</h1>
    <p>This is a paragraph.</p>
    <p>This is another paragraph.</p>
  </body>
</html>
```

Figura 37: Estrutura de uma página HTML.

### 3.4. BOOTSTRAP

O Bootstrap é uma ferramenta baseada em HTML, CSS e JavaScript destinada a facilitar a construção de páginas Web.

O Bootstrap é uma base de elementos personalizáveis que permitem desenvolver páginas web com alta compatibilidade com dispositivos móveis [26], sendo que esta permite que as páginas funcionem de forma adequada em vários tipos de equipamento, inclusive com resoluções diferentes, como mostra a Figura 38.

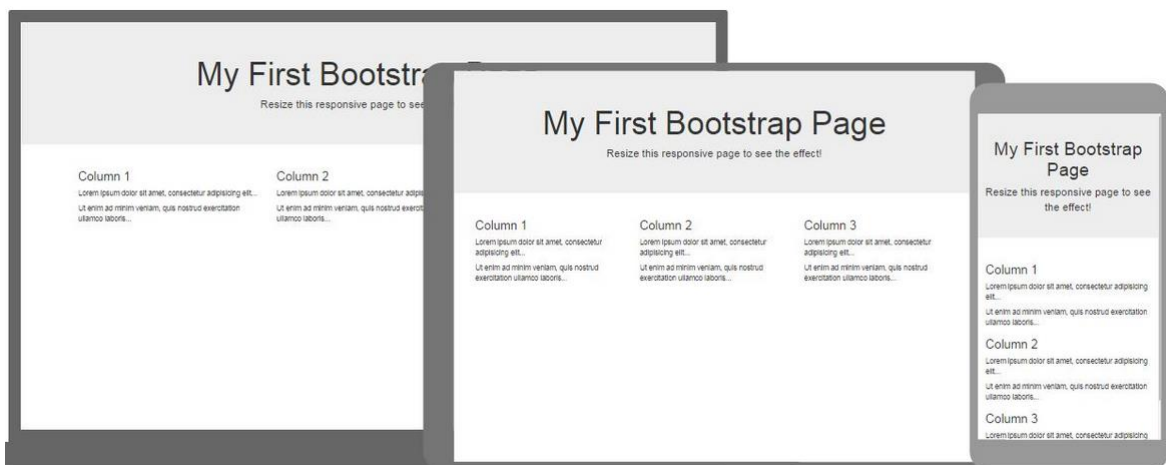


Figura 38: Responsividade do bootstrap em diferentes equipamentos [25].

### 3.5. JAVASCRIPT

JavaScript é uma linguagem de programação *script* orientada a objetos, criada essencialmente para permitir a execução de código em navegadores Web. A sua grande vantagem é que esta linguagem consegue conectar-se aos objetos das páginas web permitindo manipular a sua apresentação e conteúdo.

O JavaScript contém uma biblioteca padrão de classes, como *Arrays*, funções de data e funções matemáticas que permitem realizar programas com operações matemáticas.

A sua principal característica é correr do lado do cliente tornando-se uma mais-valia para os sistemas com servidores de fraco processamento já que estes não serão sobrecarregados com qualquer tipo de processamento do código JavaScript [27].

### 3.6. POSTGRESQL

A base de dados PostgreSQL foi desenvolvida em 1994 na Universidade de Berkeley, Califórnia (EUA), onde foi incorporada a linguagem SQL. O PostgreSQL tem-se destacando rapidamente, devido a sua utilização entre os servidores de bancos corporativos do tipo *open source* e de livre distribuição. Esta base de dados permite um grande desempenho devido a sua grande capacidade de armazenamento que depende exclusivamente da capacidade do disco da máquina onde esta funciona [31]. O PostgreSQL é um SGBD bastante adequado para bases de dados relacionais, além de ser uma opção altamente recomendável para as empresas implementarem soluções totalmente confiáveis e sem altos custos de licenciamento [28].

As principais características do PostgreSQL são:

- É de livre distribuição e com o código aberto;
- Suporta *stored procedures*, que podem ser escritas em várias linguagens de programação;
- Base de dados do tipo objeto-relacional;
- Capacidade ilimitada para armazenamento de dados;
- Possibilidade em diferentes sistemas operativos;
- Permite conexões do tipo *secure sockets layer* (SSL) e SQL;
- Implementa *triggers*, herança, sequencias *stored procedures*;

- Implementa integridade referencial;
- Possui controlo de concorrência multi versão;
- Possui funções genéricas e agregadas.

### **3.7. GOOGLE CHARTS**

Google Charts é uma API de visualização da Google que permite aos utilizadores visualizar e apresentar diferentes tipos de informações através da criação de gráficos interativos. Estes gráficos utilizam várias classes JavaScript que permitem criar vários tipos de interações como animações nos gráficos ou controlo da resolução utilizada no gráfico. Os gráficos são processados através da tecnologia HTML5/SVG que permite com que estes sejam compatíveis com vários tipos *browsers*.

O preenchimento dos dados para a criação dos gráficos é feito através de uma tabela no código JavaScript com um padrão bem definido, sendo possível preenche-la através de dados existentes numa base de dados ou em qualquer estrutura provedora de informação como serviços *Web* [30].

### **3.8. PROTOCOLO MODBUS**

O protocolo Modbus [34] é um protocolo de mensagens que se encontra na camada de aplicação do modelo OSI. Fornece comunicações do tipo cliente/servidor entre dispositivos conectados em diferentes tipos de redes. É bastante utilizado na indústria para comunicações entre equipamentos, devido à sua simplicidade e facilidade de implementação.

As três possíveis implementações do Modbus são o Modbus ASCII, Modbus RTU e Modbus TCP/IP. A primeira, foi o primeiro modelo de Modbus implementado e que se caracteriza pela utilização de conectores do tipo RS232 e RS485 assim como ser uma comunicação do tipo série em que as suas mensagens são enviadas em caracteres ASCII. O segundo modelo é o Modbus RTU que, tal como no modelo Modbus ASCII, caracteriza-se por ser uma comunicação do tipo série, mas diferencia-se deste por ao utilizar bytes ao invés de caracteres ASCII aumentando deste modo o rendimento do protocolo. O terceiro modelo de Modbus é o modelo TCP/IP que é bastante utilizado já que possui mecanismos que garantem a entrega das mensagens aos destinatários.

Inicialmente, o Modbus caracterizava-se como um protocolo mestre/escravo mas, com o advento do Modbus TCP/IP, passou a ser possível fazer vários pedidos em simultâneo, pelo que os escravos passaram a ser designados servidores e o papel de mestre passou a poder ser usado por vários dispositivos na mesma rede, designados clientes.

O Modbus TCP/IP permite com que vários equipamentos comuniquem com o servidor num único barramento de comunicações como mostra a Figura 39 onde é possível visualizar vários clientes Modbus que comunicam no mesmo barramento com o servidor Modbus.

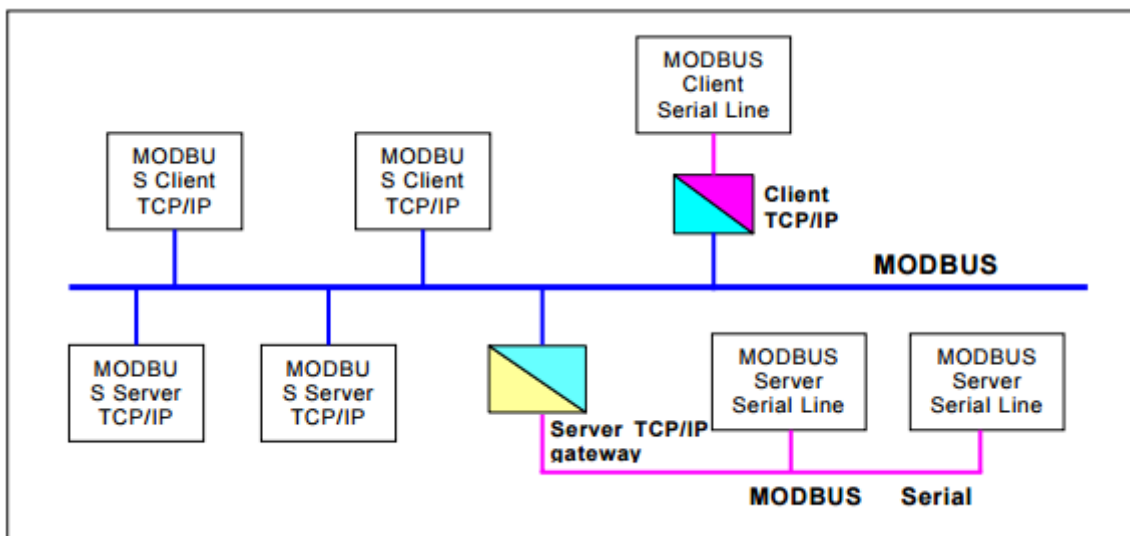


Figura 39: Arquitetura Modbus TCP/IP [35].

A trama de Modbus é constituída por vários campos como é possível ver na Figura 40. O protocolo define uma *Protocol Data Unit* (PDU) independente das camadas de comunicação subjacentes. O mapeamento do protocolo MODBUS em barramentos específicos ou em redes pode introduzir alguns campos adicionais na *Application Data Unit* (ADU) como é possível visualizar na Figura 40.

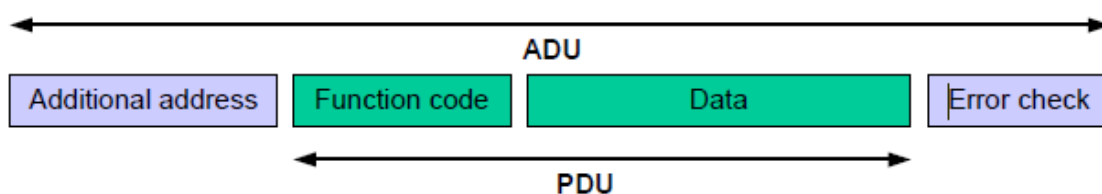


Figura 40: Trama MODBUS [34].

A trama ADU do Modbus é construída pelo cliente que inicia a troca de mensagens na comunicação Modbus. O campo *Function code* indica ao servidor que tipo de ação deve executar, sendo que este é codificado em um byte. Os códigos válidos estão nos intervalos de 1 até 255 em que os intervalos de 128 até 255 são reservados para exceções.

O campo dos dados da mensagem enviada de um cliente para um servidor contém informações adicionais que o servidor pode utilizar para tomar as medidas definidas pelo campo *Function code*. O mesmo pode incluir itens discretos, endereços, quantidade de itens a serem tratados e a contagem de bytes dos dados existentes no campo.

Em certas situações, o campo de dados pode ser inexistente (de comprimento zero), sendo que neste caso, o servidor não precisa de qualquer informação adicional, já que o código de função só especificará a ação.

Se não ocorrerem erros relacionados com o campo *Function code* solicitada numa ADU, o campo de dados da resposta do servidor para o cliente irá conter os dados solicitados (Figura 41). Se ocorrer um erro relacionado com o *Function code*, o campo irá conter um código de exceção que a aplicação do servidor poderá utilizar para determinar a próxima ação a ser tomada.

