

Ferramenta Inteligente de Recolha de Dados

Jacinto Coelho Rodrigues

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática, Área de Especialização em
Arquiteturas de Sistemas e Redes**

Orientador: Professor Doutor António Manuel Cardoso Costa

Coorientador: Tiago Filipe Ferreira dos Santos

Júri:

Presidente:

Professor Doutor Nuno Alexandre Pinto da Silva

Vogais:

Professor Doutor António Manuel Cardoso da Costa

Professor Doutor Paulo Alexandre Gandra de Sousa

Porto, Setembro de 2015

Dedicatória

;

*"A semicolon represents a sentence the author could have ended, but chose not to.
The sentence is your life and the author is you."*

Project Semicolon

Resumo

À medida que são feitas modificações nas legislações em vigor em relação às energias renováveis, de forma a incentivar o uso destas, surge a necessidade de sincronização do consumo da instalação com a sua própria produção. As empresas líderes de mercado já possuem soluções que permitem a recolha de dados das instalações fotovoltaicas para posterior monitorização e disponibilização ao cliente. Contudo, estas soluções possuem pontos negativos tais como o preço e limitações na potência instalada permitida.

Neste contexto, este documento apresenta a descrição de uma solução que serve como uma alternativa muito mais barata às soluções apresentadas pelas principais marcas mundiais no âmbito desta área, além de ser a única solução disponível desenvolvida em território nacional. Como prova da funcionalidade da solução, são descritos e apresentados diferentes tipos de testes, que simulam a interação de um utilizador com a solução desenvolvida, levados a cabo em instalações solares fotovoltaicas reais, sendo os seus resultados analisados e evidenciando a facilidade de utilização desta solução.

Palavras-chave: Comunicação de dados, Segurança de dados, Armazenamento de dados, Processamento de dados

Abstract

As changes are made to renewable energy legislations in order to encourage their usage, there is a need for synchronization of the installation consumption with its own production. Market leading companies on this field already have solutions enabling the collection of photovoltaic installations data for monitoring purposes and making it available to their customers. However, those solutions have several downsides like their price and installed power limitations.

This document describes a solution that is a much cheaper alternative to the solutions presented by the world's leading brands in this area. Furthermore, this is the only available solution developed within the country.

Aiming to demonstrate the solution's functionality, different types of tests simulating the user interaction with the developed solution were carried out in real solar photovoltaic plants and its results analysed, thus showing the ease of use of this solution.

Keywords: Data communication, Data security, Data storage, Data processing

Agradecimentos

Em primeiro lugar tenho de agradecer à minha família, assim como à minha namorada Alice, pelo incentivo no esforço de acabar o Mestrado enquanto simultaneamente já trabalhava.

À Dra. Vânia, por toda a ajuda que me prestou no decorrer do último ano, na obtenção de estabilidade mental e controlo de ansiedade do qual sofri, pois sem ela a conclusão deste projeto ter-se-ia prolongado por mais tempo.

Não preciso de agradecer à Smartwatt pela integração, pois esta já há muito estava feita, desta forma quero agradecer aos meus amigos na Smartwatt, no apoio para a concretização do Mestrado em Engenharia Informática.

Mais detalhadamente o meu obrigado ao Fábio Rodrigues e ao Cristiano Valente na ajuda de resolução de dúvidas mais técnicas.

O meu obrigado ao Fábio Rodrigues e à Maria Monteiro pela opinião dada na estrutura deste relatório, assim como na revisão da escrita.

Ao Professor Doutor António Costa, por todo o apoio prestado, em conselhos, na disponibilidade para reunirmos na Smartwatt, no fornecimento de material de estudo e na revisão detalhada do relatório.

Por fim, ao meu coorientador na empresa e amigo Tiago Santos, pelo idealizar do tema e ajuda no pensamento da lógica da estruturação do funcionamento da box desenvolvida e principalmente na motivação.

A todos o meu obrigado.

Jacinto Rodrigues

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Apresentação projeto/estágio	2
1.3	Apresentação da organização	2
1.4	Objetivos deste projeto	3
1.5	Contributos deste trabalho	4
1.6	Estrutura do relatório	4
2	Contexto	7
2.1	Descrição do problema	7
2.1.1	Propósito	7
2.1.2	Ponto de vista pessoal do problema	9
2.1.3	Pressupostos	12
2.1.4	Implicações	16
2.1.5	Informação necessária para provar a hipótese	18
2.1.6	Reflexão crítica	19
2.1.7	Conceito básico do problema	22
2.1.8	Pergunta chave do problema	22
2.2	Estado da arte	23
2.2.1	Produção solar-fotovoltaica	23
2.2.2	Análise da Concorrência	26
2.2.3	Segurança Informática	41
2.3	Descrição da solução	49
2.3.1	Visão Geral da solução	50
2.3.2	<i>Hardware</i> da solução	51
2.3.3	Comunicação com inversores e medidor de autoconsumo	52
2.3.4	Tratamento dos dados	54
2.3.5	Envio de dados para o servidor	54
2.3.6	Arquitetura do portal da box	55
3	Ambiente de trabalho	57
3.1	Metodologias de trabalho	57
3.2	Planeamento de trabalho	59
3.3	Tecnologias utilizadas	59
3.3.1	PHP	60
3.3.2	Bash Shell script	60
3.3.3	JSON	60
3.3.4	HTML5	61
3.3.5	CSS3	61
3.3.6	Javascript	61
3.3.7	AngularJS	62

3.3.8	SVN.....	63
3.3.9	PHPDocumentator.....	63
4	Descrição técnica	65
4.1	Análise e modelação	65
4.2	Preparação dos Componentes de Hardware e Software do Sistema	67
4.2.1	Instalação do sistema operativo	67
4.2.2	Instalação de módulos.....	69
4.2.3	Estrutura de pastas da box	72
4.3	Comunicação e Tratamento de Dados Provenientes da Instalação	73
4.3.1	Comunicação com inversores Danfoss	74
4.3.2	Comunicação com inversores SMA.....	75
4.3.3	Comunicação com medidor de consumo	77
4.3.4	Receção e tratamento de dados.....	77
4.3.5	Deteção de inversores	80
4.4	Envio de dados para o servidor central.....	81
4.4.1	Módulo <i>im alive</i>	82
4.4.2	Módulo de configurações.....	83
4.4.3	Módulo de envio de dados	84
4.4.4	Módulo VPN.....	85
4.5	Portal <i>web</i> para configuração.....	86
4.5.1	Front-end	87
4.5.2	Back-end	87
4.5.3	Configuração Inicial.....	88
4.5.4	Reconfiguração de uma Instalação	92
5	Testes e experiências em instalações	93
5.1	Testes em Instalações Reais	93
5.1.1	Testes comuns a instalações	94
5.1.2	Testes em instalação Danfoss	96
5.1.3	Testes em instalação SMA	97
5.1.4	Teste com medidor de consumo	98
5.2	Desempenho e escalabilidade do sistema.....	99
6	Conclusão	103
6.1	Objetivos realizados	103
6.2	Outros trabalhos realizados	104
6.3	Limitações e trabalhos futuros.....	104
6.4	Apreciação final	104
6.4.1	Planeamento do trabalho.....	104
6.4.2	Solução.....	105
	Referências	107
	Anexo A.....	113

Casos de uso do Portal Web Desenvolvido	113
Anexo B	117
Lista de módulos originais da imagem da box	117
Anexo C	119
Exemplos de ficheiros obtidos pelos diferentes dispositivos externos à box	119
Ficheiro Danfoss	119
Ficheiro SMA	120
Ficheiro do medidor de consumo	120
Anexo D	123
Exemplos de ficheiros enviados pela box para o servidor central	123
Ficheiro <i>im alive</i>	123
Ficheiro configurações	124
Ficheiro de envio de dados de inversores	125
Ficheiro de envio de dados do medidor de consumo	126