Por exemplo, um cliente pode ler os estados ON e OFF de um grupo de saídas discretas ou entradas ou simplesmente ler e escrever os dados num grupo de registros. Quando o servidor responde a um cliente, ele usa o campo do *Function code* para indicar tanto uma resposta normal (livre de erros), ou que algum tipo de erro ocorreu (chamado de uma resposta de exceção). Para uma resposta normal, o servidor simplesmente repete o pedido com o código de função original.

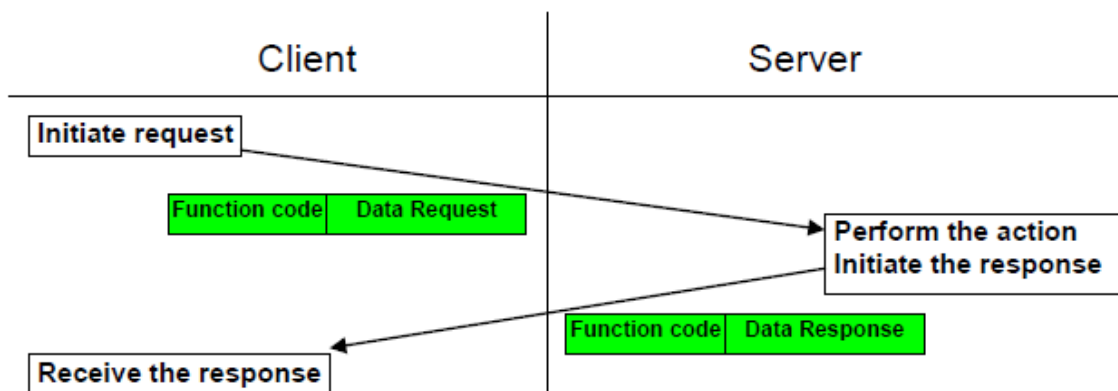


Figura 41: Mensagens trocadas entre um cliente e um servidor Modbus sem erros.

Para uma resposta com exceção, o servidor retorna um código que é equivalente à função original código da PDU pedido com seu bit mais significativo definido para a lógica 1.

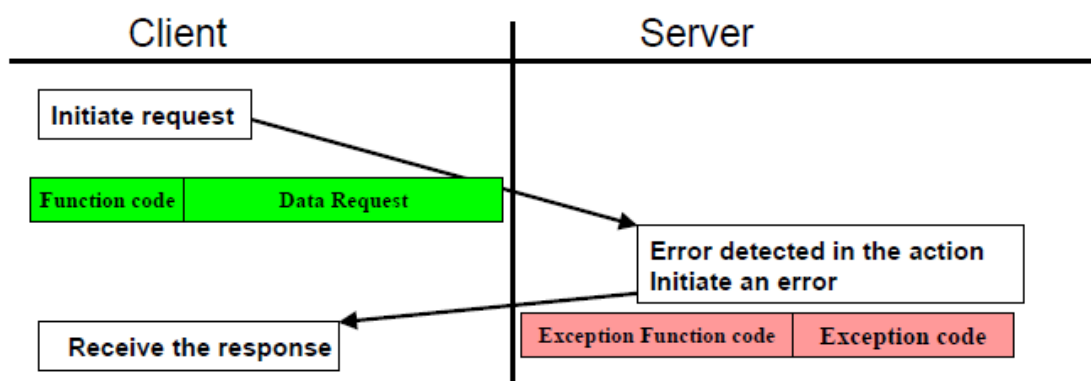


Figura 42: Troca de mensagens entre um cliente e um servidor me que ocorre um erro.

O tamanho da uma PDU no Modbus é limitado pelo tamanho herdado da primeira mensagem Modbus sendo que cada ADU tem 256 bytes dos quais 253 bytes são utilizados pela PDU, 1 pelo endereço do servidor e 2 pelo CRC. No caso do Modbus TCP/IP, a ADU tem um tamanho máximo de 260 bytes

### Tipo de Registos Modbus

As funções mais frequentemente usadas no Modbus são a leitura de entradas digitais discretas (função 2), escrita/leitura de saídas digitais discretas (funções 5 e 1, respetivamente), a leitura de entradas de 16 bits (função 4) e a escrita/leitura de saídas ou registos de bits (funções 6 e 3) respetivamente. De acordo com o tipo de função, o campo data terá que indicar o endereço da entrada, saída ou registo a ser acedido como é possível ver na Tabela 3.

Tabela 3: Registos Modbus.

Função	Bloco de memória	Tipo de dados	Acesso ao mestre	Acesso ao escravo
1	Coils	Booleano	Leitura/escrita	Leitura/escrita
2	Entradas discretas	Booleano	Só leitura	Leitura/escrita
3	Registos Holding	Palavra não sinalizada	Leitura/escrita	Leitura/escrita
4	Registos de entrada	Palavra não sinalizada	Só leitura	Leitura/escrita

### 3.9. PROTOCOLO FTP

O FTP (*File Transfer Protocol*), é um protocolo que se encontra na sétima camada do modelo OSI que é a camada aplicação Figura 43. Este protocolo é usado para a transferência de ficheiros, sendo baseados numa arquitetura de cliente-servidor [21].

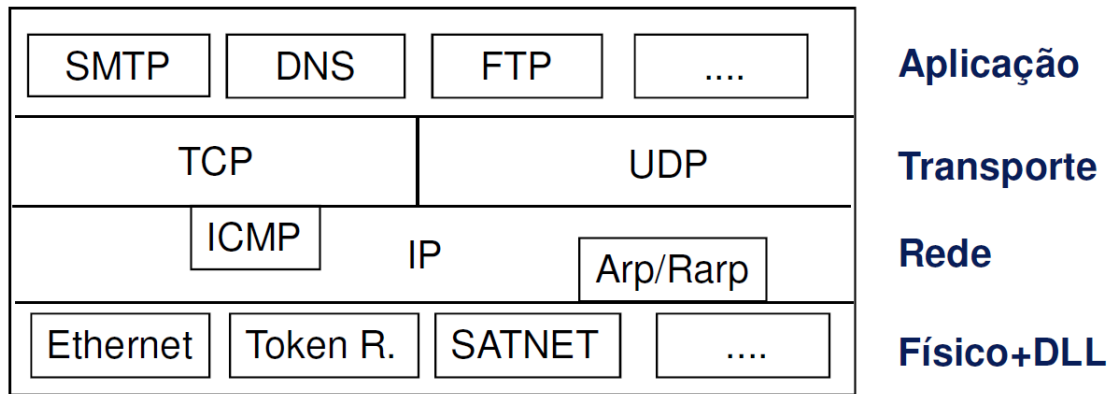


Figura 43: Modelo OSI [29].



# 4. DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

## 4.1. ANÁLISE DE REQUISITOS

Para o desenvolvimento do sistema, o departamento de O&M solicitou que este fosse escalável de forma a inserir funcionalidades diferentes que os ajudassem no rastreio de problemas, assim como nas análises das instalações fotovoltaicas.

O primeiro requisito definido para a elaboração do sistema foi a capacidade de adquirir toda a informação armazenada continuamente pelos *dataloggers* da RedLion chamados Data Station Plus (DSP) [32]. Estes *dataloggers* são usados em várias instalações projetadas pela empresa, sendo que estes funcionam como sistemas SCADA já que no próprio existe código desenvolvido pela empresa para adquirir e processar a informação existente de todos os equipamentos que são monitorizados. Este *datalogger* arquiva toda a informação adquirida, em ficheiros do tipo CSV colocando-os em várias pastas, como mostra a Figura 44.

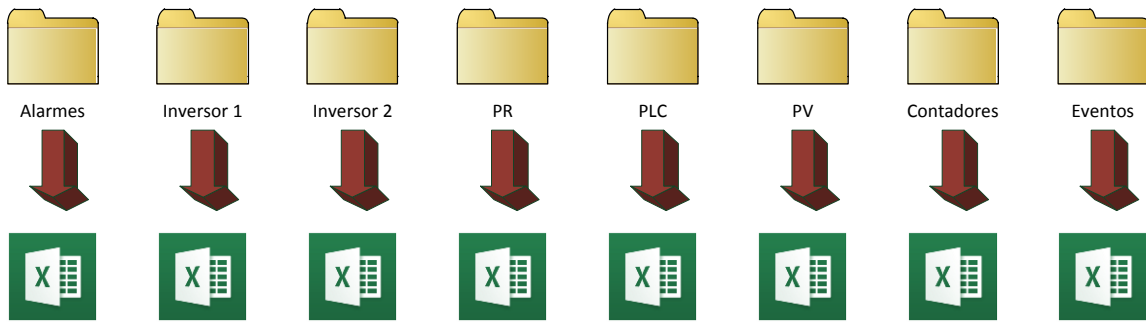


Figura 44: Lista de pastas com informação do RedLion.

Estes ficheiros sofrem alterações ao longo do tempo, já que o sistema SCADA apaga os dados mais antigos para evitar problemas de falta de espaço de armazenamento. Esta funcionalidade é chamada de manutenção da informação ou manutenção de base de dados, e é utilizada em sistemas SCADA para descrever a eliminação de informação indesejável ou migração da informação para outra base de dados. Isto é feito para tornar os sistemas mais rápidos nas pesquisas, já que quando existe uma elevada quantidade de informação arquivada, torna-se difícil a pesquisa da mesma.

O segundo requisito para o sistema é a possibilidade de acréscimo de novas instalações assim como novos utilizadores com diferentes níveis de administração.

O terceiro requisito para o sistema é a visualização da informação num portal do género dos sistemas referidos anteriormente no capítulo estudo do mercado, ou seja deve permitir a visualização de informação histórica das instalações fotovoltaicas em diferentes formatos desde tabelas a gráficos, assim como os alertas existentes nas instalações.

O quarto requisito para o sistema é a análise comparativa entre as instalações de forma a reduzir o tempo de análise destas, por parte dos operadores e de forma a permitir a realizar um tipo de análise que não é possível realizar nos restantes sistemas SCADA.

O quinto requisito para o sistema é a criação de uma ferramenta que permita ao departamento de O&M o agendamento de tarefas preventivas e corretivas. As tarefas preventivas são tarefas que são realizadas regularmente para evitar futuras avarias nas instalações como por exemplo manutenção aos inversores. As tarefas corretivas são aquelas que permitem a correção de avarias que existem nas instalações. Esta ferramenta também deverá ser configurável de forma a permitir a inserção de novas tarefas assim como a sua validação por parte dos supervisores técnicos.

Por último o sexto requisito é a possibilidade de criação de relatórios automáticos que permitam a visualização dos principais dados em períodos de tempo definidos pelo utilizador. Estes relatórios serão depois utilizados pelo departamento de O&M para a criação do relatório mensal que é apresentado aos clientes.

## 4.2. ARQUITETURA DO SISTEMA

Após a análise dos requisitos anteriormente referidos, previu-se uma arquitetura baseada na utilização de 2 servidores independentes. Estes servidores irão funcionar única e exclusivamente na rede interna da Efacec, como mostra a Figura 45.

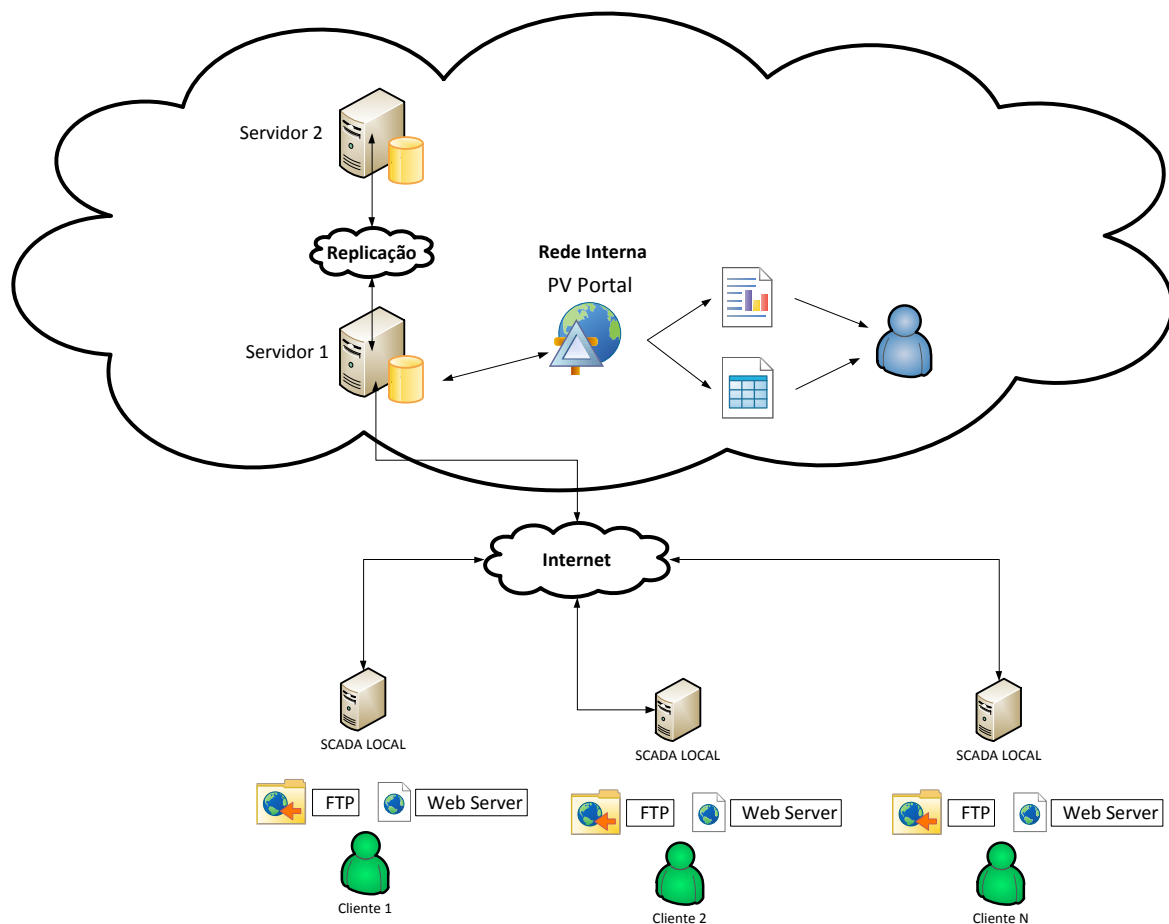


Figura 45: Arquitetura do sistema.

O servidor 1 será o responsável por correr a aplicação responsável pela aquisição dos dados e registo na base de dados assim como correr o servidor web e a base de dados utilizados pelo portal desenvolvido. O segundo servidor foi projectado com o intuito de permitir futuras manutenções do servidor 1 sem que seja necessário parar o sistema. Nos servidores, foi implementado o mecanismo de replicação stream do PostgreSQL [43] de

forma a garantir que toda a informação arquivada no servidor 1 seja arquivada no servidor 2. A replicação em modo *stream* fornece a capacidade de enviar os registos para outros servidores de forma a mantê-los atualizados continuamente. Este tipo de replicação foi seleccionado já que o sistema esta em constante funcionamento, sendo que este, adquire continuamente a informação das instalações. Através do procedimento do anexo A, foi possível ativar o mecanismo de replicação entre os dois servidores.

Uma vez adquirida a informação e arquivada corretamente, o utilizador pode utilizar o portal desenvolvido que envolve várias funcionalidades de gestão, de supervisão e de operação, como mostra a Figura 46, onde é possível visualizar as várias funcionalidades possíveis.