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa de radiação na Europa [Portal Das Energias Renováveis, 2015].....	13
Figura 2 - Potência instalada na União Europeia [ESTIF, 2015]	14
Figura 3 - Célula, módulo e <i>array</i> [Cláudio Monteiro, 2014a]	23
Figura 4 - Exemplo de sistemas isolados [Cláudio Monteiro, 2014b]	24
Figura 5 - Exemplo de funcionamento de um sistema isolado [Cláudio Monteiro, 2014b]	25
Figura 6 - Exemplo de sistemas ligados à rede [Cláudio Monteiro, 2014b].....	25
Figura 7 - Exemplo de funcionamento de um sistema ligado à rede [Cláudio Monteiro, 2014b]	26
Figura 8 - Global PV Inverter Supplier Rankings (2008 & 2003) [IHS Technology, 2014]	26
Figura 9 - Exemplo de comunicação do Solar-Log [Solare Datensysteme GmbH, 2015b].....	27
Figura 10 - Marcas de inversores suportados pelo Solar-Log [Solare Datensysteme GmbH, 2015b]	28
Figura 11 - Solar-Log 250 [Solare Datensysteme GmbH, 2015c]	28
Figura 12 - Solar-Log 300 [Solare Datensysteme GmbH, 2015d].....	29
Figura 13 - Solar-Log 1200 [Solare Datensysteme GmbH, 2015f].....	30
Figura 14 - Solar-Log 2000 [Solare Datensysteme GmbH, 2015h].....	31
Figura 15 - Sunny beam [SMA Solar Technology AG, 2015c].....	32
Figura 16 - Exemplo de funcionamento do Sunny beam [SMA Solar Technology AG, 2015d]..	33
Figura 17 - Sunny Webbox [SMA Solar Technology AG, 2015e]	33
Figura 18 - Exemplo de funcionamento do Sunny Webbox com Bluetooth. a- painel Solar; b- inversor SMA; c- Sunny Webbox com Bluetooth; [SMA Solar Technology AG, 2015e].....	34
Figura 19 - Lista de inversores compatíveis com a gama WEB'log [MeteoControl, 2015c]	35
Figura 20 - Gama de produtos WebLog. a- WEB'log LIGHT+ 20; b- WEB'log BASIC 100;c- WEB'log PRO unlimited [MeteoControl, 2015b].....	36
Figura 21 - Exemplo de comunicação da gama WEB'log com os diversos equipamentos [Steca, 2015]	37
Figura 22 - WEB'log residencial [MeteoControl, 2015d]	37
Figura 23 - WEB'log comfort [MeteoControl, 2015e]	38
Figura 24 - Ciclo ameaças, vulnerabilidades, risco e exposição [Shon Harris, 2012a]	42
Figura 25 - Objetivos da segurança informática [Shon Harris, 2012a]	43
Figura 26 - Exemplo de encriptação simétrica [Shon Harris, 2012b].....	45
Figura 27 - Exemplo de encriptação assimétrica [António Costa, 2104b]	46
Figura 28 - Visão geral da solução; (a) – painel solar; (b) – medidor de consumo; (c) – contador elétrico; (d) – <i>router</i> ; (e) – <i>box</i> ; (f) – inversor; (g) – rede elétrica.....	51
Figura 29 - Alix 2d13 [PC Engines, 2014]	52
Figura 30 - Comunicação inversor Danfoss com a <i>box</i>	53
Figura 31 - Comunicação inversor SMA com a <i>box</i>	53
Figura 32 - Comunicação do medidor de consumo com a <i>box</i>	54
Figura 33 - Comunicação da <i>box</i> com o servidor da Smartwatt	54
Figura 34 - Arquitetura do portal da <i>box</i>	55

Figura 35 - Metodologia de desenvolvimento <i>Extreme Programming</i>	58
Figura 36 - Diagrama de Gantt do planeamento da solução	59
Figura 37 - Representação de um objeto JSON [json.org]	61
Figura 38 - Interação dos vários componentes do modelo MVC [Algoworks, 2014].....	62
Figura 39 - Secção correspondente à descrição de um método gerado com o PHPDOC.....	64
Figura 40 - Arquitetura geral da solução.....	66
Figura 41 - Redimensionamento utilizando o gparted	68
Figura 42 - Certificado openssl	70
Figura 43 - Sistemas de pastas da solução.....	73
Figura 44 - Exemplo de lista de IPs ligados ao <i>router</i>	74
Figura 45 - Portal Danfoss	75
Figura 46 - Fluxograma do <i>script</i> de comunicação com inversores SMA.....	76
Figura 47 - Fluxograma do <i>script</i> de comunicação com o medidor de dados	77
Figura 48 - Fluxograma do <i>script</i> de receção dos dados dos inversores	78
Figura 49 - Fluxograma do <i>script</i> de receção dos dados do medidor de consumo	80
Figura 50 - Fluxograma do <i>script</i> de deteção dos inversores	81
Figura 51 - Fluxograma do módulo <i>im alive</i>	83
Figura 52 - Fluxograma do módulo de configurações.....	84
Figura 53 - Fluxograma do módulo de envio de dados.....	85
Figura 54 - Fluxograma do módulo VPN	86
Figura 55 - Página de autenticação da box	89
Figura 56 - Página inicial da box.....	89
Figura 57 - Configuração do detetar inversores	90
Figura 58 - Lista de inversores detetados e da sua configuração	91
Figura 59 - Lista de variáveis disponíveis para o tipo de inversor seleccionado	91
Figura 60 - Página inicial com o estado a ativo	92
Figura 61 - Teste em instalação real	93

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Probabilidade de extinção antes de 2100 [Future of Humanity Institute]	14
Tabela 2 - Comparação entre produtos Solar-Log [Solare Datensysteme GmbH, 2015].....	31
Tabela 3 - Comparação entre produtos da gama Sunny.....	34
Tabela 4 - Comparação entre produtos da gama WEB'log	38
Tabela 5 - Classificação de sistemas criptográficos [J. Magalhães Cruz, 2014]	47
Tabela 6 - Funcionalidades da aplicação web do portal da box	87
Tabela 7 - Funcionalidades dos <i>web services</i> implementados para dar suporte ao portal da box	88
Tabela 8 - Testes comuns às instalações, independentes do tipo de inversor	94
Tabela 9 - Testes em instalação Danfoss	96
Tabela 10 - Testes em instalação SMA.....	97
Tabela 11 - Testes medidor de consumo	99
Tabela 12 - Dados relativos à quantidade de ficheiros processados no período experimental	100
Tabela 13 - Tamanho dos ficheiros processados pela box no período experimental.....	101
Tabela 14 - Tempo de execução de módulos da box no período experimental.....	101
Tabela 15 - Tempo de execução de módulos da box no período experimental.....	102
Tabela 16 - Descrição do caso de uso 1: efetuar <i>login</i>	113
Tabela 17 - Descrição do caso de uso 2: configurar o detetar inversores	114
Tabela 18 - Descrição do caso de uso 3: configurar os dados da instalação	114
Tabela 19 - Descrição do caso de uso 4: configurar os dados dos inversores	115
Tabela 20 - Descrição do caso de uso 5: configurar os dados das variáveis	115
Tabela 21 - Descrição do caso de uso 6: ativar a box	116
Tabela 22 - Descrição do caso de uso 7: desativar a box.....	116
Tabela 23 - Descrição do caso de uso 8: reiniciar a box.....	116

Lista de Códigos

Código 1 - Exemplo de comentários do PHPDOC.....	63
Código 2 - Conversão de ficheiro .img para .vdi	67
Código 3 Expansão do ficheiro .vdi	68
Código 4 - Conversão de ficheiro .vdi para .img	68
Código 5 - Criação de certificado personalizado (auto-assinado).....	70
Código 6 - Alteração, que possibilita reacaminhamento para https.....	70
Código 7 - Instalação módulo LED para alix.....	71
Código 8 - Módulos de LED iniciados ao arranque do sistema	71
Código 9 - Criação da variável de ambiente e exemplo de compilação	72
Código 10 - Estrutura de casos do <i>web service</i>	87
Código 11 - Exemplo de ficheiro enviado pelo inversor Danfoss.....	119
Código 12 - Exemplo do ficheiro enviado pelo inversor SMA.....	120
Código 13 - Exemplo de ficheiro enviado pelo medidor de consumo	120
Código 14 - Exemplo do ficheiro <i>im alive</i> enviado para o servidor central	123
Código 15 - Exemplo do ficheiro com dados de inversores enviado para o servidor central..	124
Código 16 - Exemplo do ficheiro com dados dos inversores enviado para o servidor central	125
Código 17 - Exemplo do ficheiro dados do medidor de consumo e enviado para o servidor central	126

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

AAA	<i>Authentication, Authorization, Accountability</i>
AC	<i>Alternating current</i>
AES	<i>Advanced Encryption Standard</i>
AJAX	<i>Asynchronous JavaScript and XML</i>
API	<i>Application programming interface</i>
CF	<i>Compact Flash</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i>
DAS	<i>Digital Signature Algorithm</i>
DC	<i>Direct current</i>
DDoS	<i>Distributed Denial of Service</i>
DDR	<i>Double Data Rate</i>
DES	<i>Data Encryption Standard</i>
DGEG	<i>Direção-Geral de Energia e Geologia</i>
DoS	<i>Denial of Service</i>
DRAM	<i>Dynamic random-access memory</i>
ECC	<i>Elliptic Curve Cryptography</i>
ERSE	<i>Entidade reguladora dos Serviços Elétricos</i>
ESTIF	<i>European Solar Thermal Industry Federation</i>
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GUID	<i>Globally Unique Identifier</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTPS	<i>HyperText Transfer Protocol Secure</i>
IDEA	<i>International Data Encryption Algorithm</i>
INESC	<i>Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPSEC	<i>Internet Protocol Security</i>
JS	<i>Javascript</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>

LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
LED	<i>Light-Emitting Diode</i>
LPC	<i>Low pin Count</i>
MD5	<i>Message Digest 5</i>
MPP	<i>Maximum Power Point</i>
MVC	<i>Model View Controller</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PGP	<i>Pretty Good Policy</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
PHPDOC	<i>PHPDocumentator</i>
PKI	<i>Public Key Infrastructure</i>
PRE	<i>Produção em regime especial</i>
RSA	<i>Rivest-Shamir-Adleman</i>
SFS	<i>Stability Flexibility Speed</i>
SFTP	<i>Secure File Transfer Protocol</i>
SHA	<i>Secure Hash Algorithm</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SSH	<i>Secure Shell</i>
SSL	<i>Secure Socket Layer</i>
SVN	<i>Apache subversion</i>
TLS	<i>Transport Layer Security</i>
UI	<i>User Interface</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VPN	<i>Virtual Protocol Network</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>
XP	<i>eXtreme Programming</i>
YASDI	<i>Yet Another SMA Data Implementation</i>

1 Introdução

No primeiro capítulo do relatório faz-se uma descrição do projeto e o seu enquadramento. É apresentada a empresa na qual o projeto foi desenvolvido e os objetivos deste, assim como os contributos que traz para esta e para os seus clientes. Por fim é descrita a estrutura do relatório e apresentam-se breves resumos de cada capítulo.

1.1 Enquadramento

A 20 de outubro de 2014 entrou em vigor a nova lei do autoconsumo [Diário da República, 2014] que pretende tornar o regime de autoconsumo mais vantajoso e atrativo para os clientes. Prevê-se que esta lei vá alterar o comportamento do mercado e dos clientes no que toca ao consumo de energia. Assim, é expectável um aumento da procura de instalações solares fotovoltaicas para abastecimento próprio e venda à rede.

A Smartwatt, empresa líder de mercado e especialista no campo da eficiência energética, tenta detetar e preparar atempadamente sistemas de forma a acompanhar tendências de mercado que se possam traduzir em novas oportunidades de negócio. De modo a destacar-se no mercado, surge a necessidade de criar um produto que atue como coletor de dados de produção, a fim de ser possível processar e apresentar os dados aos clientes. A Smartwatt visa fornecer um serviço capaz de monitorizar com precisão as instalações dos seus clientes, banalizando a consulta de dados e apresentando indicadores relevantes. Tal serviço leva a que a Smartwatt não fique dependente da compra de serviços externos para posterior fornecimento ao cliente, tendo assim de garantir a integridade, confidencialidade, autenticidade e disponibilidade dos dados.

1.2 Apresentação projeto/estágio

Antes da adoção da nova lei do autoconsumo [Diário da República, 2014], a principal preocupação dos promotores destas instalações era garantir que a sua instalação estava a produzir com a maior eficiência possível. Com o autoconsumo, surge uma nova necessidade relacionada com a sincronização do consumo da instalação com a sua produção. Neste tipo de instalações é normal a utilização de equipamentos que controlam a produção, denominados de inversores, os quais apresentam formas de comunicação distintas de acordo com a marca. Assim sendo, existe uma necessidade de desenvolver módulos de comunicação capazes de recolher e processar esta informação, independentemente do tipo de inversor, de forma a possibilitar a sua integração numa única plataforma. A plataforma torna possível a criação e configuração, por parte dos clientes, de ferramentas de análise e indicadores de produção.

A criação deste sistema acarreta diversos desafios, uma vez que é necessário garantir a segurança da informação recolhida. É ainda necessário desenvolver mecanismos que permitam a disponibilização de toda a informação, assegurando que esta é correta e corresponde aos dados recolhidos pelos inversores.

O principal objetivo desta dissertação é desenvolver um mecanismo de recolha de dados independente do tipo de comunicação dos inversores, criando um canal seguro para transmissão dos dados para o servidor central e organizando a informação de forma estruturada, de modo a que esta possa ser utilizada por outras ferramentas de análise e gestão de operação.

1.3 Apresentação da organização

A Smartwatt-Energy Services, S.A, com sede na Rua da Constituição, no Porto, foi criada em 2008 como sendo um spin-off do INESC Porto, caracterizando-se por uma forte componente de inovação no desenvolvimento de sistemas de inteligência aplicados a sistemas de energia.

A atividade da empresa está orientada para a prestação de serviços energéticos a empresas e entidades públicas e privadas. A empresa começou com a participação da Caixa Capital (Grupo Caixa Geral de Depósitos), que em 2010 vendeu a sua participação ao grupo Bongás, tendo este em 2012 adquirido a maioria do capital, detendo hoje 83% do capital social da empresa. O grupo Bongás tem mais de 60 anos de existência e dedica-se desde a sua origem às áreas da energia. Uma das referências deste grupo foi a criação e posterior venda da Vulcano, hoje detida pelo grupo Bosch.

A Smartwatt é hoje uma empresa tecnológica, destacando-se pelas soluções inovadoras de software e hardware no âmbito da gestão e otimização de sistemas de energia. Para além desta componente de inovação, a Smartwatt fornece serviços energéticos, soluções de eficiência energética e consultoria estratégica a produtores, utilizadores e consumidores finais de energia.

A empresa está estruturada em três áreas distintas que são apresentadas em baixo.

A Smartwatt Intelligence, desenvolve e implementa sistemas de previsão meteorológica e previsão de energia, fornecendo informação dos próximos 7 dias para apoio na tomada de decisão e otimização de processos dos clientes. Desenvolve e integra sistemas de monitorização, controlo e previsão inteligentes adequados às necessidades dos clientes. Fornece serviços de consultoria na área de otimização de processos, tendo como objetivo encontrar formas de exploração eficiente de um determinado processo [Smartwatt, 2014].

A Smartwatt Efficiency, executa projetos integrados de eficiência energética e consultoria na indústria, grandes edifícios e transportes. A finalidade é a redução de consumos e consequente redução de custos com a energia. Desenvolve projetos financeiros em eficiência energética exclusivamente suportados nas poupanças geradas. Estes serviços são apoiados também em sistemas de gestão e monitorização de energia, desenvolvidos e detidos pela Smartwatt [Smartwatt, 2014].

A Smartwatt Renewables, realiza todo o processo de instalação de sistemas fotovoltaicos desde o projeto inicial, até à instalação e posterior manutenção. Na área da manutenção disponibiliza sistemas de monitorização e controlo, com o objetivo de rentabilizar o investimento. Fornece serviços de consultoria que garantem a maior rentabilidade possível da instalação, obtendo uma remuneração baseada no desempenho obtido [Smartwatt, 2014].

1.4 Objetivos deste projeto

Este projeto apresenta como principal objetivo uniformizar a recolha, tratamento e apresentação de dados provenientes de inversores existentes em instalações de produção de energia fotovoltaica, de modo a que a marca do inversor deixe de ser um problema para os promotores deste tipo de parques.

Este objetivo divide-se essencialmente em 4 subobjetivos:

- Instalar e configurar o *hardware* do sistema;
- Efetuar a comunicação de dados;
- Efetuar a receção e tratamento de dados;
- Enviar os dados para um servidor central.

1.5 Contributos deste trabalho

Esta dissertação visa sugerir a arquitetura, descrever a implementação e apresentar/analisar os resultados obtidos de um mecanismo capaz de recolher e processar os dados de produção de uma central fotovoltaica e enviá-los para o servidor central da Smartwatt de forma rápida, segura e fiável, disponibilizando aos clientes a informação relevante de modo simplificado e facilmente entendível pelos clientes. Estes poderão analisar um sistema de monitorização que estará interligado com o mecanismo de recolha de dados e visualizar os dados de produção das suas instalações, ao invés de ter de se deslocar fisicamente a cada inversor e analisar localmente os dados. Em instalações que sejam abrangidas pela lei do autoconsumo (Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de Outubro) [Diário da República, 2014], também é possível a recolha dos dados de consumo da instalação, de forma ao cliente analisar se obteve lucro.

Desta forma, a assistência técnica na resolução de potenciais problemas é muito mais rápida e eficaz, já que sem este tipo de monitorização do sistema de produção de energia os problemas podem passar despercebidos, o que se traduz em perda de rendimento por parte do cliente. O sistema também permite resolver remotamente problemas comuns, o que evita a deslocação física dos técnicos da Smartwatt à instalação sempre que ocorre um problema, o que se traduz numa diminuição direta dos custos.

1.6 Estrutura do relatório

Na presente secção apresentam-se listados todos os capítulos que vão estar presentes ao longo desta dissertação.

O capítulo 1 contém a Introdução desta dissertação e tem como principal objetivo apresentar o contexto e o enquadramento do projeto, assim como o projeto em si. Também possui um pouco da história e da estruturação da empresa na qual o desenvolvimento do trabalho foi

desenrolado. Por fim são apresentados os objetivos e contributos deste trabalho e uma breve explicação da estrutura da dissertação.

No capítulo 2 é apresentado o Contexto, o qual se divide em 4 grandes subcapítulos: o problema, as áreas de negócio, o estado da arte e a visão da solução. A secção 2.1 apresenta o problema, o qual procura expor todas as razões que levaram ao desenvolvimento deste trabalho, com base no mercado atual, visando explicar o problema que este projeto procura resolver. A secção 2.2 apresenta o estudo feito relativamente ao estado da arte relacionado com o projeto. São apresentados produtos concorrentes ao sistema a desenvolver, assim como a sua comparação, de forma a elaborar prós e contras de cada um. São ainda referidos conceitos importantes que se englobam na temática da Segurança em Sistemas Informáticos, cuja compreensão é essencial para garantir níveis adequados de segurança no sistema proposto. Por fim, a secção 2.3, apresenta a visão da solução, na qual se mostra de que forma este projeto procura solucionar os problemas existentes neste tipo de sistemas, bem como o contributo do projeto para o avanço do estado da arte.

O capítulo 3, Ambiente de trabalho, descreve as metodologias de trabalho na realização deste projeto, o planeamento, assim como uma descrição/apresentação de todas as tecnologias utilizadas.

O capítulo 4, Descrição técnica, é o capítulo mais técnico da dissertação, no qual se elabora uma análise e modelação do projeto, bem como uma descrição mais detalhada da solução proposta apresentada, assim como todos os testes utilizados para validar o projeto, respetivos resultados e análise crítica desses resultados.

O capítulo 5 descreve os testes e experiências em instalações de forma a comprovar que a solução desenvolvida funciona. Neste são apresentados testes em instalações reais, mas também testes ao desempenho e escalabilidade da solução desenvolvida.