Figura 46: Descrição das funcionalidades do portal ao nível dos utilizadores.

Estas funcionalidades são bastantes úteis para o departamento de O&M, já que podem ser utilizadas pelas várias hierarquias de funcionários existentes no departamento. Esta hierarquia divide-se em 3 funções, que são: o operador, responsável por deslocar-se para as instalações para resolver possíveis avarias e realizar tarefas de manutenção, o supervisor técnico, o responsável por monitorizar as instalações fotovoltaicas, assim como apresentar os resultados de produção aos clientes; e, por último, o gestor de equipa, que coordena as tarefas entre os operadores e supervisores técnicos.

### 4.3. COMUNICAÇÃO COM OS SISTEMAS SCADA

O protocolo de nível de aplicação escolhido para a troca de dados entre os sistemas SCADA e o servidor primário (Servidor 1 da Figura 45) foi o protocolo FTP. No sistema, o servidor 1 questiona em diferentes períodos de tempo os servidores FTP sobre os dados

existentes nos seus arquivos, sendo que, uma vez verificada a existência dos arquivos, a aplicação irá processar toda a informação arquivada do dia atual de forma a arquivá-la corretamente sem qualquer tipo de repetição de dados. Ou seja, caso exista uma falha de comunicações, o sistema consegue continuar com o arquivamento a partir do último instante em que arquivou. Por exemplo, caso um dos servidores tenha deixado de funcionar às 12:00:15 e volta a estar disponível às 17:45:00, o sistema apercebe-se da falta de informação entre estes dois instantes e preenche a base de dados com toda a informação em falta, proveniente da instalação fotovoltaica.

Todos os dados provenientes das instalações podem ser visualizados através do portal desenvolvido que possui várias ferramentas para análise da informação recolhida.

### **Arquitectura do *software***

Na arquitetura do *software*, que pode ser visualizada na Figura 47, é possível verificar que existem duas soluções distintas que englobam o sistema, que são a solução *back end* e a solução *front end*. A solução *back end* foi implementada através de código Java, o que permitiu o desenvolvimento de uma aplicação *stand alone* cujas funções são o estabelecimento da ligação com os servidores FTP, a aquisição da informação dos sistemas SCADA e o arquivamento da informação na base de dados. A solução *front end* foi conseguida através de várias linguagens *Web* e ferramentas que permitiram desenvolver o portal solar, que interage com a informação arquivada na base de dados PostgreSQL e a processa de forma a realizar as várias funcionalidades especificadas pelo departamento de O&M, como foi referido no subcapítulo Análise de Requisitos.

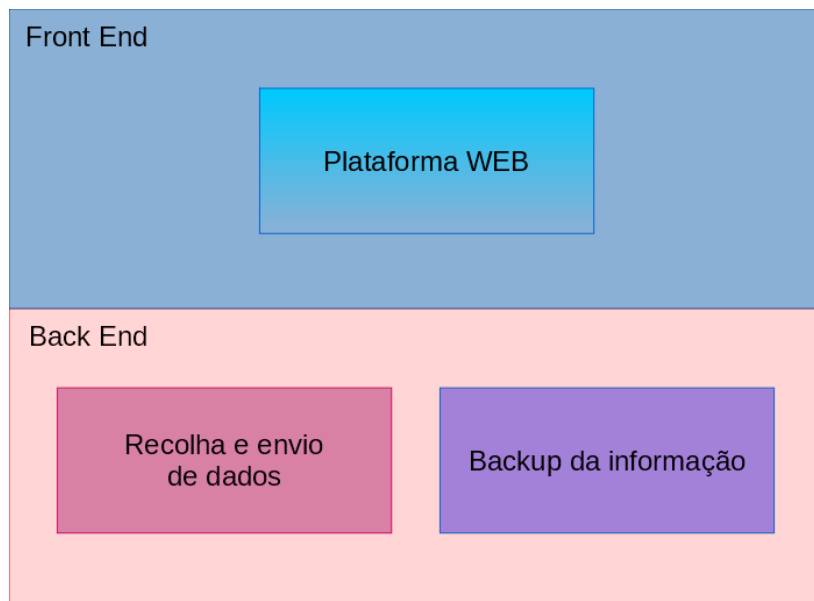


Figura 47: Arquitetura do *software* desenvolvido.

De forma a conseguir uma solução única que englobasse os requisitos do departamento de O&M, foi desenvolvida a base de dados apresentada na Figura 48. Estas tabelas estão em geral relacionadas entre si, salientando-se a exceção das tabelas “avaria” e “calendário”, que são utilizadas para a funcionalidade de planeamento de tarefas preventivas e corretivas. Estas tabelas não estão relacionadas com as restantes já que esta funcionalidade poderá ser utilizada independentemente da respetiva instalação ser monitorizada em detalhe através do portal desenvolvido.

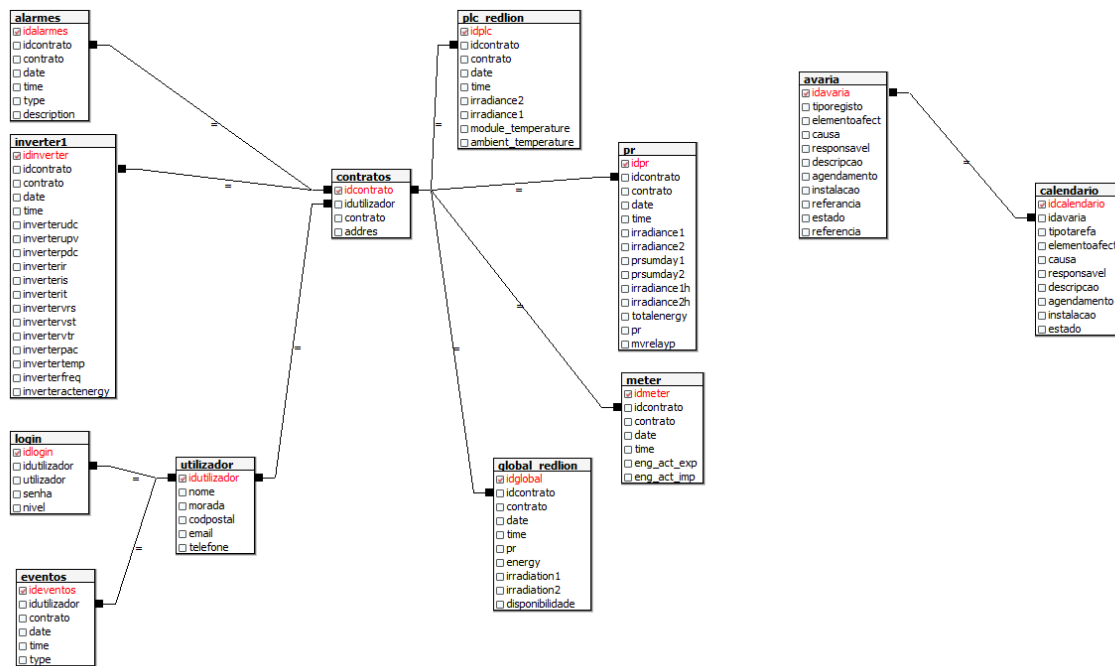


Figura 48: Esquema da base de dados.

## Aplicação Back End

Para a aquisição dos dados existentes nos servidores SCADA, foram analisadas as 3 seguintes situações:

- Aquisição dos dados via MODBUS
- Aquisição dos dados via serviço web
- Aquisição dos dados via FTP

Para o primeiro caso, foi considerada a não leitura dos dados armazenados nos ficheiros CSV e sim a transmissão direta para o servidor primário via comunicação Modbus. Porém, a comunicação via internet põem em causa a utilização do protocolo Modbus, já que este é um protocolo normalmente utilizado em redes internas com grandes velocidades de transmissão de dados e caso utilizássemos a internet seria impossível a aquisição da informação com intervalos de tempos iguais a da escrita dos ficheiros CSV que é de 15 segundos. Por outro lado, a utilização desta solução obrigaria a alteração do código existente nos *datalogger* de forma a criar variáveis internas que disponibilizem via Modbus a informação.

Para o caso do serviço *Web* também foi considerada a não leitura da informação arquivada e sim a disponibilização direta da informação. Esta solução é possível através da geração

de uma página XML com as várias entidades existentes na instalação, porém a implementação da solução implicaria a criação de código de forma a disponibilizar a informação com intervalos semelhantes a informação disponibilizada pelos arquivos CSV.

Pelas anteriores razões, a opção escolhida para a obtenção dos dados foi a da utilização do protocolo FTP para leitura, processamento e arquivamento dos dados existentes nos ficheiros CSV.

Como anteriormente referido, a aplicação foi desenvolvida na linguagem Java e nela foram criadas varias funcionalidades, como mostra Figura 49.

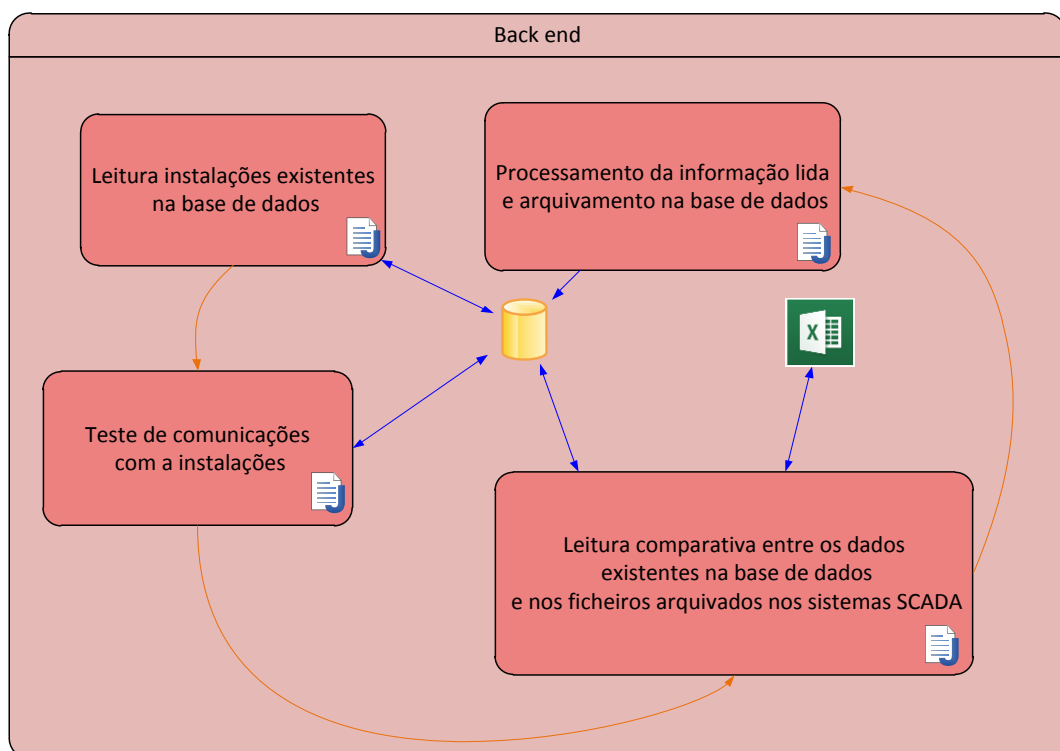


Figura 49: Funcionalidades da aplicação *back end*.

Na Figura 49, é possível visualizar as quatro funcionalidades que existem na aplicação *stand alone*, sendo que as setas azuis representam as interações destas funções com a base de dados e ficheiros armazenados nos SCADA, e as setas laranjas representam a sequência em que cada uma delas é executada. Ou seja, a primeira função a ser executada é a de leitura das instalações existentes na base de dados, e a última função a ser executada é a de processamento da informação e arquivamento da mesma.

### **Leitura das instalações existentes para monitorizar**

De forma a tornar o sistema escalável, a aplicação *stand alone* lê a informação existente na base de dados onde são inseridas as informações das instalações que devem ser monitorizadas. Caso seja inserida uma nova instalação corretamente, o sistema irá estabelecer ligações com a mesma de forma a adquirir a informação de produção da mesma.

### **Teste de comunicações com as instalações**

Para que o sistema não tente estabelecer consecutivamente ligações para tentar adquirir a informação proveniente dos vários ficheiros CSV quando existem problemas de comunicações, foi incorporada uma função de teste de ligação para que o sistema consiga perceber se deve ou não ligar-se com a instalação com o intuito de adquirir os vários ficheiros existente no sistema SCADA. Esta funcionalidade permite reduzir bastante processamento já que o sistema estabelece uma ligação por ficheiro que pretenda ler para posteriormente arquivar a sua informação.

### **Comparação entre os dados existentes na base de dados e os arquivos dos sistemas SCADA**

Após a leitura dos ficheiros CSV, o sistema compara os valores inseridos de forma a perceber qual foi o último valor gravado na base de dados. Deste modo o sistema consegue recuperar a informação quando existem problemas de ligação que posteriormente são restabelecidas.