Finalmente, o capítulo 6 apresenta as conclusões, nas quais se engloba um resumo do projeto, assim como uma descrição dos objetivos que foram alcançados e outros trabalhos realizados para que fosse possível atingir os objetivos inicialmente delineados. Neste capítulo também são apresentadas as limitações do projeto desenvolvido e trabalho futuro a ser realizado, de forma a melhorar a solução descrita. Por último é incluída uma apreciação final.

2 Contexto

O presente capítulo tem como propósito fundamental apresentar a contextualização do tema deste relatório. Assim na secção 2.1 é apresentada uma descrição detalhada do problema. A secção 2.2 contém um estudo sobre o estado da arte, no qual são apresentados alguns conceitos relativos à produção de energia solar fotovoltaica, assim como uma análise da concorrência ao produto final desenvolvido e por fim são apresentados conceitos informáticos importantes na construção e desenvolvimento do produto final. A secção 2.3 apresenta uma explicação da descrição da arquitetura da solução proposta.

2.1 Descrição do problema

Para uma melhor compreensão do problema atualmente existente, do qual surgiu a necessidade da realização deste projeto, esta secção explica-o de forma detalhada. De forma ao leitor conseguir compreender todos os aspetos do problema, a explicação teve por base essencialmente os conceitos descritos no livro *Engineering Reasoning* [Dr. Richard Paul, Dr. Robert Niewoehner & Dr. Linda Elder, 2007].

2.1.1 Propósito

2.1.1.1 Propósito do *design*

O propósito fundamental deste projeto é desenvolver um mecanismo de recolha de dados independente do tipo de comunicação dos inversores, assim como recolher os dados de consumo da instalação, criando um canal seguro para transmissão dos dados para um servidor

central e organizando a informação de forma estruturada, para que possa ser utilizada por outras ferramentas de análise e gestão de operação.

2.1.1.2 Oportunidades de mercado

Atualmente e com a legislação em vigor [Diário da República, 2014] são esperados aumentos no número de instalações para autoconsumo. Até ao momento, a principal preocupação dos promotores destas instalações passava por garantir que a instalação estava a produzir com a maior eficiência possível. Com a nova legislação para o autoconsumo [Diário da República, 2014] surge uma necessidade de sincronizar o consumo com a produção de energia elétrica das instalações de modo a obter lucro. Neste tipo de instalações é normal a utilização de equipamentos de controlo e recolha de dados da produção de energia, denominados de inversores. Existem contudo formas de comunicação distintas que dependem do tipo de inversor.

2.1.1.3 Potenciais clientes

Este projeto terá como potenciais clientes todas as empresas ligadas ao ramo da produção/monitorização de energia solar fotovoltaica. Espera-se que o produto resultante possa ser utilizado por empresas ou pessoas que possuam instalações fotovoltaicas e que necessitem de uma monitorização mais pormenorizada da produção da sua instalação. Poderá ainda ser usado por empresas de instalação de painéis fotovoltaicos, que contratem o serviço de monitorização, nomeadamente a Smartwatt.

2.1.1.4 Satisfação dos requisitos do cliente

Através da utilização deste produto os clientes poderão analisar um sistema de monitorização que estará interligado com o mecanismo de recolha de dados. Assim o cliente poderá visualizar os seus dados de produção, ao invés de ter de se deslocar fisicamente a cada inversor e analisar localmente os dados.

Desta forma a assistência técnica na resolução de potenciais problemas é muito mais rápida e eficaz, já que sem este tipo de monitorização do sistema de produção de energia, os problemas podem passar despercebidos, o que se traduz em perda de rendimento por parte do cliente.

Em instalações que sejam abrangidas pela lei do autoconsumo [Diário da República, 2014], também é possível a recolha dos dados de consumo da instalação, de forma ao cliente analisar se obteve lucro.

2.1.1.5 Definição de valor para o cliente

A possibilidade de monitorizar a produção dos seus parques solares, assim como o consumo destes e a deteção atempada de qualquer problema com os seus inversores, será o grande valor deste projeto para os seus clientes.

2.1.1.6 Necessidade de novas tecnologias

Para a concretização deste projeto não é necessário a criação/utilização de uma nova tecnologia. Em vez disso, é preferível a utilização de tecnologias bem desenvolvidas e com muitos anos de utilização no mercado global.

2.1.1.7 Adaptação de projetos existentes

A adaptação de uma solução já existente no mercado é possível, mas neste caso concreto pretende-se que todo o controlo da solução passe pela Smartwatt. Se fosse adotada uma solução já existente, não seria o caso, pois o controlo passaria pela empresa criadora da solução.

Outro aspeto relevante para a decisão em não adaptar soluções já existentes tem a ver com o facto do nível de dificuldade ser muito maior ao adaptar do que a criação da estrutura segundo os padrões que a Smartwatt aplica.

2.1.1.8 Importância do *time-to-market*

O *time-to-market* deste projeto é de elevada importância devido ao facto da lei do autoconsumo [Diário da República, 2014] ter sido aprovada e ter entrado em vigor no início do ano de 2015. Sendo a Smartwatt uma organização que fornece soluções para sistemas de energia, este projeto é de máximo interesse, de forma a antecipar as necessidades do mercado.

2.1.2 Ponto de vista pessoal do problema

A estrutura desenvolvida, para além de mecanismo de recolha de dados, deverá ser capaz de suportar três módulos fundamentais, os quais se apresentam na lista seguinte:

- Capacidade de informar/comunicar com os servidores da Smartwatt, para que seja possível efetuar assistência técnica à estrutura sem a necessidade de deslocação ao local onde o sistema se encontra instalado;

- Possibilitar ao utilizador configurar a estrutura do sistema com as configurações que forem mais adequadas para si e para a sua instalação;
- Capacidade de enviar para os servidores da Smartwatt de forma segura todos os dados recolhidos pelos inversores, seguindo as configurações definidas pelo utilizador, assim como os dados de consumo da instalação.

2.1.2.1 Ponto de vista pessoal das partes interessadas

As partes interessadas no desenvolvimento deste projeto são:

- A Smartwatt;
- Os clientes da Smartwatt;
- Empresas ligadas à produção/monitorização de energia solar que tenham interesse em subcontratar este serviço à Smartwatt.

A Smartwatt é um *stockholder*, pois torna-se um fornecedor de serviço, o que pode auxiliar no aumento das vendas de outros serviços já existentes, nomeadamente a venda e instalação de painéis solares. Também pode utilizar fornecedores como intermediários, como por exemplo revendedores de serviço noutros países, para aumentar a sua base de clientes.

Os clientes da Smartwatt podem usufruir de uma monitorização mais pormenorizada da produção e consumo da sua instalação.

As empresas ligadas à produção/monitorização de energia solar, com a aquisição deste serviço à Smartwatt, ganham uma mais-valia em relação aos seus concorrentes, o que pode ajudar na expansão das suas vendas. Facilitam também a assistência técnica fornecida aos seus clientes.

2.1.2.2 Ponto de vista pessoal dos vendedores/fornecedores

Os vendedores/fornecedores têm interesse no desenvolvimento deste projeto uma vez que é necessária a aquisição do *hardware* utilizado para efetuar a recolha de dados, o que lhe garante uma rentabilidade constante.

2.1.2.3 Ponto de vista pessoal da manutenção

O *software* a desenvolver irá servir como auxiliar na deteção de problemas que possam surgir nos inversores da instalação, permitindo desta forma uma deteção mais rápida e eficaz de eventuais erros e anomalias por parte dos técnicos o que, conseqüentemente, leva a maior rapidez na sua resolução.

2.1.2.4 Ponto de vista pessoal dos reguladores

O Mercado das energias renováveis é regulado pela ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos), a qual é responsável pela regulamentação e fiscalização, assegurando o interesse dos consumidores e o equilíbrio económico das empresas do sector [ERSE, 2009a].

A produção de energia solar enquadra-se no regime PRE (Produção em regime especial).

Considera-se produção em regime especial a produção de eletricidade baseada em energias renováveis, resíduos, processos de cooperação e microprodução [ERSE, 2009b].

A definição da política energética em Portugal é da Responsabilidade da DGEG (Direção Geral da Energia e Geologia), porém nas produções em regime PRE as responsabilidades estão partilhadas entre a DGEG e a ERSE, nomeadamente o reflexo do sobrecusto resultante da PRE nas tarifas de energia [ERSE, 2009b].

2.1.2.5 Ponto de vista pessoal político e ambiental

A União Europeia desenvolveu a iniciativa H2020, que tem como principais objetivos [Comissão Europeia, 2015]:

- Conseguir até 2020 uma redução de 20% das emissões de gases com efeitos de estufa;
- Aumentar em 20% a cota das energias renováveis no consumo energético;
- Melhorar a eficiência energética em 20%.

Em relação a Portugal, no que diz respeito à energia solar, terá de existir um aumento de potência de 150 MW instalados, segundo dados de 2010, para 1500 MW até 2020. Isto implica um aumento de dez vezes da potência instalada em dez anos [João Bernardo - DGEG, 2010]. Por esse motivo, existe um incentivo ao uso da energia solar, existindo naturalmente uma maior procura.