### **Processamento da informação lida e arquivamento na base de dados**

Uma vez finalizada a comparação entre os dados existentes nos SCADA e na base de dados, o sistema inicia o registo da informação não existente na base de dados.

De forma a perceber melhor as funcionalidades do programa, que utiliza as funções anteriormente referidas, o fluxograma da Figura 50 explica como funciona o programa desenvolvido.

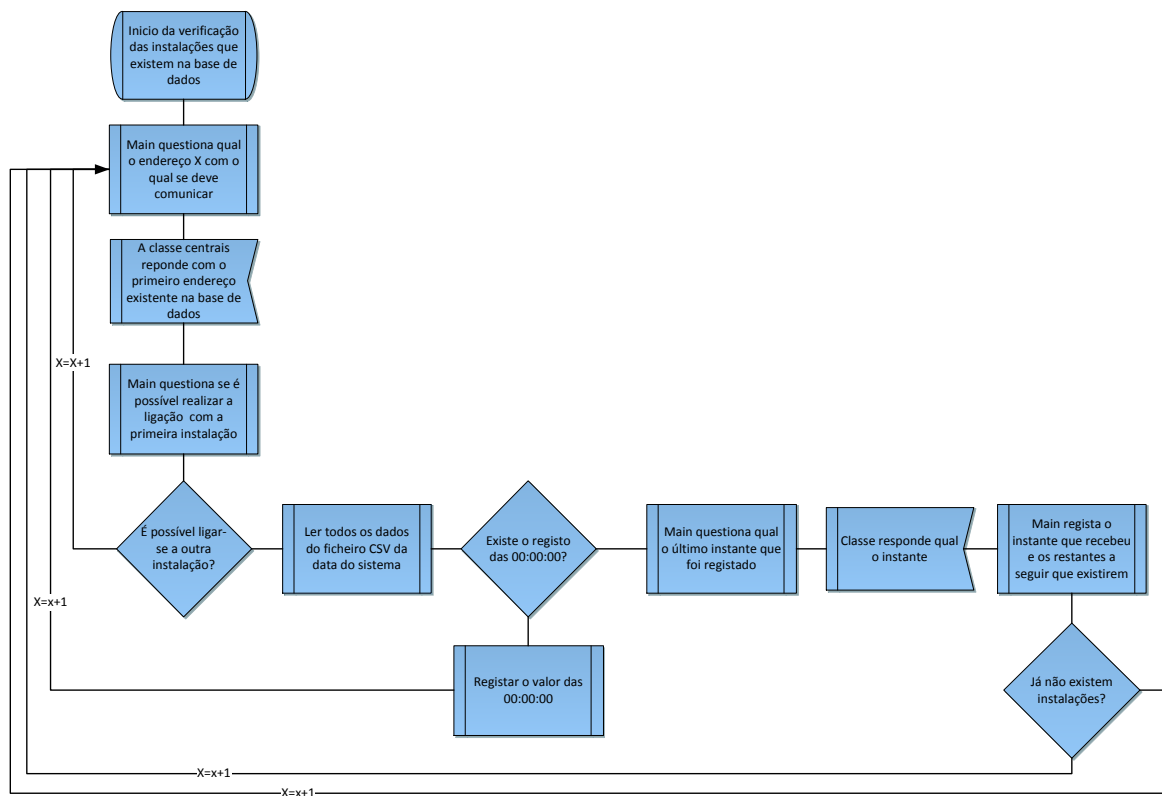


Figura 50: Fluxograma da aplicação desenvolvida.

### Aplicação *Front End*

Para a criação da melhor estrutura para o portal solar, foram considerados os aspetos gráficos e funcionalidades dos portais apresentados no capítulo “Estudo do mercado”, assim como os requisitos do departamento de O&M.

Na Figura 51, é apresentada o mapa de navegação do portal que permite perceber que tipos de funcionalidades existem e quais as suas características.

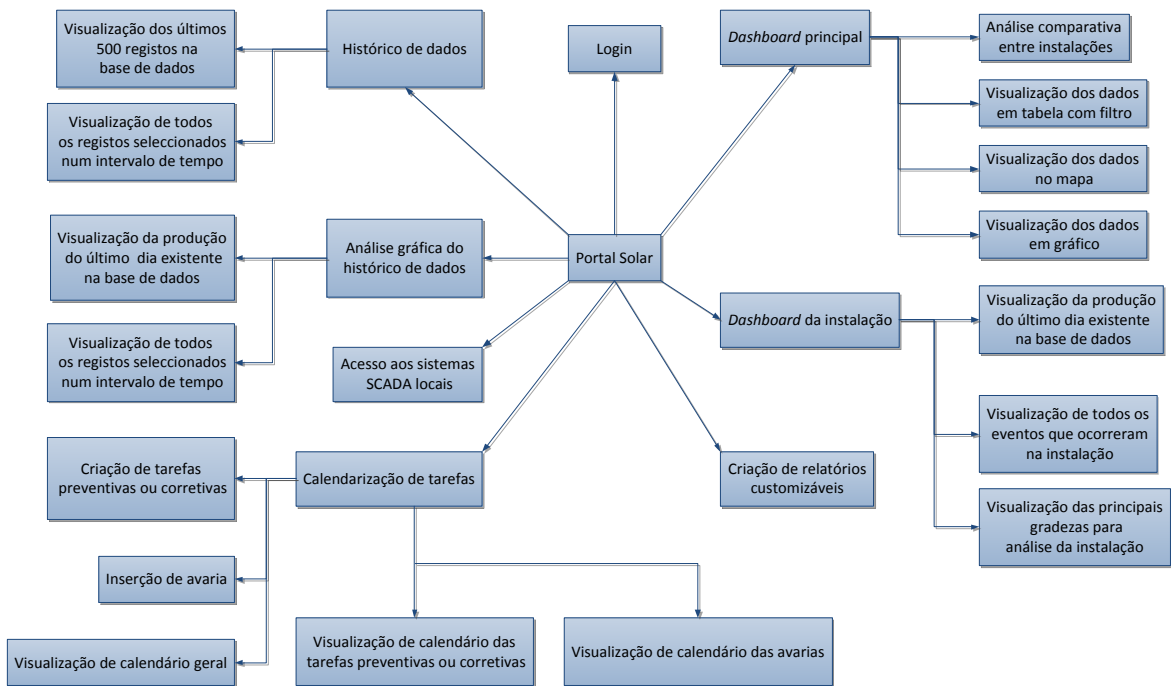


Figura 51: Mapa de navegação do portal.

### Login da aplicação

De forma a tornar a aplicação acessível apenas aos utilizadores autorizados, foi acrescentado código de sessão em PHP de forma a não divulgar a informação para qualquer pessoa que tenha acesso à rede interna da Efacec.

Para conseguir criar a sessão no portal teve-se vários cuidados como:

- Preenchimento de formulário, em que a palavra passe é escondida;
- Envio da informação para uma página de sessão através do método POST;
- Utilização da função “`session_start`” do PHP para navegar através das páginas com uma sessão;
- Utilização de filtros para evitar *SQL injection* (é uma técnica de exploração do sistema em que o utilizador, através dos dados introduzidos no formulário, cria ou altera comandos SQL existentes para expor dados escondidos, ou sobrescrever dados valiosos, ou mesmo para executar comandos de sistema perigosos para a base de dados [33]).

Para esconder a informação da palavra passe na *tag input*, foi escolhido o tipo “password” permitindo obter o resultado da Figura 52.

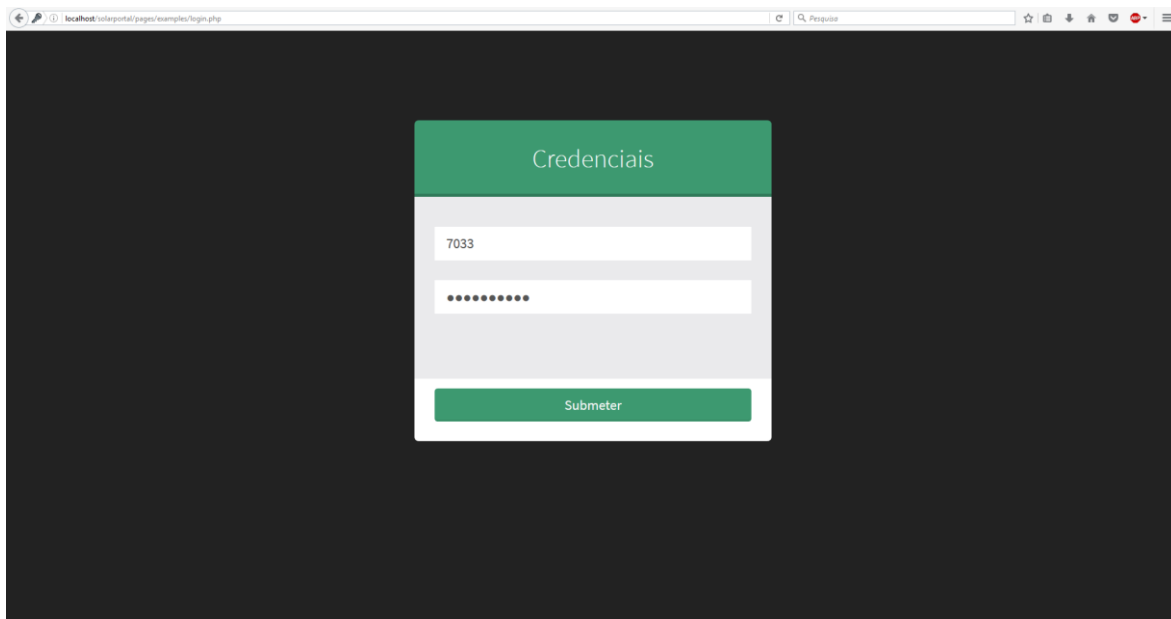


Figura 52: Página de sessão.

Para o caso do método POST selecionado, este foi escolhido para que no URL não aparecesse a informação que é preenchida no formulário de sessão. Caso tivesse sido utilizado o método GET seria possível visualizar as credenciais, como mostra a Figura 53.

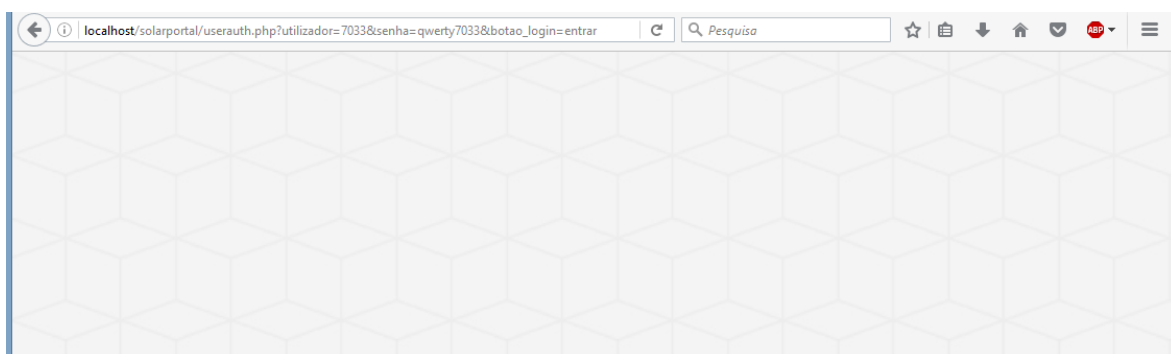


Figura 53: Exemplo da utilização do método GET.

A utilização da função `session_start` foi utilizada no portal de forma a passar a informação entre páginas este caso, são passadas as credenciais do utilizador, assim como o seu nível, de forma a poder controlar que tipo de acessos poderá ter cada utilizador. Ou seja, se não se fizer um acesso válido, mesmo que o utilizador introduza o URL da página que deseja ver, este será reencaminhado para a página de login.

Para o caso de tentativas de *SQL injection*, foram criados filtros em todos os *inputs*, para que só possam ser inseridos letras e números e não caracteres especiais, evitando deste modo a tentativa de execução de comandos não autorizados.

## Dashboard principal

Para disponibilizar a informação, foi definido um *dashboard* principal (Figura 54) onde é possível ver, de forma resumida, informação referente às várias instalações monitorizadas, assim como o menu que permite navegar entre as funcionalidades de criação de relatórios e agendamento de tarefas. No *dashboard*, existem várias funcionalidades, como a visualização dos dados atuais em vários formatos, comparação dos dados de produção entre instalações e de avisos de produção baixa.

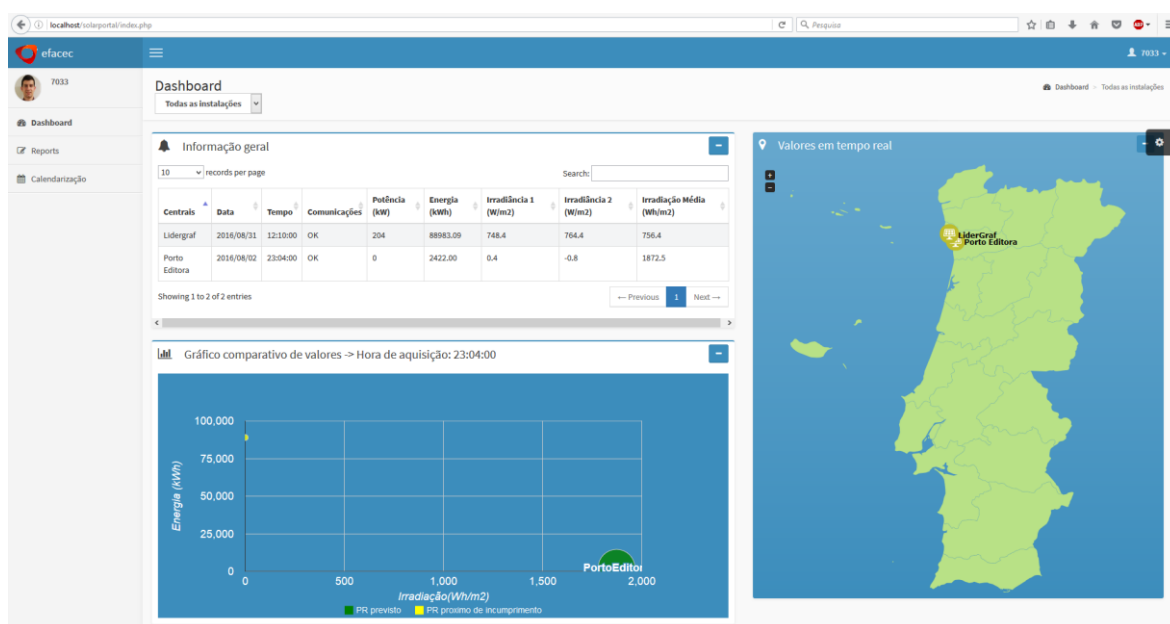


Figura 54: Dashboard principal.

Para o caso da visualização dos dados em tempo real, que são os últimos registos obtidos dos arquivos dos *dataloggers*, foram utilizadas várias ferramentas que trabalham com JavaScript que são, neste caso, o Google Charts [30], o jVectorMap [36] e o plug-in DataTables [37].

O Google Charts é utilizado neste *dashboard* para visualizar os dados, realizar uma análise comparativa entre instalações e alertar o operador quando a produção da instalação estiver abaixo do desempenho mínimo contratado (Figura 55).

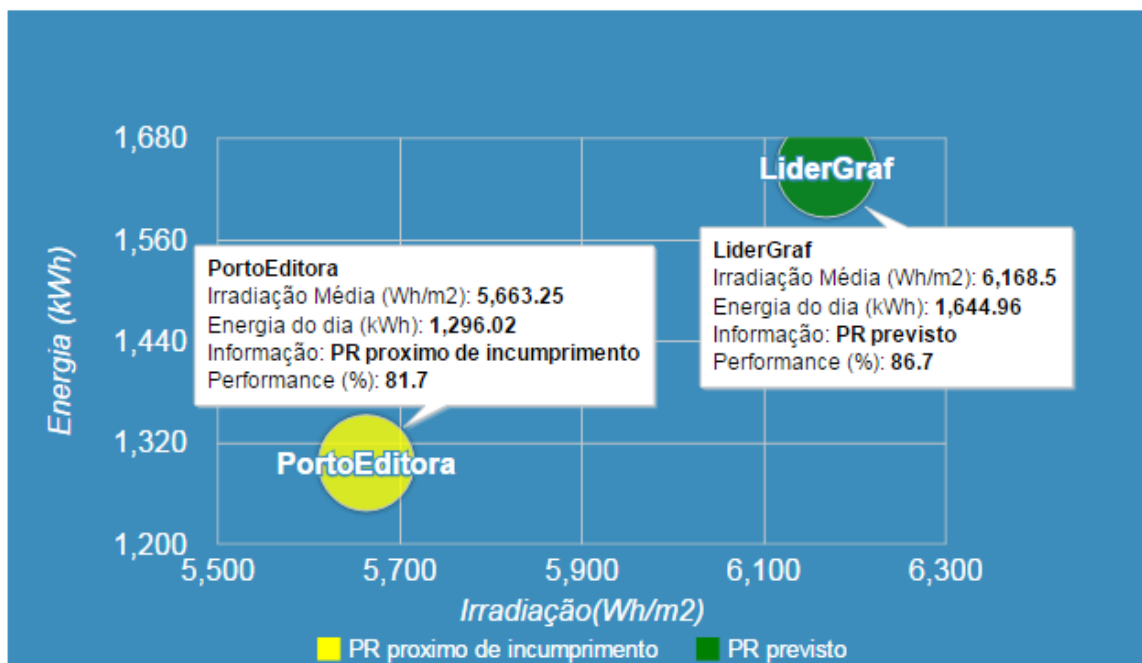


Figura 55: Análise comparativa entre as instalações

No caso da Figura 55, o aviso de PR próximo de incumprimento é ativado quando o valor desta métrica é inferior a 82%. Isto é de grande utilidade para o utilizador, de forma a alertá-lo quando a instalação está prestes a ficar fora dos valores garantidos contratualmente, sendo que o departamento de O&M deve tomar as devidas medidas para melhorar o desempenho, como análise térmica dos painéis, para procurar pontos quentes, ou limpeza da sujidade existente, de forma a melhorar a produtividade.

O Jvector map [36] é utilizado neste caso para visualizar os dados em tempo real por zonas geográficas, sendo que este foi acrescentado para que, futuramente, quando existirem mais instalações no sistema, seja mais simples identificar a instalação que se pretende monitorizar. Também no futuro poderá ser acrescentado um automatismo de alerta como mostra a Figura 56 onde é possível perceber quando existem instalações naquele distrito com alerta. Estes alertas poderão ser desde alertas de comunicações, alertas de produtividade ou alertas de falta de manutenção.

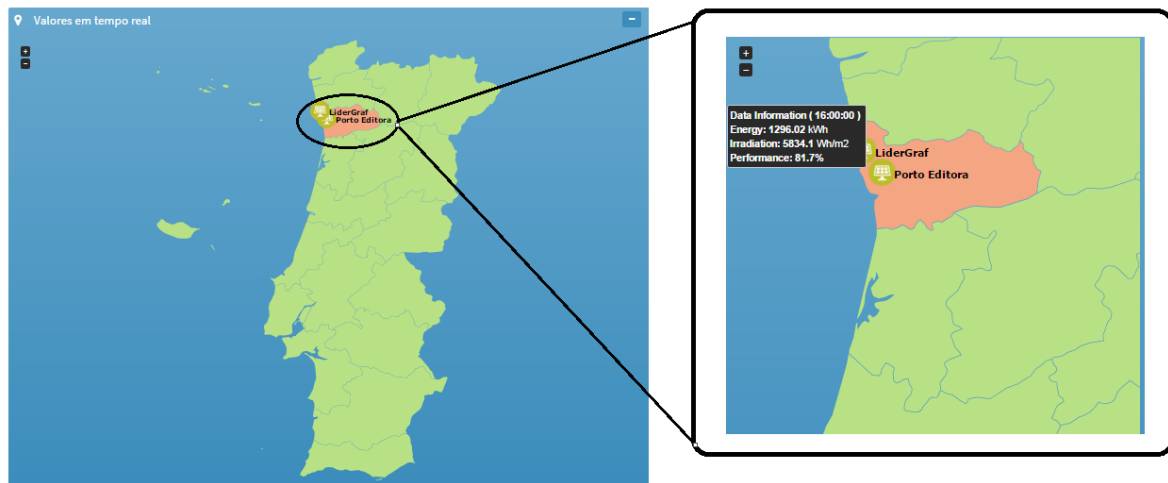


Figura 56: Simulação de alerta numa instalação

O DataTables [37] foi utilizado em várias partes do portal devido ao seu filtro bastante útil para realizar pesquisas, e a sua responsividade ao controlar a informação que é disponibilizada, já que quando existem mais do que 10 linhas nas tabelas os dados são organizados por várias páginas, sendo criados automaticamente controlos de navegação. Este *plug-in* é também útil no sentido em que permite manter o layout da página independentemente da quantidade de dados a visualizar. Em relação aos seus filtros de pesquisa será bastante útil porque basta escrever o nome da instalação e este irá filtrar os dados da instalação pretendida (Figura 57).

Informação geral

10 records per page

Search: Lidergraf

Centrais	Data	Tempo	Comunicações	Potência (kW)	Energia (kWh)	Irradiância 1 (W/m <sup>2</sup> )	Irradiância 2 (W/m <sup>2</sup> )	Irradiação Média (Wh/m <sup>2</sup> )
Lidergraf	2016/08/30	11:00:00	OK	159	87491.45	593.6	662.8	628.2

Showing 1 to 1 of 1 entries (filtered from 2 total entries)

← Previous 1 Next →

Figura 57: Filtro de uma instalação no DataTables.

### ***Dashboard da instalação***

Para esta página foram utilizadas duas ferramentas, o Google Charts [30] e o DataTables [37] no caso do Google Charts, é mostrada a curva de produtividade da instalação, do

último dia registado pelo sistema, onde é possível visualizar os dados das irradiações e da potência da instalação, como mostra a Figura 58.

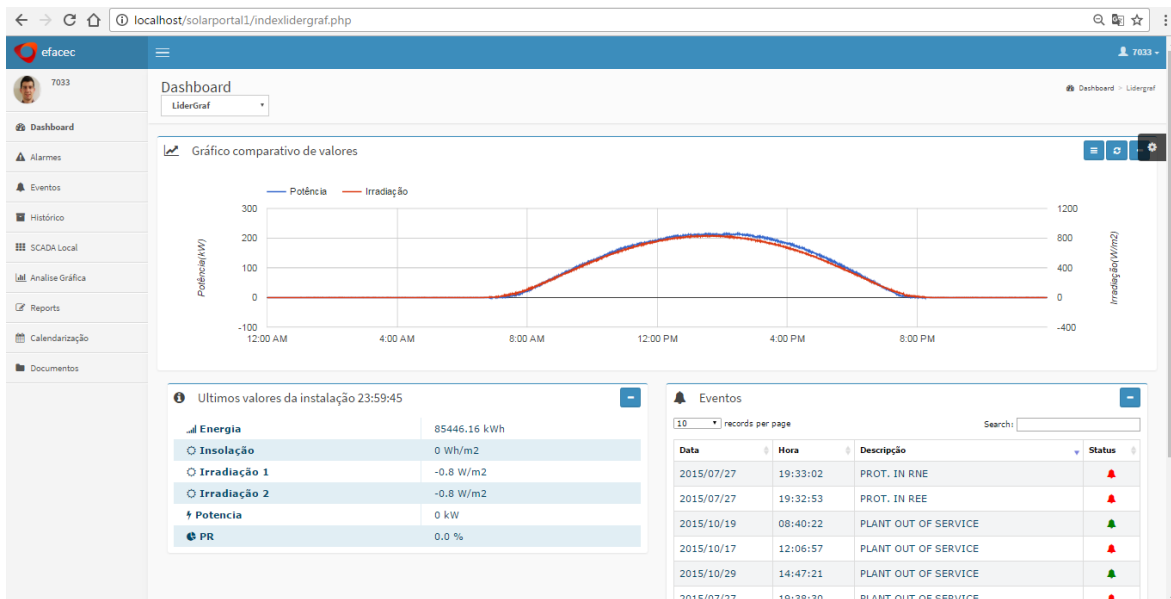


Figura 58: *Dashboard* da instalação