Em 2015 foi aprovada a lei do autoconsumo [Diário da República, 2014], sendo que as instalações passam a poder utilizar para consumo próprio a energia produzida enquanto continuam a poder injetar na rede a energia excedente, ou seja, a quantidade de energia produzida que tenha ultrapassado a quantidade de energia gasta. Para o cliente é mais vantajoso utilizar o regime do autoconsumo, uma vez que o retorno do investimento é obtido através da poupança na obtenção de energia ao seu comercializador e assim também evita o pagamento do IVA sobre essa energia. Atualmente, esta forma de consumir energia é economicamente atrativa, apesar dos elevados custos iniciais para a instalação de painéis solares. O retorno do investimento situa-se entre os 3 e os 6 anos, dependendo da tarifa contratada [SolarWaters, 2006].

Antes da lei do autoconsumo [Diário da República, 2014] ser aprovada, o valor da tarifa de renumeração da venda da energia à rede era encontrado através de um leilão invertido, ficando o fornecedor de energia a perder.

2.1.3 Pressupostos

2.1.3.1 Pressupostos ambientais e condições de operação

Portugal ainda está muito dependente de fontes de energias não renováveis e cada vez mais existe uma consciencialização que não se pode viver sem qualidade ambiental. Surge assim uma necessidade de diversificar as fontes de energias, nomeadamente para as energias renováveis [Catarina Ramos & José Eduardo Ventura].

De entre as principais fontes de energias renováveis destaca-se a energia solar, por ser inesgotável, assim como devido ao facto de o clima em Portugal ser propício à recolha deste tipo de energia, pois Portugal é dos países da Europa com uma maior taxa de radiação solar [Catarina Ramos & José Eduardo Ventura].

2.1.3.2 Análise de risco e pressuposto de ambiente

Uma fonte de energia é renovável quando esta não possui fim temporal na sua utilização. Estas caracterizam-se pela sua capacidade de regeneração, assim como respeitarem o meio ambiente [Portal-Energia, 2015].

É o caso da energia hidráulica, solar, eólica, biomassa, geotérmica, ondas e energia do hidrogénio.

As energias renováveis possuem inúmeras vantagens, algumas das quais se descrevem na lista seguinte [Portal-Energia, 2015]:

- Inesgotáveis à escala humana, comparadas com os combustíveis fósseis;
- Impacto ambiental é menor que o provocado pelas fontes de energia com origem nos combustíveis fósseis;
- Não produzem gases como o dióxido de carbono que criam o “efeito estufa”;
- Oferecem menos riscos que a energia nuclear;
- Permitem a criação de novos postos de emprego, devido ao investimento em zonas desfavorecidas;
- Permitem reduzir as emissões de CO₂;
- Reduzem a dependência energética da sociedade face aos combustíveis fósseis;

- Conferem autonomia energética a um país, uma vez que a sua utilização não depende da importação de combustíveis fósseis;
- Permitem investigação de novas tecnologias que contribuem para uma melhor eficiência energética.

2.1.3.3 Pressupostos ambientais e de segurança

O clima em Portugal tende a ser ameno durante todo o ano, com Verões longos e quentes, Primaveras e Outonos amenos e Invernos relativamente suaves [Portugal-live, 2015], como podemos observar na Figura 1 que mostra a emissão de radiação solar na Europa.

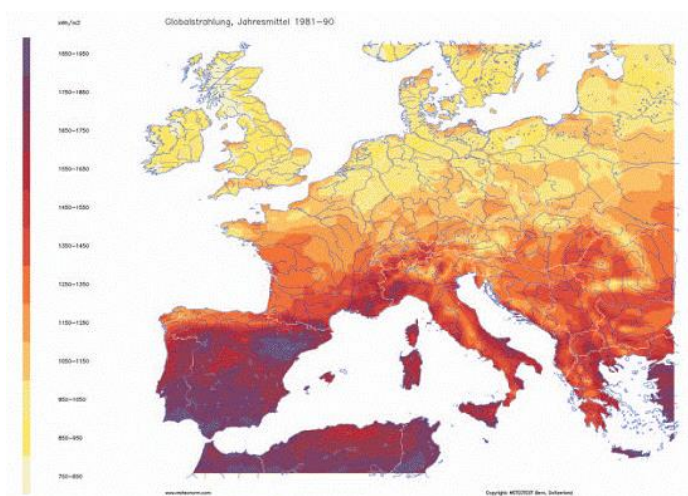


Figura 1 - Mapa de radiação na Europa [Portal Das Energias Renováveis, 2015]

Assim sendo, Portugal está geograficamente favorecido a receber uma maior radiação de energia solar em relação aos restantes países da Europa. Portugal também possui um número médio anual de horas de sol que varia entre as 2200 e as 3000 horas.

Na Alemanha, por exemplo, este número varia entre 1200 e 1700 horas [Portal Das Energias Renováveis, 2015]. Apesar destas condições muito favoráveis para Portugal em relação ao resto da Europa, estas vantagens têm sido mal aproveitadas, pois países com menos condições têm muito mais potência instalada. Na Figura 2 é possível analisar a divisão de potência instalada na União Europeia.

Shares of the European Solar Thermal Market (Newly Installed Capacity)

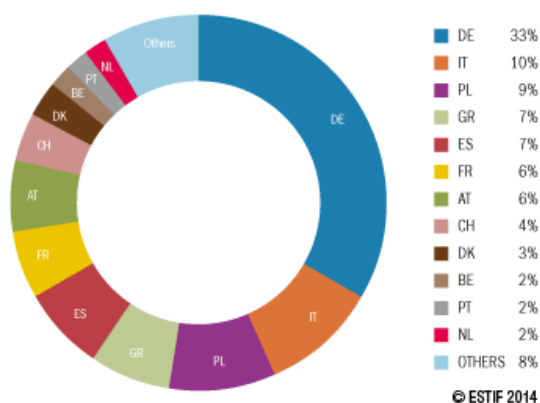


Figura 2 - Potência instalada na União Europeia [ESTIF, 2015]

Em suma, todas estas assunções ambientais em Portugal fazem com que este projeto seja viável, assim como uma vantagem para o uso e produção de energia solar em Portugal.

2.1.3.4 Nível de aceitação dos pressupostos

Todas as assunções feitas para a elaboração deste projeto são aceitáveis e verdadeiras, e nenhuma delas traz desvantagens.

2.1.3.5 Nível de maturidade das tecnologias emergentes

Existe um elevado nível de maturidade, pois o projeto é constituído por tecnologias bem desenvolvidas e com muitos anos de utilização no mercado global.

2.1.3.6 Consequência de alteração ou remoção de pressupostos

A assunção que Portugal tem boas condições climáticas não pode ser descartada, pois estas condições não se alteram num futuro próximo. A energia solar pode-se afirmar como uma energia inesgotável e através da Tabela 1, disponibilizada pelo *Future of Humanity Institute*, podemos ver alguns dos principais eventos que poderão levar ao extermínio da população humana e a sua probabilidade.

Tabela 1 - Probabilidade de extinção antes de 2100 [Future of Humanity Institute]

Risco	Probabilidade de extinção antes de 2100
Armas de nano tecnologia molecular	5%
Inteligência artificial avançada	5%
Guerras	4%
Pandemia planeada	2%
Guerra nuclear	1%

Risco	Probabilidade de extinção antes de 2100
Acidente com nanotecnologias	0.5%
Pandemia nuclear	0.05%
Terrorismo nuclear	0.03%

Se descartarmos a assunção de que este projeto não é viável, pois não é necessário/útil para os clientes, surgem problemas como na deteção de falhas que possam surgir nos inversores da instalação do cliente, o que leva a uma perda de dinheiro significativa, por estes não terem detetado o problema atempadamente.

2.1.3.7 Pressupostos assumidos para uma solução ótima

O sistema criado deverá ser desenvolvido segundo os parâmetros de desenvolvimento de sistemas críticos. Estes parâmetros assumem que os processos de negócio sejam confiáveis, assim como a sua programação e operação, e que o sistema deverá funcionar mesmo com algumas falhas. Para tal deverá ser construído com uma arquitetura que inclua tolerância a falhas [António Costa, 2014a].

Desta forma os critérios que caracterizam a melhor solução são o facto de o sistema ser fiável, com pouco ou nenhum *downtime* e necessitar de pouca manutenção para fornecer resultados corretos.

2.1.3.8 Pressupostos na disponibilidade dos materiais

Assume-se a existência de diversas instalações com inversores, onde os sistemas a serem desenvolvidos possam ser testados durante o período de testes.

Assume-se também que a aquisição do *hardware* que constitui o mecanismo de recolha de dados também esteja disponível para aquisição.

2.1.3.9 Pressupostos das competências técnicas

Poderá haver uma formação dos técnicos que instalam os inversores e os painéis solares para que sejam capazes de instalar o mecanismo de recolha de dados, assim como o configurar para a própria instalação. Este possui um portal *web* em que o técnico pode aceder e facilmente configurar a instalação atual.

Também poderá haver formação com os próprios clientes, explicando como funcionará o sistema de monitorização e como este interage com os inversores da sua instalação.

2.1.4 Implicações

2.1.4.1 Fontes de informação

A realização deste projeto irá ter como suporte diversos tipos de material.

Os manuais de instrução/informação permitem obter a informação no que toca à obtenção dos dados do inversor, ou seja, qual o protocolo de comunicação que utilizam.

A legislação em vigor [Diário da República, 2014] irá fundamentar a procura do recurso no uso da energia solar em Portugal, assim como descrever a legalidade da produção fotovoltaica em Portugal.

A Smartwatt possui elevada experiência neste ramo do mercado, exemplo disso é que em 2014 a Smartwatt obteve 20,5% da quota de mercado dos sistemas solares fotovoltaicos, ligados à rede em Portugal.

2.1.4.2 Informação em falta

Existe informação que é preciso analisar tal como:

- O protocolo de comunicação de cada tipo de inversor;
- Comunicação segura;
- Mecanismo de suporte a tolerância a falhas.

2.1.4.3 Obtenção da informação em falta

É de conhecimento público o protocolo de comunicação de cada inversor, desta forma pode-se obter esta informação através do estudo da documentação disponibilizada por cada um dos fabricantes de cada tipo de inversor.

Em relação à comunicação segura, existem artigos científicos que relatam as melhores práticas para construir e estruturar uma comunicação segura.

É necessário estudar e analisar a estruturação de sistemas críticos, para que a solução visada seja capaz de suportar tolerância a falhas.

2.1.4.4 Simulação

Numa fase inicial, a recolha de dados por parte do mecanismo poderá ser simulada através da simulação dos protocolos de comunicação dos inversores (por exemplo: comunicação FTP), com cópias de dados reais.

2.1.4.5 Testes de componentes

O teste dos componentes do sistema vai ser dividido em vários módulos, nomeadamente:

- Teste de funcionamento do *software* e sistema operativo;
- Teste dos LED;
- Teste às portas de rede;
- Teste aos *scripts* que obtêm e guardam dados;
- Teste à consistência do armazenamento de dados;
- Teste à comunicação do mecanismo com o servidor central;
- Teste à tolerância de falhas.

2.1.4.6 Experiências a realizar

É importante dividir as experiências a fazer, pois o teste do mecanismo coletor de dados num ambiente real implica deslocações às instalações. Assim, numa primeira fase o produto final deve ser testado de forma local para detetar e corrigir eventuais erros na lógica de funcionamento. Isto é, deve ser preparada uma box na qual é simulada uma ligação a uma instalação real de forma a verificar se esta funciona corretamente. Numa segunda fase, a box deve ser testada em instalações reais. Devem-se fazer testes em diferentes instalações, bem como em instalações que possuam tipos de inversores distintos, de modo a averiguar se a compatibilidade da box com diferentes tipos de inversores é a desejada.

2.1.4.7 Estudos, soluções anteriores e problemas

É necessário efetuar um estudo de soluções anteriores de modo a identificar problemas, de forma a implementar metodologias de transmissão de dados de forma segura, bem como definir uma arquitetura que permita reduzir a quantidade de dados transmitidos entre o mecanismo de recolha de dados e o servidor central. Outros pontos fulcrais que carecem de atenção e estudo adicional são a salvaguarda dos dados em caso de falhas de comunicação, as falhas de corrente, as trocas de inversores, entre outros. A box deve ser tratada como um sistema crítico e, como tal, é necessário efetuar um estudo deste tipo de sistemas e aplicar os conceitos derivados desse estudo ao desenvolvimento do produto.

2.1.4.8 Disponibilidade da informação

A informação disponibilizada é suficiente, contudo os manuais de alguns tipos de inversores não estão tão detalhados como se desejaria, e a recolha de dados dos inversores é uma área que algumas marcas de inversores disponibilizam através da compra de um equipamento extra, por isso não sendo muito explorada.

2.1.4.9 Necessidade de informação

Uma vez que os dados utilizados para testar o sistema são recolhidos em tempo real, não é necessário qualquer dado prévio, salvo a configuração do sistema de acordo com a instalação específica, para testar o equipamento desenvolvido.

2.1.4.10 Melhor forma para recolher a informação

A melhor forma de recolher os dados varia com a etapa de testes/experiências referidas na secção 2.1.4.6. Para a primeira fase de testes, o ideal é utilizar uma cópia dos dados provenientes de uma instalação real, de forma a obter resultados de teste fidedignos. Já na segunda fase de testes, a recolha dos dados será feita pela box em tempo real, após a sua instalação num ambiente real.

2.1.4.11 Conceito previamente confirmado

O conceito real foi provado, tal como referido no subcapítulo 2.2.2 pertencente à secção do estado da arte.

2.1.5 Informação necessária para provar a hipótese

2.1.5.1 Conceitos e teorias aplicáveis ao problema

O desenvolvimento de um sistema crítico é aplicável na resolução deste problema, na medida que o sistema desenvolvido possua uma programação confiável e consequentemente processos confiáveis, o que contribuirá fortemente para que o sistema seja capaz de tolerar alguns tipos de falhas [António Costa, 2014a].

A comunicação segura é fundamental neste projeto, pois é necessário garantir pelo menos a autenticidade, integridade e confidencialidade dos dados obtidos.

A transmissão de dados inteligentes é importante, pois é necessário transmitir o mínimo de informação possível, assim como apenas a informação que for relevante.

2.1.5.2 Existência de concorrência

Existem alguns modelos no mercado que competirão com o produto final a ser desenvolvido, sendo estes apresentados no capítulo 2.2.2.

2.1.5.3 Tecnologias e teorias apropriáveis

Existem diversas teorias/tecnologias implementadas no mercado que são apropriadas para o desenvolvimento deste projeto.

Linguagens de programação bem consolidadas no mercado e com provas dadas vão ser utilizadas para o desenvolvimento da programação deste projeto.

Protocolos de comunicação disponibilizados pelos inversores são um ponto fulcral no desenvolvimento no mecanismo de recolha de dados, pois sem eles, a comunicação torna-se muito mais difícil ou até mesmo impossível.

O desenvolvimento de sistemas críticos, a comunicação segura e a transmissão de dados são conceitos necessários para uma melhor arquitetura/organização, assim como um melhor funcionamento do produto desenvolvido, contribuindo para que este se torne um sistema seguro e fiável.

2.1.6 Reflexão crítica

2.1.6.1 Conjunto de soluções viáveis

Uma vez que existem vários tipos de inversores, e que cada tipo de inversor tem uma forma distinta de recolher os dados de produção, todas as soluções candidatas têm de passar necessariamente por efetuar uma recolha de dados utilizando *hardware* adicional, neste caso a box, para recolher os dados de qualquer tipo de inversor.

2.1.6.2 Rejeição de outras soluções

Nem todas as soluções possíveis são apropriadas devido a diversas restrições. A lista seguinte apresenta algumas das soluções rejeitadas, bem como a razão para a sua rejeição/não aplicabilidade como solução viável:

- Recolha de dados a partir do portal de cada tipo de inversor, o que nem sempre pode ser aplicado, uma vez que nem todos os tipos de inversores disponibilizam um portal de consulta nativo;
- Uniformização da forma de comunicação de vários tipos de inversores (esta solução depende dos próprios fabricantes dos inversores, pelo que muito dificilmente será adotada).

2.1.6.3 Solução praticável e acessível

A solução é praticável e acessível, uma vez que o *hardware* da box e o router 3G (router 3G nem sempre é necessário, pois algumas instalações possuem internet, sendo o preço neste caso de 20€) tem um preço que ronda os 100€ cada. Se a instalação possuir autoconsumo, pode ser instalado um medidor de consumo, o qual possui um preço superior ao preço da

box. As restantes despesas estão associadas à manutenção de servidores e bases de dados utilizados para recolher e manter a informação transmitida das diversas instalações de produção de energia.

2.1.6.4 Implicações da informação recolhida

Os dados recolhidos são provenientes de diversos tipos de inversores e devem ser uniformizados de modo a poderem ser processados e guardados num servidor central. Esta uniformização garante que um sistema de monitorização possa utilizar estes dados para os disponibilizar aos clientes.

2.1.6.5 Implicações das tecnologias não atingirem um nível de maturidade aceitável

Uma vez que o sistema utiliza tecnologias de hardware e software bastante maduras e desenvolvidas, não existem incertezas em relação à maturidade das tecnologias a utilizar no sistema.

2.1.6.6 Importância da sustentabilidade no mercado

O sistema desenvolvido tem de ser suficientemente robusto para não necessitar de substituição ou manutenção a curto e médio prazo, uma vez que as manutenções a efetuar correspondem à maior fonte de despesa na solução apresentada. Assim, o sistema deve estar preparado para lidar de forma inteligente com este tipo de situações, nomeadamente situações de falha de eletricidade, erros nos inversores, falta de espaço em disco, etc. Espera-se que a manutenção do equipamento só venha a ser necessária em caso de falha do *hardware* em si.

2.1.6.7 Possíveis melhorias

Uma vez que o sistema é modular poderá vir a sofrer melhorias futuras, tanto em termos de *software* como em termos de *hardware*. Uma das limitações prende-se com a necessidade de existirem portas *ethernet* no *hardware*, de modo a sustentar uma ligação à internet. Uma possível melhoria futura consiste na aquisição de uma box com *router* incorporado e com maior espaço em disco. Contudo esta melhoria acarreta um acréscimo nos custos de instalação do sistema proposto.

Outra limitação é o facto de os inversores do tipo SMA, por exemplo, comunicarem através da ligação do cabo RS485, sendo necessário possuir esta porta ou outro tipo de adaptador capaz de lidar com este *standard*.