No canto inferior, podemos visualizar 2 tabelas, em que, do lado esquerdo, se encontram as principais grandezas de análise das instalações e, do lado direito, todos os eventos que aconteceram na instalação desde o seu arranque. Na tabela dos eventos, foi utilizada a tabela com filtro de forma a facilitar a visualização dos eventos ocorridos em determinada data (Figura 59).

Data	Hora	Descrição	Status
2015/07/27	19:33:02	PROT. IN RNE	Red
2015/07/27	19:32:53	PROT. IN REE	Red
2015/10/19	08:40:22	PLANT OUT OF SERVICE	Green
2015/10/17	12:06:57	PLANT OUT OF SERVICE	Red
2015/10/29	14:47:21	PLANT OUT OF SERVICE	Green
2015/07/27	19:38:30	PLANT OUT OF SERVICE	Red
2016/06/11	06:15:48	Inverter 1 - Vac Low	Red
2015/07/31	06:21:01	Inverter 1 - Vac Low	Red
2016/03/22	06:35:32	Inverter 1 - Vac Low	Red
2016/01/08	06:52:39	Inverter 1 - Vac Low	Red

Showing 1 to 10 of 131 entries

Figura 59: Eventos de uma instalação.

## Histórico de dados

Esta funcionalidade foi criada de forma a permitir a visualização da informação histórica existente na base de dados, ao contrário das outras páginas, que apenas permitem ver os registos do último dia existente na base de dados. Sendo que nesta foram utilizados duas ferramentas que são o DataTables [37] e o Date Range Picker [38] que permite seleccionar o tempo que é pretendido para realizar uma pesquisa da informação histórica existente na base de dados.

Para utilizar esta funcionalidade, o utilizador deve dirigir-se para a opção do menu “histórico”, onde é apresentado o histórico da instalação em análise já que o modo de navegação do portal é baseado na seleção da instalação inicialmente, apenas sendo ativadas as funcionalidades aplicáveis após esta seleção. Os registos que irão aparecer inicialmente na página do histórico dos dados são os últimos 500 registos na base de dados.

Caso o utilizador pretenda a visualização de registos mais antigos, poderá realizar um filtro onde deverá definir que entidades pretendem visualizar assim como o período do tempo. Por exemplo, caso o utilizador pretenda visualizar os dados de uma determinada semana, deverá seleccionar nos calendários o início e o fim da pesquisa, como mostra a Figura 60.

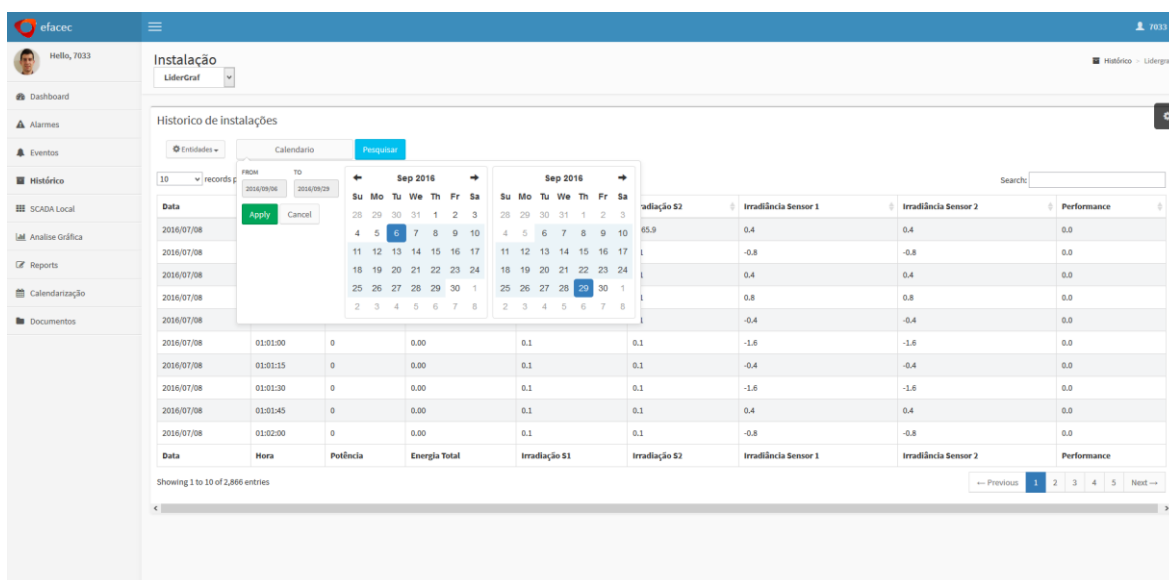


Figura 60: Histórico de dados.

## Análise gráfica de histórico de dados

Esta funcionalidade foi criada através de duas ferramentas, o Google Charts [30] e o Date Range Picker [38]. Nesta funcionalidade é possível visualizar a produção diária e mensal

assim como realizar uma pesquisa com diferentes filtros, em que podemos seleccionar que tipo de entidade queremos monitorizar e o período de tempo relativo ao qual queremos ver estes dados, como mostra a Figura 61.

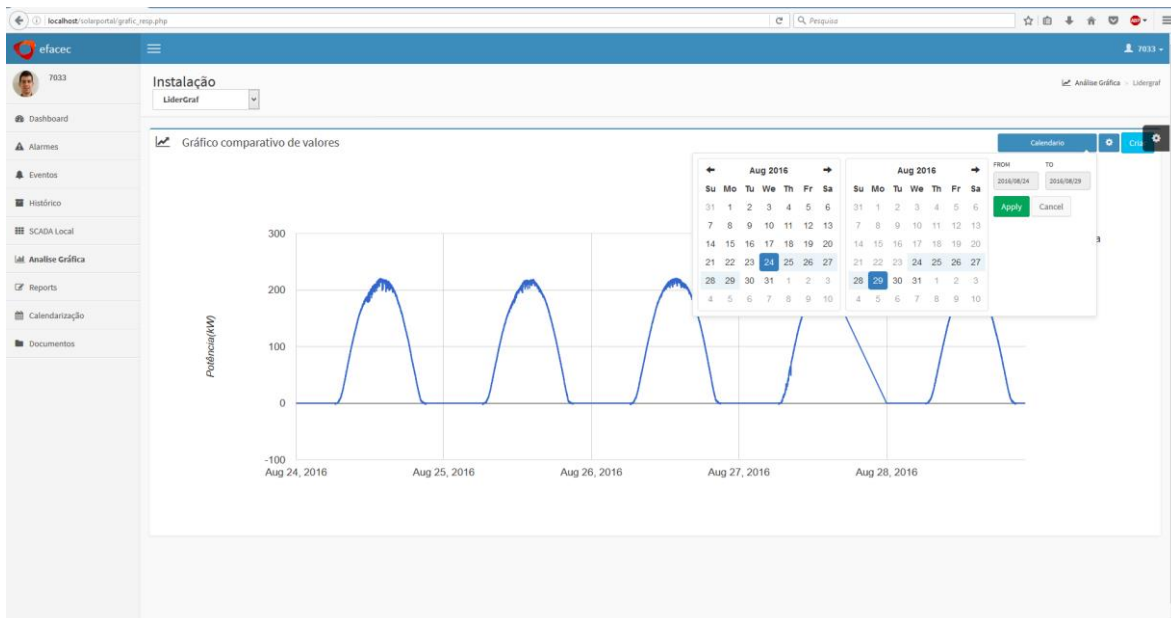


Figura 61: Análise gráfica histórica.

### SCADA local

Esta funcionalidade foi criada de forma a permitir aos utilizadores conseguirem ligar-se diretamente às páginas Web dos sistemas SCADA, sem abandonar o portal. Isto é de grande importância, já que nem todas as instalações monitorizadas se encontram acrescentadas ao sistema, e isto permite que os técnicos consigam monitorizar as restantes instalações, como mostra a Figura 62. Nesta figura, observa-se a ligação a um SCADA local de uma instalação de 4 MW.

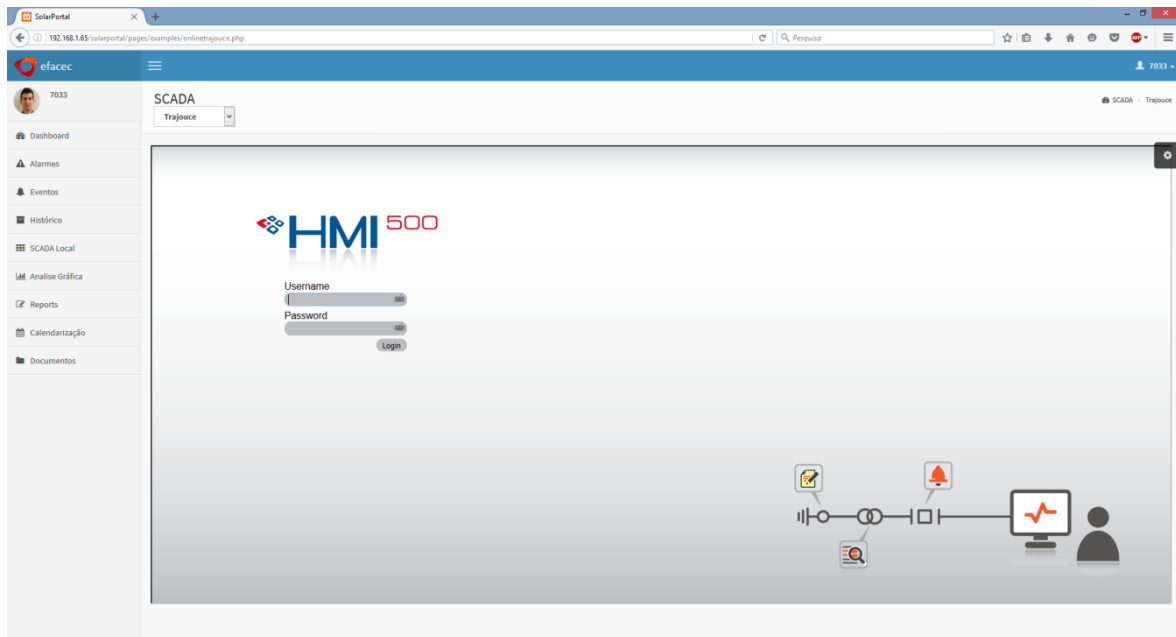


Figura 62: Visualização do SCADA local no portal.

Para conseguir esta funcionalidade, foi utilizada a tag <iframe> que permite embutir um documento HTML, neste caso a página Web do sistema SCADA a que se pretende aceder, dentro de outro. As principais vantagens desta funcionalidade é que o operador não precisa de se preocupar com os endereços das instalações já que o próprio sistema os gere estando os mesmos inseridos no código HTML.

### **Gestão de O&M**

Para esta funcionalidade foram considerados todos os requisitos pedidos pelos responsáveis do departamento de operação e manutenção (O&M). Como foi referido anteriormente, esta é uma funcionalidade individualizada do sistema que permitirá ao departamento de O&M melhorar o trabalho do dia-a-dia através de uma ferramenta que permite gerir mais facilmente as tarefas preventivas e corretivas.

Para a criação desta funcionalidade foi utilizada a ferramenta FullCalendar [40] que permite, através da linguagem JavaScript, a inserção de eventos no calendário da Figura 63, onde existem os diferentes tipos de eventos que existem nos calendários, com as respetivas cores que os identificam e que são a cor azul-escuro para as tarefas corretivas, azul claro para as tarefas preventivas, vermelho para as avarias inseridas pelos técnicos e por últimos verde para as avarias que foram fechadas pelo administrador, e que são aquelas que foram solucionadas.

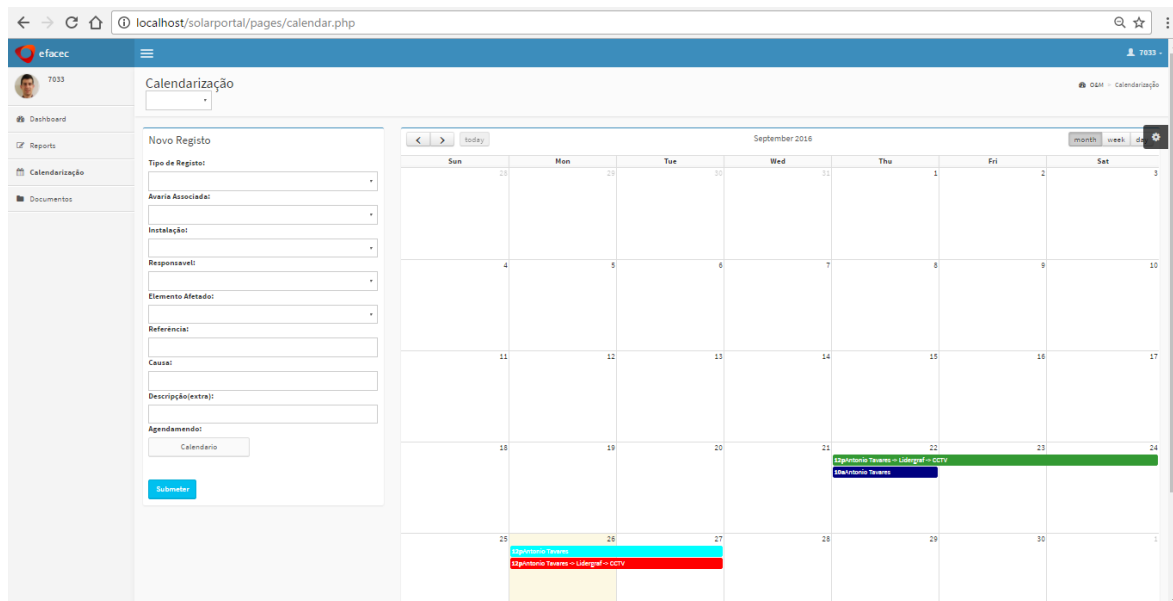


Figura 63: Calendarização com tarefas e avarias.

Na primeira página da ferramenta de calendarização para a gestão do O&M, é possível visualizar todas as tarefas do mês atual, sendo possível navegar nos restantes meses e anos para visualizar todas as tarefas.

Caso seja pretendido inserir novas tarefas ou avarias, o utilizador deverá preencher o formulário apresentado na Figura 64.

### Novo Registo

**Tipo de Registo:**

**Avaria Associada:**

**Instalação:**

**Responsavel:**

**Elemento Afetado:**

**Referência:**

**Causa:**

**Descrição(extra):**

**Agendando:**

Figura 64: menu para registo de tarefas ou avarias.

Como é possível visualizar no diagrama de navegação, quando o utilizador seleciona a opção avarias, este será redirecionado para a página das avarias onde é possível visualizar todas as avarias existentes na instalação assim como realizar três ações que são: Apagar Avarias, Fechar Avarias e Editar Avaria.

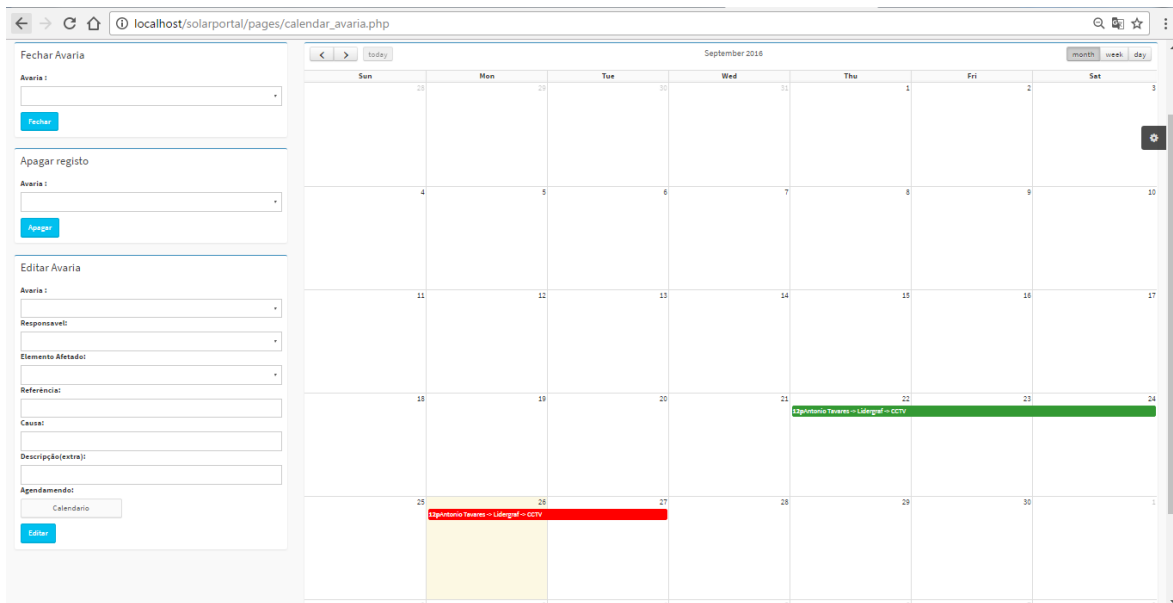


Figura 65: Visualização de avaria ativa e fechada.

Navegando pelas opções, o utilizador também pode querer seleccionar a visualização das tarefas corretivas e preventivas, sendo que será redirecionado para as respetivas páginas.

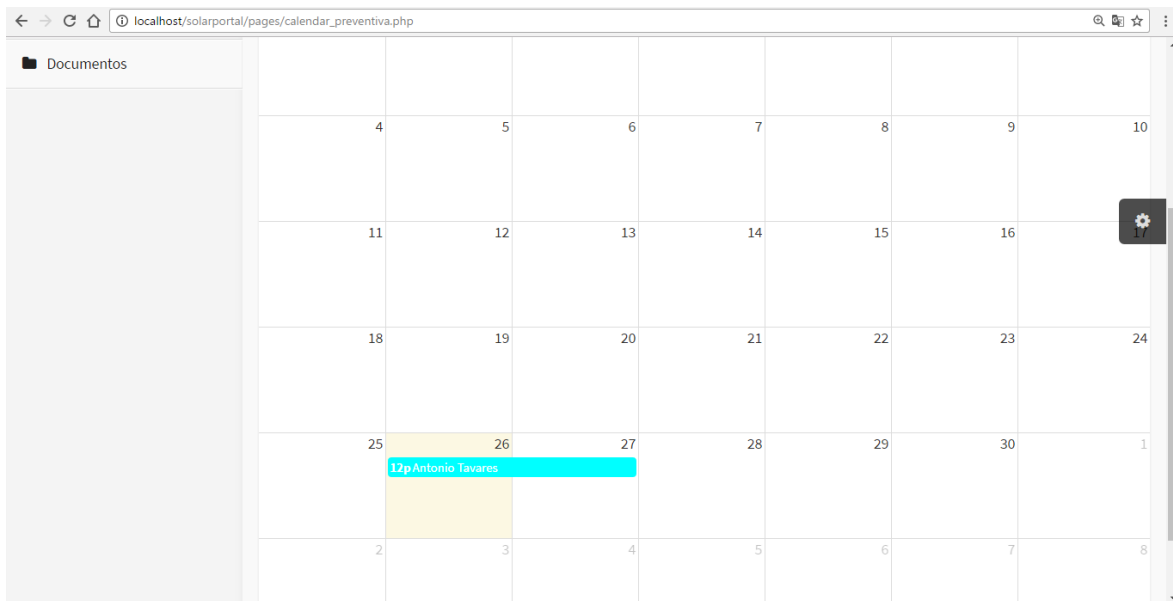


Figura 66: visualização de preventiva.

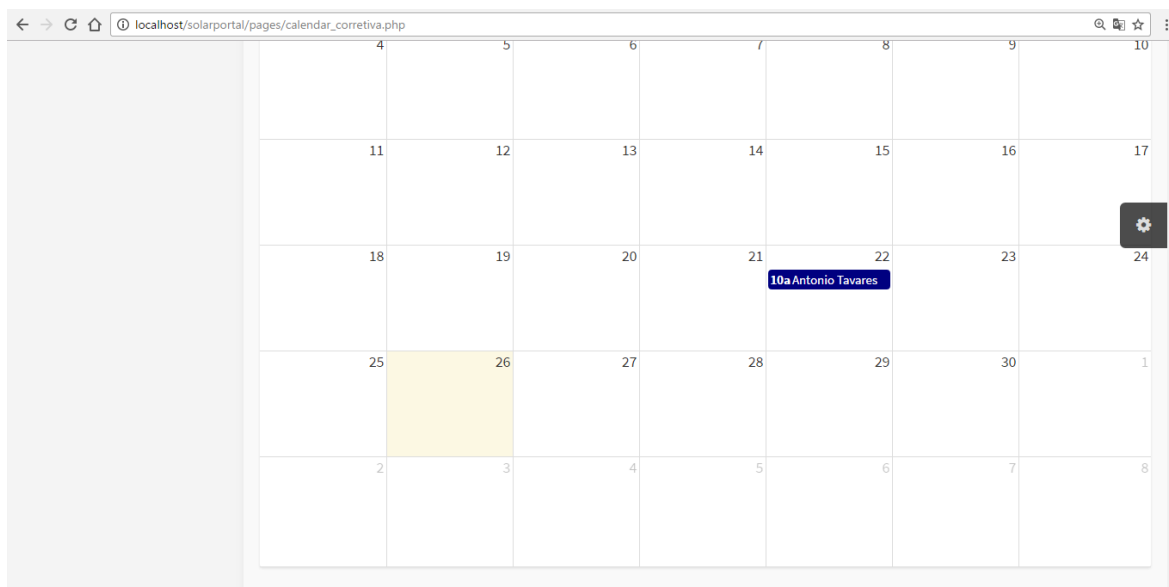


Figura 67: Visualização de corretiva.

### **Gestão de Relatórios**

Para esta funcionalidade, foi utilizada a biblioteca PHPEXcel [39] para PHP. O objetivo desta funcionalidade é permitir ao utilizador exportar os dados para um ficheiro Excel predefinido com uma estrutura em que normalmente apresenta os dados de produção de todos os meses.

O utilizador pode seleccionar para inserir um máximo 3 entidades no ficheiro Excel, criado como Excel de referência, assim como seleccionar a folha e a célula onde pretende colocar a informação (Figura 68).

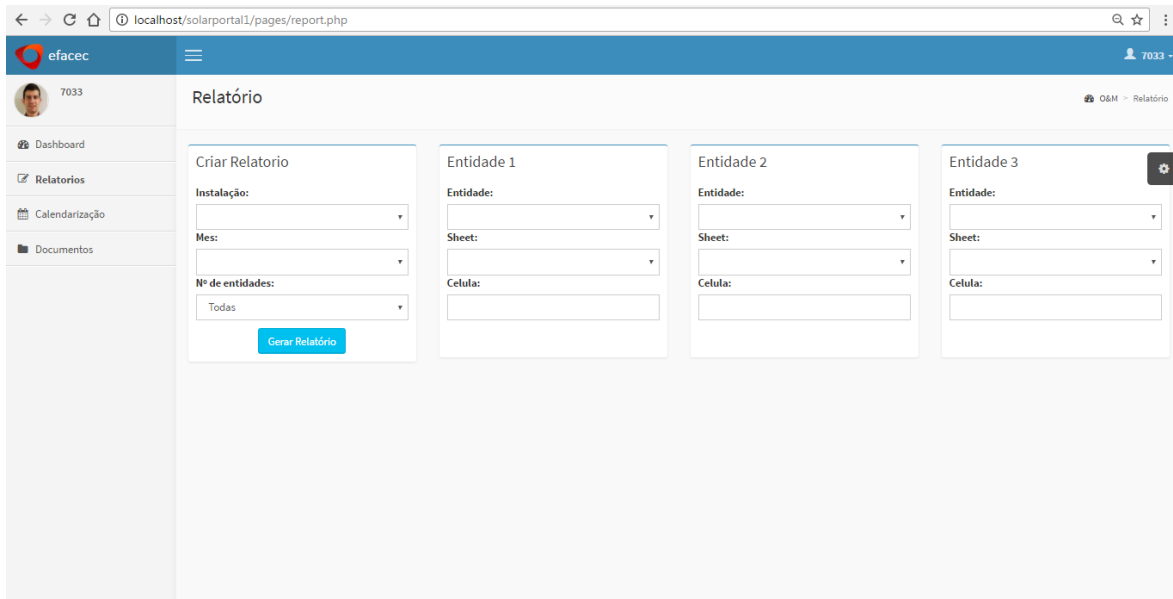


Figura 68: Funcionalidade de criação de relatório.

# 5. TESTES E RESULTADOS

## **Teste de comunicações com os sistemas SCADA com o RedLion**

Cada sistema SCADA local tem associado um endereço de IP. Para este ensaio foi considerada uma instalação de 250 kW e outras três que terão endereços errados de forma a provocar erro de ligação como mostra a Figura 69.

```

Microsoft Windows [Version 6.3.9600]
(c) 2013 Microsoft Corporation. Todos os direitos reservados.

C:\Users\Asus>cd C:\Users\Asus\Documents\NetBeansProjects\portal\dist

C:\Users\Asus\Documents\NetBeansProjects\portal\dist>java -jar portal.jar
Endereço da instalação----->193.126.11.94
Instalação----->E67000323_Lider_graf
Teste de ligação para o endereço----->193.126.11.94
Foi possível estabelecer ligação como o endereço----->193.126.11.94
Leitura do ficheiro----->logs/PR/16090300_CSU
Último registo existente na base de dados----->23:59:45
Análise comparativa entre os valores da base de dados e os dos sistemas SCADA
Primeiro registo efectuadao do sistema as 00:00:00
Endereço da instalação----->efapeditora.ddns.net:21
Instalação----->E67000296_Porto_Editora
Teste de ligação para o endereço----->efapeditora.ddns.net:
21
Não foi possível estabelecer a ligação com a instalação
Endereço da instalação----->193.126.11.942
Instalação----->E67000323_Lidergraf
Teste de ligação para o endereço----->193.126.11.942
Não foi possível estabelecer a ligação com a instalação
Endereço da instalação----->efapeditora.no-ip.org2
Instalação----->E67000296_Porto_Editora
2
Teste de ligação para o endereço----->efapeditora.no-ip.org
?
Não foi possível estabelecer a ligação com a instalação

```

Figura 69: Mensagens da aplicação *stand alone*.

Na mensagem identificada com a cor verde da Figura 69, é possível visualizar a informação de que foi possível estabelecer a ligação com a primeira instalação. Nas mensagens seguintes, onde a aplicação tenta estabelecer ligações com as outras instalações existentes na base de dados, aparecem as mensagens de que não foi possível estabelecer as respetivas ligações (mensagens identificadas com a cor vermelha na Figura 69).

### Arquivamento de dados dos sistemas SCADA locais

Uma vez testada a comunicação com a instalação (Figura 69), o sistema irá verificar a data do último registo existente na base de dados de forma a compara-lo com o valor da data do sistema. Caso não exista nenhum registo, o sistema irá arquivar o primeiro valor que é as 00:00:00 como é possível visualizar na Figura 70.

contrato	date	time	irradiance1	irradiance
E67000323_Lider_graf	2016/09/03	00:00:00	-1.6	-0.8
E67000323_Lider_graf	2016/09/02	23:59:45	0.4	-0.4
E67000323_Lider_graf	2016/09/02	23:59:30	0.4	-0.4
E67000323_Lider_graf	2016/09/02	23:59:15	-0.8	-0.4
E67000323_Lider_graf	2016/09/02	23:59:00	-0.8	-0.4

Figura 70: Arquivamento do primeiro registo do dia pela aplicação.

Apos o arquivamento inicial o sistema ira correr ciclicamente para arquivar toda a informação da instalação fotovoltaica que é atualizada de 4 em 4 minutos nos sistemas SCADA.

### Teste de recuperação de dados em caso de falha

Para tornar o sistema eficiente em caso de falhas de comunicações ou falha do sistema, a aplicação consegue sempre recuperar os dados que não foram arquivados na base de dados desde que estes existam nos sistemas SCADA e seja possível aceder a eles. Para simular este caso, foi parada a aplicação logo apos a inserção do primeiro registo (Figura 70) e seguidamente, foi inicializada de novo sendo que esta conseguiu recuperar toda a informação que não arquivou anteriormente.

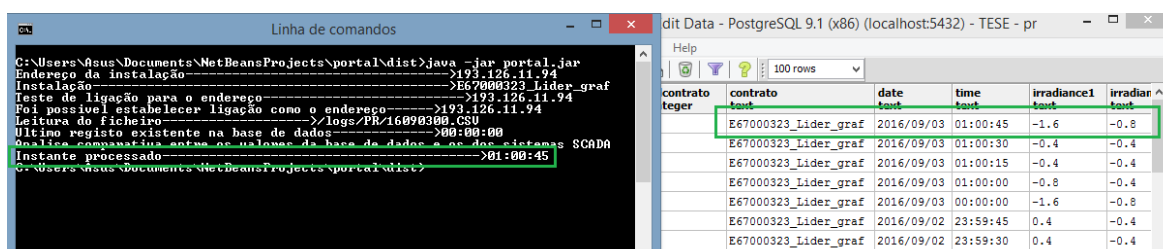


Figura 71: Aplicação a atualizar a base de dados.

Na Figura 71, é possível visualizar os dados a serem arquivados, sendo que do lado esquerdo é apresentado o último registo a ser inserido e do lado direito é apresentado o mesmo último registo.

### Calendarização de tarefas

De forma a testar a ferramenta de calendarização desenvolvida, serão apresentados a inserção de tarefas preventivas e corretivas, a inserção de avarias e as respetivas alterações possíveis.

Na Figura 72 e Figura 73, pretende-se mostrar a inserção de uma tarefa corretiva que é criada para o dia 29/09/2016 em que a mesma se pode visualizar no mês de Setembro e o tempo em que deve ser feito que foi de 2 horas (Figura 73).

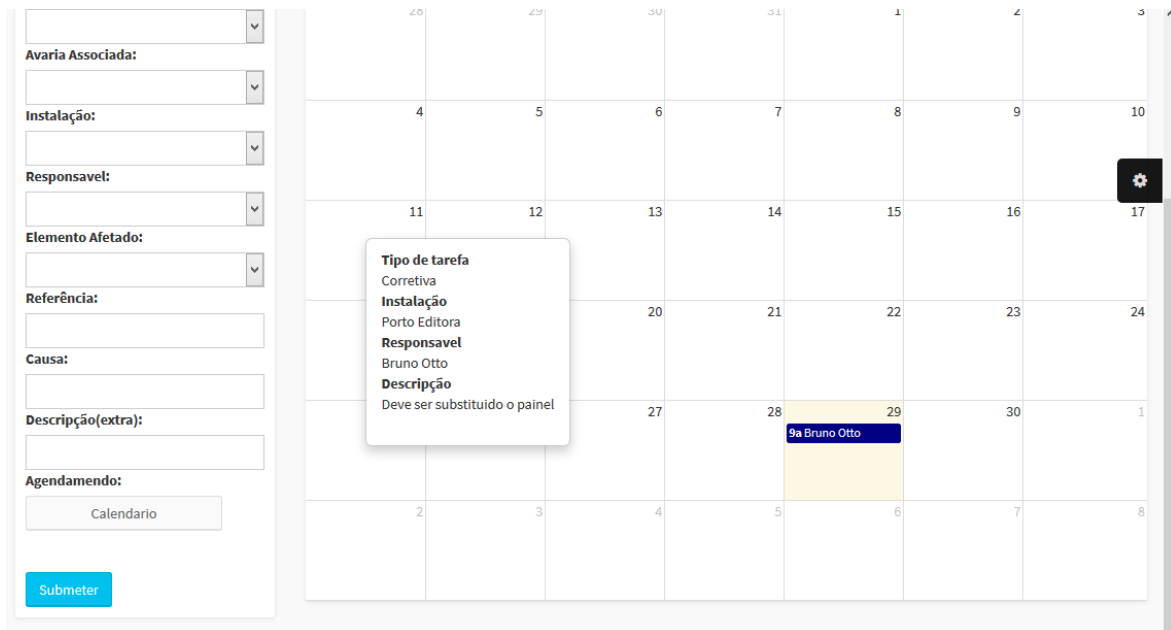


Figura 72: Criação de uma tarefa corretiva e visualização no calendário mensal

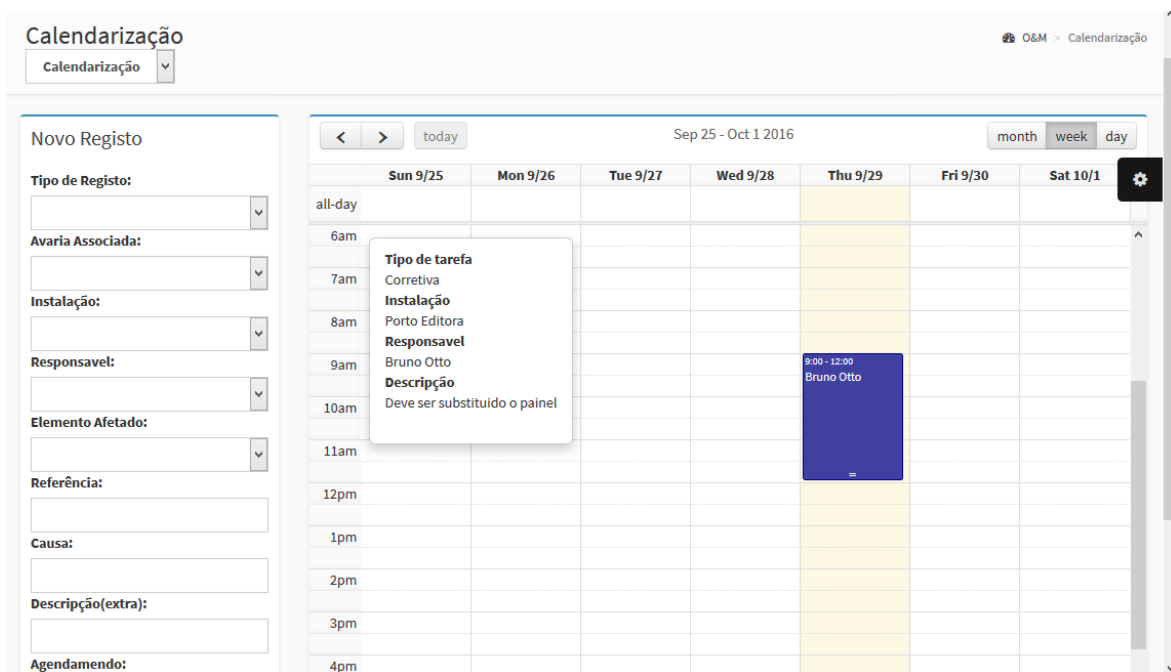


Figura 73: Criação de uma tarefa correctiva e visualização no calendário semanal.

Ao igual das tarefas corretivas, serão inseridas tarefas preventivas que são identificadas com a cor azul claro que são possíveis de visualizar no calendário mensal (Figura 74) e semanal (Figura 75).

The screenshot displays a web application interface for task management. The browser address bar shows the URL `localhost/solarportal/pages/calendar_preventiva.php`. The application header includes the logo for 'efacec' and the user ID '7033'. The main content area is titled 'Calendarização' and features a dropdown menu set to 'Preventivas'. The calendar view is for September 2016, with a task highlighted for the 30th. A modal window is open over the calendar, showing the following details for the task:

- Tipo de tarefa:** Preventiva
- Instalação:** Lidergraf
- Responsavel:** Bruno Otto
- Descrição:** XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

The calendar grid shows dates from 28th to 8th. A task is visible on the 30th, labeled 'Bruno Otto'.

Figura 74: Criação de uma tarefa preventiva e visualização no calendário mensal.

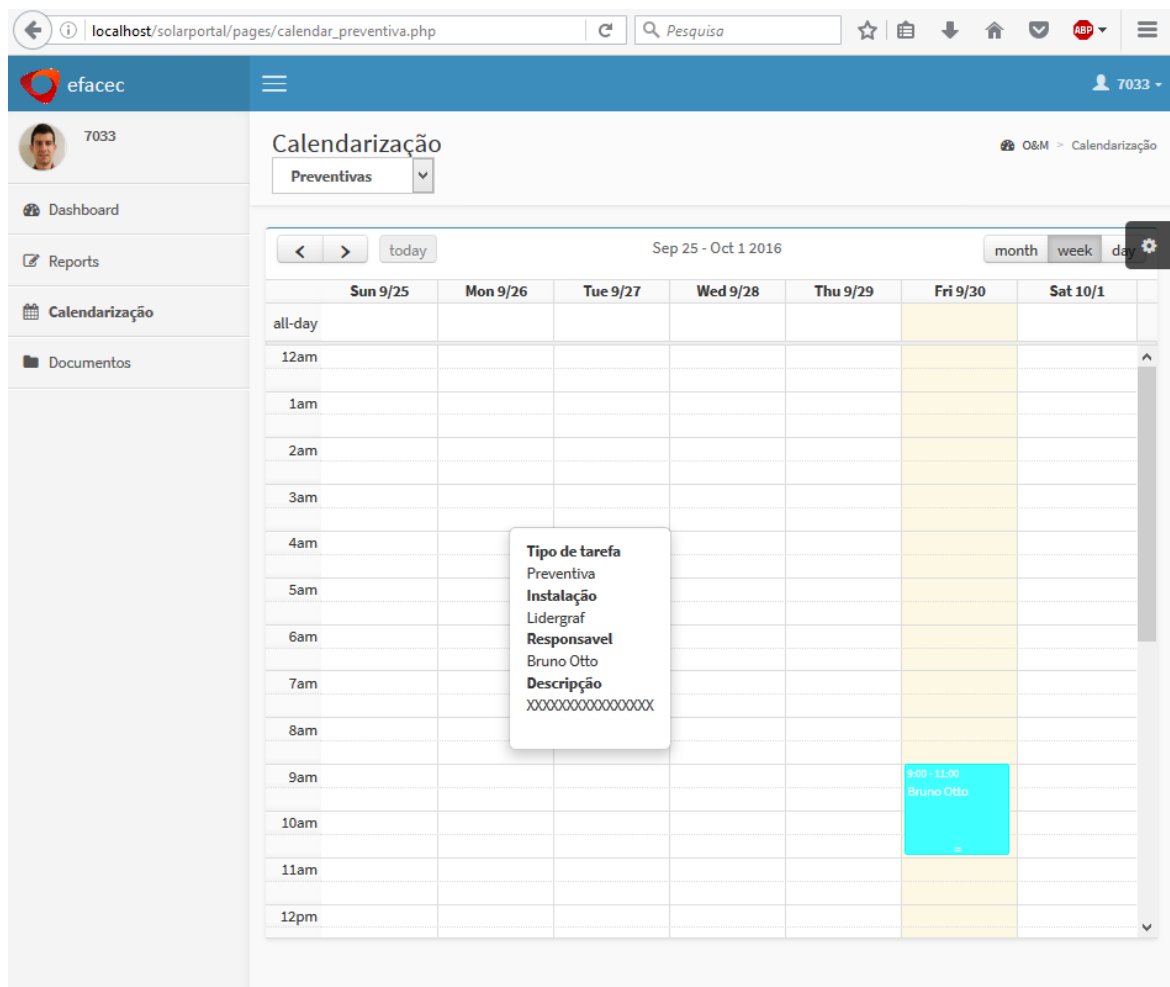


Figura 75: Criação de uma tarefa preventiva e visualização no calendário semanal.

A funcionalidade de calendarização também permite o acréscimo de avarias que posteriormente poderão ser dadas como fechadas ou apagadas do sistema.

The screenshot displays a web application interface for incident management. The main section is a calendar for September 2016. On the left side, there are three panels for managing incidents: 'Fechar Avaria', 'Apagar registo', and 'Editar Avaria'. Each panel has a dropdown menu for selecting an incident and a button to perform the action. The calendar shows two incidents: a green one on September 22 and a red one on September 26, both labeled '12p Antonio Tavares -> Lidergraf -> CCTV'. The interface includes a search bar, navigation icons, and a user profile icon.

Figura 76: visualização de uma avaria em aberto e de outra fechada.

### Criação de Relatórios

Através da plataforma para os relatórios, será criado o relatório do mês de Agosto em que serão arquivadas as irradiações produzidas neste mês de uma instalação de 250 kW nas respetivas células escolhidas e as respetivas folhas do Excel.

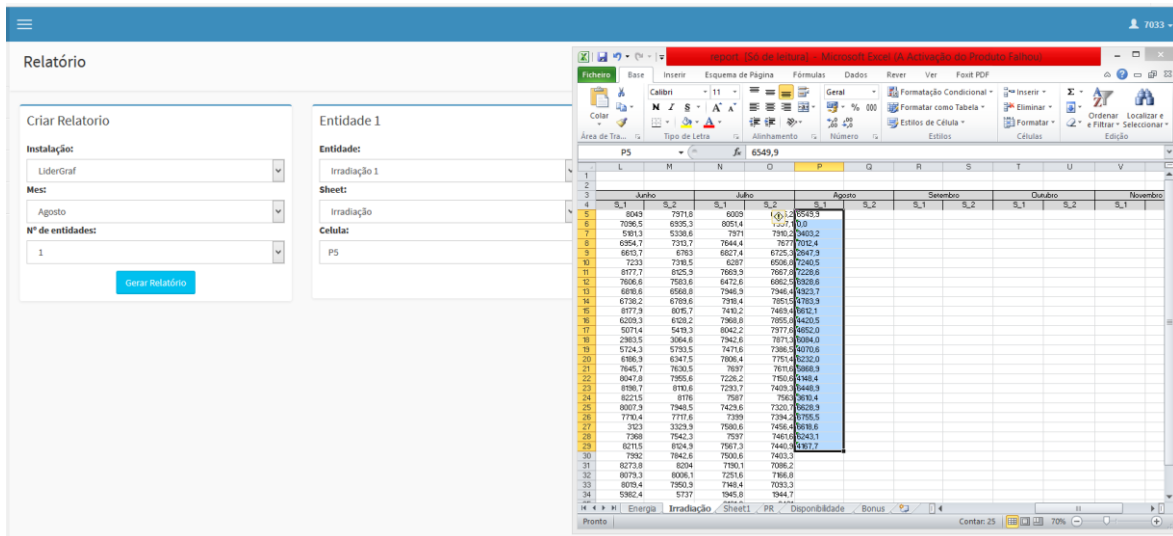


Figura 77: Criação de relatório Excel com 1 entidade.

### Teste de comunicações com o SCADA UC500

Para este teste, serão utilizados valores impostos pelo sistema SCADA UC500[41] sendo que será feita uma variação da informação de forma a visualizar se os dados que estão a ser enviados, estão a ser lidos corretamente pela aplicação desenvolvida. Para provar a veracidade da informação, os valores também serão comparados com um *software* chamado Modscan32 para comprar os valores lidos via comunicação Modbus.

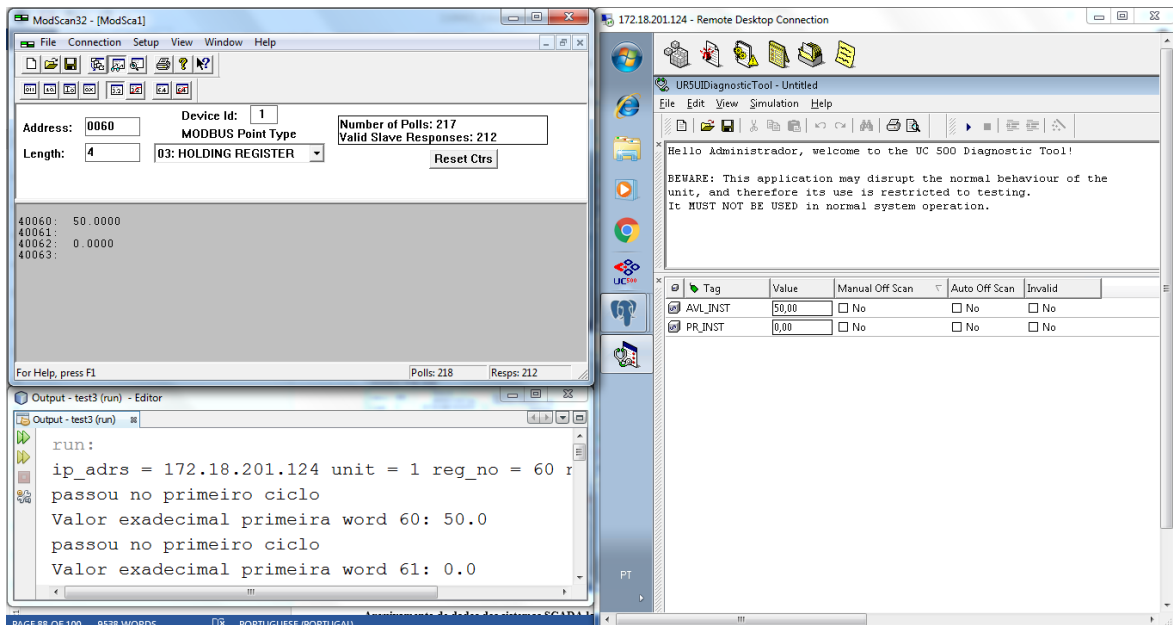


Figura 78: Simulação do valor da disponibilidade instantânea da instalação valor 50.

Na Figura 78, impôs-se o valor 50 para a variável da disponibilidade que é visualizada word 60 e que utiliza 2 words para disponibilizar os dados em *floating point*. Como é

possível visualizar nesta figura os valores visualizados nos Modscan e na aplicação em java são exatamente os mesmos.

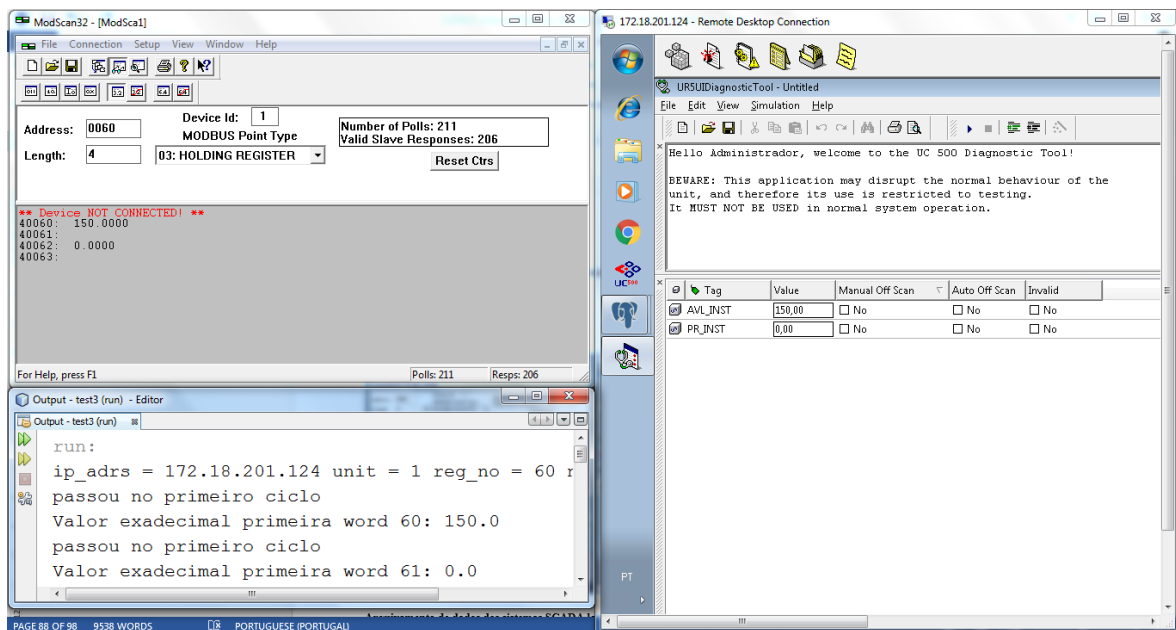


Figura 79: Simulação do valor da disponibilidade instantânea da instalação valor 150.

Para o caso da Figura 79, impôs-se o valor 150 na mesma variável e o resultado foi lido corretamente pela aplicação.

### Arquivamento dos dados do SCADA UC500

De forma a tornar os sistemas SCADA UC500[41] semelhantes aos sistemas SCADA que utilizam o RedLion, os dados lidos via Modbus serão arquivados em ficheiros CSV que poderão posteriormente ser disponibilizados através de FTP ao igual do caso dos sistemas SCADA com RedLion. Na Figura 80 e Figura 81 serão simulados os valores da *performance ratio* que serão lidos pela aplicação desenvolvida e arquivados no ficheiro CSV.