2.1.6.8 Considerações do ciclo de vida

Todo o *hardware* existente possui um ciclo de vida. É necessário ter em conta que o *hardware* utilizado pode deixar de ser produzido ou alterar a sua arquitetura, pelo que é necessário que o *software* e a arquitetura da solução tenham em conta este facto. Contudo não se prevê uma alteração pelo menos nos próximos 10 anos, uma vez que muito dificilmente existirá uma alteração na forma de funcionamento dos inversores e das instalações de produção fotovoltaica em si isto deve-se ao facto de este tipo de instalação ter um tempo de retorno no investimento algo elevado, o que faz com que os promotores destes parques não efetuem grandes alterações às suas instalações. Quanto ao mau funcionamento/avaria da box, a solução passa por uma substituição do equipamento por outro equivalente.

2.1.6.9 Implicações em caso de falha do produto

A falha do produto pode ser dividida em dois aspetos distintos: falha de hardware e falha de software.

A falha de hardware passa por uma substituição da box, sendo necessário arquitetar uma solução que garanta que os dados não são perdidos.

A falha de software pode implicar uma falha do software da box, na comunicação de dados ou nos servidores centrais. Em caso de falha de software da box, é necessário identificar o problema e utilizar medidas preventivas que garantam a consistência dos dados. Em caso de perda de dados, estes devem ser recuperados através de uma nova leitura do inversor. Em caso de falha de comunicação, deve ser implementado um protocolo capaz de garantir a passagem dos dados da box para o servidor central. Uma vez que os dados são mantidos na box durante bastante tempo, mesmo que haja falhas na comunicação, é sempre possível retificar quaisquer falhas não previstas que ocorram durante a comunicação de dados para os servidores centrais. No caso de existir uma falha dos servidores, devem ser aplicadas medidas preventivas tais como a utilização de "*backups*" do servidor, de modo a replicar a máquina o mais depressa possível, visando normalizar o funcionamento do sistema sem haver perda de dados.

2.1.6.10 Consequências da alteração de características essenciais

A alteração do sistema operativo embutido na box é a característica de *design* que, quando alterada, afeta todos os outros componentes do sistema. As versões das linguagens e *frameworks* usadas, nomeadamente o PHP e AngularJS, quando alteradas implicam a reformulação de diversas funcionalidades.

2.1.6.11 Funcionalidades insensíveis à mudança

O protocolo de comunicação e a estrutura de armazenamento de dados no servidor central e na box, são independentes de quaisquer alterações no *design* e arquitetura de outras características do sistema.

2.1.6.12 Potenciais benefícios de subprodutos

Alterando a forma como a recolha de dados é feita, bem como a arquitetura de comunicação de dados entre o aparelho que recolhe os dados de produção e a box, pode-se aplicar o sistema desenvolvido a outros problemas, nomeadamente a recolha de dados de produção de parques eólicos, recolha de dados de contadores de eletricidade domésticos, recolha de dados de gastos energéticos de edifícios, entre outros.

2.1.6.13 Reações sociais e tratamento de problemas

Uma vez que o sistema proposto não se aplica ao público em geral, mas apenas a promotores de parques de produção fotovoltaica, não é necessário gerir reações e alterações sociais face a este produto.

2.1.7 Conceito básico do problema

Os conceitos mais básicos do sistema proposto englobam conceitos de comunicação, a gestão e o armazenamento de informação. A comunicação deve ser efetuada de forma rápida e segura, reduzindo os riscos de segurança para as partes envolvidas, e a gestão e armazenamento da informação deve ser feita de forma eficiente, de modo a reduzir tempos de consulta e espaço de armazenamento.

2.1.8 Pergunta chave do problema

A questão à qual se pretende responder, isto é, a hipótese à qual esta tese pretende apresentar soluções através de uma prova de conceito é:

É possível uniformizar a recolha, tratamento e apresentação de dados provenientes de inversores existentes em instalações de produção de energia fotovoltaica de modo a que a marca do inversor deixe de ser um problema para os promotores deste tipo de parques?

2.2 Estado da arte

Esta secção aborda o estudo do estado da arte, no qual são apresentados alguns conceitos relativos à produção de energia solar fotovoltaica, para uma melhor compreensão do funcionamento do produto desenvolvido. É também efetuada uma análise da concorrência existente no mercado com o produto final desenvolvido. Por fim são apresentados conceitos informáticos importantes na construção e desenvolvimento do produto final, tais como conceitos básicos de segurança, tipos de criptografia existente, tipos de ataques criptográficos e métodos para a implementação de criptografia.

2.2.1 Produção solar-fotovoltaica

Para uma melhor compreensão do funcionamento da energia solar fotovoltaica, desde a receção da energia até à sua injeção na rede, apresentam-se nesta secção conceitos relevantes, que apesar de não se enquadrarem no âmbito da engenharia informática, são essenciais à compreensão do problema.

2.2.1.1 Breve descrição dos conceitos

Para a produção de energia elétrica é necessário um módulo ou painel solar, que consiste num conjunto de células solares ligadas eletricamente e normalmente em série, encapsuladas e montadas numa estrutura. Estas são dispositivos capazes de transformar a energia solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaico, que consiste na criação de tensão elétrica DC num material (célula) após a sua exposição à radiação solar. A um conjunto de painéis solares dá-se o nome de *array*. É possível visualizar a representação de uma célula, módulos e *array* na Figura 3 [Cláudio Monteiro, 2014a; CCBS-Energia, 2014].

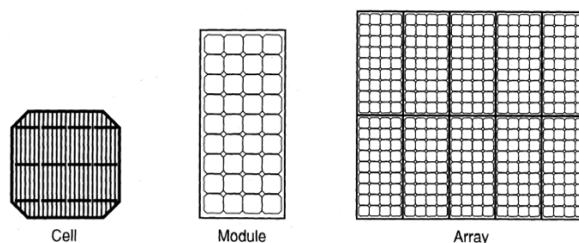


Figura 3 - Célula, módulo e *array* [Cláudio Monteiro, 2014a]

Existem essencialmente dois tipos de sistema fotovoltaicos, os sistemas fotovoltaicos isolados e os sistemas ligados à rede [Cláudio Monteiro, 2014b].

Os sistemas fotovoltaicos isolados são aqueles que têm como objetivo alimentar diretamente os aparelhos aos quais estão ligados. Uma vez que utilizam a energia no seu rendimento, não permitem desta forma a injeção da energia na rede, para posterior venda, visto que esta está a alimentar os aparelhos. Este tipo de sistemas tem diversas aplicações, algumas das quais apresentadas no esquema da Figura 4.



Figura 4 - Exemplo de sistemas isolados [Cláudio Monteiro, 2014b]

Na Figura 5 é possível ver um exemplo de funcionamento de um sistema isolado. A tensão energética DC, criada pelo efeito fotovoltaico das células, é armazenada em baterias que têm como principal função assegurar o consumo de energia elétrica nos períodos em que não existe radiação solar, ou seja, no período noturno. Estas baterias estão precedidas de um regulador de carga que permite que as baterias não sejam sobrecarregadas. Se o período coincidir com o período de incidência de energia solar, esta tensão é ligada ao inversor que tem como principal objetivo estabelecer a ligação desta tensão com a rede elétrica de corrente alternada ou carga AC. Neste contexto, a sua principal tarefa consiste em converter o sinal elétrico DC emitido pelas células fotovoltaicas num sinal elétrico AC, assim como ajustar a frequência e amplitude da rede. Desta forma a energia é direcionada para os equipamentos que precisam de ser alimentados [Joaquim Carneiro, 2009].

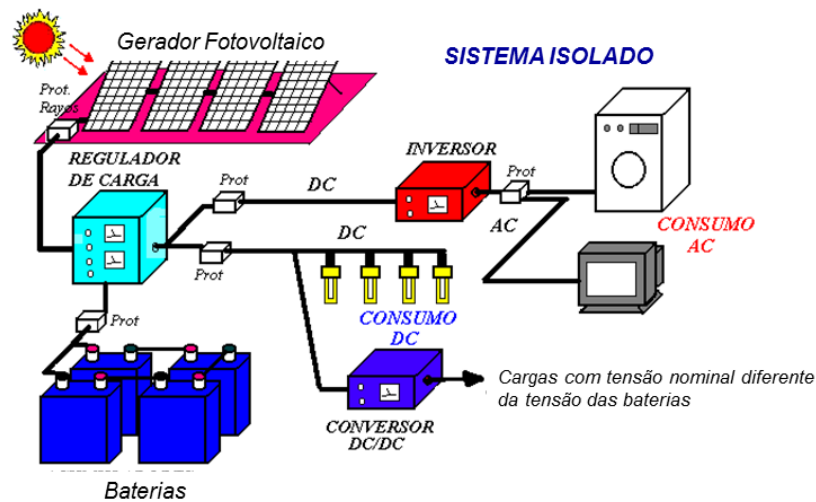


Figura 5 - Exemplo de funcionamento de um sistema isolado [Cláudio Monteiro, 2014b]

Os sistemas ligados à rede elétrica têm como principal funcionalidade a injeção da energia na rede de forma a vender a energia produzida pelo parque fotovoltaico e assim obter um retorno numérico. Este tipo de sistemas está associado a aplicações que podemos verificar no esquema da Figura 6.