## 6. CONCLUSÃO

Os objetivos inicialmente definidos para este projeto foram o estudo do mercado de portais de monitorização de centrais fotovoltaicas, a aquisição dos dados existentes nos sistemas SCADA que utilizam o *datalogger* RedLion e o desenvolvimento de um portal para monitorização das centrais adquiridas. Ao longo do desenvolvimento do projeto, foram surgindo novos objetivos, como a aquisição de dados de outros sistemas SCADA e melhorias contínuas no portal desenvolvido.

Todos os objetivos inicialmente definidos foram cumpridos com sucesso. Os restantes objetivos foram inicializados mas não concluídos.

Relativamente aos objetivos iniciais, foi possível realizar uma análise abrangente dos mercados existentes para a monitorização de sistemas fotovoltaicos.

Foi possível estabelecer a ligação com mais do que uma instalação assim como arquivar corretamente a informação na base de dados permitindo deste modo concentrar toda a informação das várias instalações num único servidor.

Em relação ao portal, foi conseguida uma base bastante sólida de um portal eficiente que permite realizar uma análise diferenciada que anteriormente não era possível por parte do departamento de O&M.

Atualmente, o sistema encontra-se em fase de testes, já que não estão ainda incorporadas todas as instalações possíveis devido a vários motivos, como permissões por parte dos clientes para disponibilizar recursos das redes internas das empresas, fraco sinal de internet das instalações que impossibilita aceder aos dados, problemas com equipamentos dos sistemas de monitorização como *routers* avariados e cartões de armazenamento com problemas e por último, a necessidade de mais desenvolvimentos para aquisição de diferentes sistemas SCADA.

Em relação ao desenvolvimento para aquisição de outros sistemas SCADA, este foi inicializado mas não concluído. Contudo, grande parte do desenvolvimento foi conseguido, já que foi possível estabelecer ligações via FTP com outros *datalogger* assim como comunicar via protocolo MOSBUS e arquivar a informação dos sistemas SCADA da Efacec nomeadamente a UC500 [41] para posteriormente disponibilizar os dados via FTP para o sistema.

Em relação aos objetivos futuros, será finalizado o desenvolvimento para aquisição da informação de diferentes sistemas SCADA e serão desenvolvidas novas funcionalidades do portal que possam surgir.

## *Referências Documentais*

- [1] GRUPO EFACEC – Apresentação da Empresa, <http://www.efacec.pt>
- [2] Gtmresearch, Cedric Brehaut - Global PV Monitoring 2016-2020, <https://www.greentechmedia.com/research/report/global-pv-monitoring-2016-2020>
- [3] SMA – CLUSTER CONTROLLER, <http://www.sma.de/en/products/monitoring-control/sma-cluster-controller.html>
- [4] SMA – SUNNY HOME MANAGER, <http://www.sma.de/en/products/monitoring-control/sunny-home-manager.html#Overview-200907>
- [5] SMA – SUNNY HOME MANAGER, Data sheet
- [6] SMA – SUNNY PORTAL, Instalações de demonstração, <https://www.sunnyportal.com/Plants>
- [7] METEO CONTROL – Informação da empresa, <https://www.meteocontrol.com/en/about-us/our-experience/>.
- [8] METEO CONTROL – safer'SUN Public, <https://www.meteocontrol.com/en/home-line/portal/safersun-public/>
- [9] METEO CONTROL – VCOM (Virtual Control Room), <https://www.meteocontrol.com/en/industrial-line/portals/vcom/>
- [10] METEO CONTROL – safersun-professional, <https://www.meteocontrol.com/en/industrial-line/portals/safersun-professional/>
- [11] Skytron energy – History, <http://www.skytron-energy.com/en/skytron/history/>
- [12] Skytron energy – Monitoring power plant control remote supervision O&M service, [http://www.skytron-energy.com/fileadmin/content/Produkt-PDFs/SKYTRON\\_ENERGY\\_System-Solution\\_Products\\_Services\\_EN.pdf](http://www.skytron-energy.com/fileadmin/content/Produkt-PDFs/SKYTRON_ENERGY_System-Solution_Products_Services_EN.pdf)
- [13] Skytron energy – PV Guard SUPERVISION PLATFORM, <http://www.skytron-energy.com/en/system/supervision-software/pv-scada-software-pvguard/>
- [14] Skytron energy – PV Guard WebPortal, <http://www.skytron-energy.com/en/system/supervision-software/pv-scada-software-webportal/>

- [15] Green Power Monitor – The Company, <http://www.greenpowermonitor.com/la-empresa/>
- [16] Green Power Monitor – GPM PV SCADA, <http://www.greenpowermonitor.com/gpm-pv-scada/>
- [17] Green Power Monitor – GPM PV Portal, <http://www.greenpowermonitor.com/gpm-pv-portal/>
- [18] HUAWEI – Corporate Information, <http://www.huawei.com/en/about-huawei>
- [19] HUAWEI - FusionSolar Smart PV Management System Brochure 01-EN
- [20] HUAWEI – Smart PV Management System – Specifications, <http://www.huawei.com/en/all-products/Solar/Product/FusionSolar-Management-System/Cloud-center>
- [21] Pedro Remoaldo - Transferencia de ficheros- FTP - <http://paginas.fe.up.pt/~mgi97018/ftp.html>
- [22] PHP – Manual do PHP – [https://secure.php.net/manual/pt\\_BR/intro-what-is.php](https://secure.php.net/manual/pt_BR/intro-what-is.php)
- [23] JAVA - <http://www.programacaoprogessiva.net/2012/08/comece-programar-linguagem-de.html>
- [24] Virginia DeBolt - Mastering Integrated HTML and CSS
- [25] <http://www.w3schools.com/bootstrap/>
- [26] <http://www.zalox.com/pt/blogue/95-framework-boot-strap>
- [27] What is javascript - <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Guide/Introduction>
- [28] Mário Leite - Acessando Bancos de Dados com Ferramentas RAD: Aplicações em Delphi - Conexão com postgres.
- [29] Paula Viana – Interligação e Gestão de Redes – Apontamentos de Apoio às Aulas Teóricas - Internet Protocol.
- [30] Google Charts - <https://developers.google.com/chart/interactive/docs/>
- [31] PostgreSQL – About – <https://www.postgresql.org/about/>
- [32] RedLion – Data Station Plus - <http://www.redlion.net/products/industrial-automation/process-control/data-acquisition>
- [33] SQL Injection - <http://php.net/manual/en/security.database.sql-injection.php>

- [34] MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b3 – [www.modbus.org](http://www.modbus.org)
- [35] MODBUS MESSAGING ON TCP/IP IMPLEMENTATION GUIDE - [www.Modbus-IDA.org](http://www.Modbus-IDA.org)
- [36] jVectorMap – [www.jvectormap.com](http://www.jvectormap.com)
- [37] DataTables – [www.datatables.net](http://www.datatables.net)
- [38] Date Range Picker - [www.daterangepicker.com](http://www.daterangepicker.com)
- [39] PHPExcel – [www.phpexcel.codeplex.com](http://www.phpexcel.codeplex.com)
- [40] Full Calendar – [www.fullcalendar.io/](http://www.fullcalendar.io/)
- [41] UC500 - [http://newsletter-ase.efacec.pt/Docum/Docs/UC500\\_EN.pdf](http://newsletter-ase.efacec.pt/Docum/Docs/UC500_EN.pdf)
- [42] Sistema SCADA - <http://plcscada.com/automacao/o-que-e-um-sistema-scada/>
- [43] Stream replication PostgreSQL - <https://www.postgresql.org/docs/9.5/static/warm-standby.html#STREAMING-REPLICATION>



## Anexo A. Procedimento de replicação no PostgreSQL

O seguinte anexo serve para explicar o procedimento que é necessário para ativar a replicação do PostgreSQL em duas maquina do Windows.

Inicialmente deve ser instalada a mesma versão do postgres em ambas as máquinas de forma a não ocorrer qualquer problema de incompatibilidade. Para este caso foi utilizada a versão de PostgreSQL 9.1.4.

Durante a instalação deverão ser definidas as credenciais de administração para aceder as bases de dados.

Para configurar o servidor Master, que no nosso caso é o servidor 1, será necessário aceder ao ficheiro `pg_hba.conf` e acrescentar a linha “host replication Postgres IP\_address\_servidor2/mascara md5”.

Seguidamente, deve ser aberto o icheiro `postgres.conf` no servidor Master e substituis os seguintes campos da seguinte forma:

```
Listen_addresses = 'localhost, IP_adress_servidor2'
```

```
Wal_level = 'hot_standby'
```

```
Archive_mode = on
```

```
Archive_command = 'cd .'
```

```
Max_wal_senders = 1
```

```
Hot_standby = on
```

Após a finalização das configurações deve-se gravar as mesmas, fechar os ficheiros e fazer um restar do serviço PostgreSQL.

Para o caso das configurações necessarias para o servidor Slave que no nosso caso é o servidor 2, será necessário parar o serviço PostgreSQL, abrir o ficheiro `pg_hba.conf`, da

diretoria “data” das diretorias instaladas pelo PostgreSQL, e acrescentar ao código a informação do servidor 1 através do seguinte código:

```
Host replication Postgres IP_adres_Servidor1/mascara md5
```

Apos a alteração do ficheiro pg\_hba.conf deverá ser alterado o ficheiro postgresql.conf com a seguinte sequência de código:

```
Listen_addresses = 'localhost, IP_adress_servidor1'
```

```
Wal_level = 'hot_standby'
```

```
Archive_mode = on
```

```
Archive_command = 'cd .'
```

```
Max_wal_senders = 1
```

```
Hot_standby = on
```

Apos a finalização da configuração dos ficheiros em ambos os servidores deverá ser feita uma sincronização entre as pastas “data” de ambos os servidores que neste caso foi feito através da substituição integral da pasta data do servidor 1 para o servidor 2.

Por último, deverá ser criado o ficheiro recovery.conf no servidor 2 com a seguinte informação e posteriormente reiniciar o serviço:

```
standby_mode= 'on'
```

```
primary_conninfo = 'host= server1_IP_address posrt=5432 user=postgres password=*****'
```

```
trigger_file = '/tmp/postgresql.trigger.5432'
```