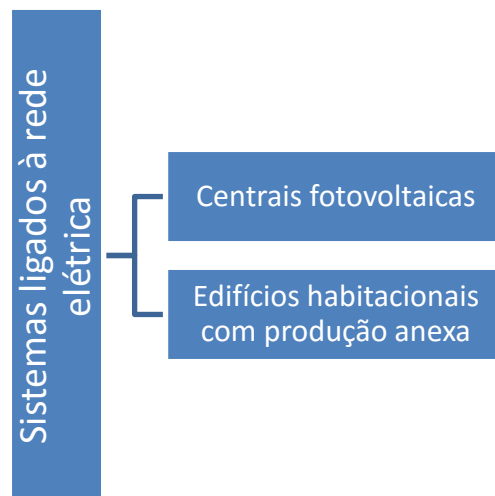


Figura 6 - Exemplo de sistemas ligados à rede [Cláudio Monteiro, 2014b]

A Figura 7 apresenta um exemplo de funcionamento de um sistema ligado à rede. Funciona de forma similar ao sistema isolado, mas não existem baterias, pois não há a necessidade de armazenar energia de forma a realimentar os dispositivos no período noturno, pois este tipo de sistema apenas tem como funcionalidade a injeção na rede. Desta forma a tensão DC produzida pelas células fotovoltaicas são conectadas diretamente com o inversor, que depois de converter o sinal elétrico DC em AC, injeta a energia elétrica produzida na rede [Cláudio Monteiro, 2014b].

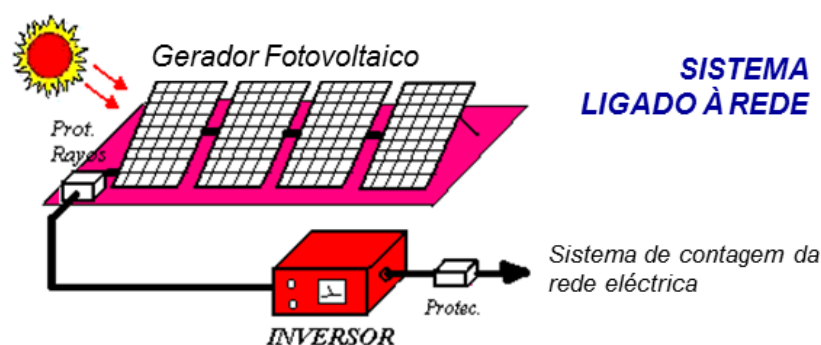


Figura 7 - Exemplo de funcionamento de um sistema ligado à rede [Cláudio Monteiro, 2014b]

2.2.2 Análise da Concorrência

Há várias empresas ao nível mundial que possuem uma solução que tem como finalidade o mesmo propósito que a solução apresentada nesta dissertação.

De modo a obter uma amostra representativa das principais empresas concorrentes, foi elaborada uma lista cujo principal critério de ordenação foi a quota de mercado dos inversores suportados, ou seja, a relevância de cada tipo de inversor no mercado de produção de energia solar fotovoltaica.

A lista abaixo apresenta as principais marcas de inversores solares com uma maior influência no mercado.

Global PV Inverter Supplier Rankings (2008 & 2013)							
Based on Revenue in US Dollars							
2013 Rank	Supplier	HQ Location	2013 Rank vs 2012 Rank	2008 Rank	Supplier	HQ Location	2013 Rank vs 2008 Rank
1	SMA	Europe	-	1	SMA	Europe	Same
2	ABB (inc. Power-One)	Europe	-	2	Fronius	Europe	Decreased
3	Omron	Japan	3	3	Kaco	Europe	Decreased
4	TMEIC	Japan	>10	4	Ingeteam	Europe	Decreased
5	Sungrow	China	9	5	Xantrex (acquired by Schneider)	Canada	Decreased
6	Advanced Energy	USA	-1	6	Siemens	Europe	Exited
7	Tabuchi	Japan	1	7	Sputnik	Europe	Decreased
8	Schneider Electric	Europe	-4	8	Conergy (acquired by Bosch)	Europe	Decreased
9	Enphase Energy	USA	-	9	Power-One (acquired by ABB)	USA	Increased
10	Kaco	Europe	-7	10	Elettronica Santerno	Europe	Decreased
Top 10 Total Revenue: \$3.7 Billion Share of Global Market: 58%				Top 10 Total Revenue: \$2.0 Billion Share of Global Market: 83%			
<i>Source: IHS Technology, April 2014</i>							

Figura 8 - Global PV Inverter Supplier Rankings (2008 & 2003) [IHS Technology, 2014]

Através da análise da informação da Figura 8, pode-se concluir que a SMA é o líder do mercado de inversores fotovoltaicos desde 2008. A ABB, com a aquisição da Power-one, conseguiu progredir no *ranking* e estabelecer-se nos lugares cimeiros. A Kaco teve uma descida do *ranking*, muito por culpa da aparição de empresas nipónicas e norte-americanas.

2.2.2.1 Solar-Log

A Solare Datensysteme GmbH é uma empresa alemã que está entre as empresas líderes do mercado no campo da monitorização solar, possuindo um serviço global para os operadores e instaladores. Esta empresa especializa-se no desenvolvimento e comercialização de sistemas de monitorizações fotovoltaicas, nomeadamente através da gama de produtos Solar-Log. A Solare Datensysteme GmbH possui inúmeros parceiros e está presente em diversos países da Europa, assim como nos Estados Unidos da América [Solare Datensysteme GmbH, 2015a].

Um dos seus principais produtos, o Solar-Log, consiste num aparelho físico que pode ser ligado a diversos tipos de inversores e comunicar com um servidor central, de modo a guardar os dados recolhidos. A Figura 9 mostra o esquema de funcionamento do Solar-Log, exemplificando a forma como interage com os outros equipamentos da instalação fotovoltaica e com o servidor central.



Figura 9 - Exemplo de comunicação do Solar-Log [Solare Datensysteme GmbH, 2015b]

Uma das principais vantagens do Solar-Log prende-se com o facto de ser compatível com uma vasta lista de inversores de diversas marcas, as quais se apresentam na Figura 10.



Figura 10 - Marcas de inversores suportados pelo Solar-Log [Solare Datensysteme GmbH, 2015b]

A gama de produtos Solar-Log é constituída por diferentes gamas de aparelhos dependendo do tipo de instalação em que vão ser utilizadas, bem como do orçamento do cliente. As gamas mais altas possuem mais funcionalidades e melhor desempenho, o que se traduz num preço mais elevado. Segue-se uma descrição com algum detalhe das principais gamas do produto Solar-Log.

O Solar-Log 250 (Figura 11) é o produto base destinado a instalações solares fotovoltaicas com o máximo de 10kW de potência instalada, suportando apenas um inversor ligado ao equipamento e três medidores de MPP.



Figura 11 - Solar-Log 250 [Solare Datensysteme GmbH, 2015c]

Entre as principais funcionalidades do Solar-Log 250 destaca-se a possibilidade de monitorização local com acesso a relatórios e gráficos através de um *web browser*. O equipamento possui um pequeno LCD que indica o estado da instalação assim como das operações. A deteção e registo de inversores são efetuados de forma automática logo após a

instalação do equipamento, podendo também ser efetuada através de uma interface *web* [Solare Datensysteme GmbH, 2015c].

O inversor pode ser ligado à instalação através das portas RS485/RS422, ou pela porta *ethernet*. É ainda possível, através de uma entrada USB, instalar o equipamento de forma manual, assim como fazer atualizações do *firmware* ou até mesmo adicionar funcionalidades ao sistema [Solare Datensysteme GmbH, 2015c].

A Figura 12 apresenta o Solar-Log 300, o qual se destina a pequenas instalações domésticas, isto é, instalações solares fotovoltaicas com o máximo de 10kW de potência instalada, suportando 2 ou 3 inversores do mesmo fabricante sem que haja problema. Este possui todas as funcionalidades do modelo apresentado anteriormente [Solare Datensysteme GmbH, 2015d].



Figura 12 - Solar-Log 300 [Solare Datensysteme GmbH, 2015d]

As funcionalidades que se destacam em relação ao Solar-Log 250 são a capacidade de medir o autoconsumo da instalação, através da ligação de um medidor de energia, assim como disponibilização de um gráfico do consumo para a otimização deste. Existe uma redução da potência de alimentação com uma permissão dinâmica para o autoconsumo. Existe uma cobertura de cabos que oferece uma proteção mecânica à interface e aos próprios cabos. Houve uma melhoria na segurança dos dados obtidos pelo Solar-Log 300, garantindo desta forma armazenamento de dados durante um tempo de vida de 20 anos. É utilizado um cartão micro SD para esta finalidade, para que não haja perda de dados devido à falha de energia. Foi introduzida a deteção opcional de inversores através do Bluetooth [Solare Datensysteme GmbH, 2015e].

O Solar-Log 1200, apresentado na Figura 13, é destinado a pequenas instalações domésticas e centrais fotovoltaicas consideradas médias, ou seja, que no seu total de potência instalada não perfaça o total de 100 kW, podendo ter ligados múltiplos inversores de, no máximo, dois fabricantes diferentes, desde que não ultrapasse o limite de potência instalada estabelecido

[Solare Datensysteme GmbH, 2015f]. As funcionalidades do modelo anterior estão incorporadas neste modelo o qual também possui um ecrã táctil a cores, que permite visualizar todas as informações que dizem respeito ao desempenho da instalação fotovoltaica, o consumo de energia e a quota de energia autoproduzida, sem a necessidade de um computador. O ecrã é de alta definição, de forma a facilitar a leitura do aparelho se este estiver montado numa parede ou em locais de difícil acesso [Solare Datensysteme GmbH, 2015g].

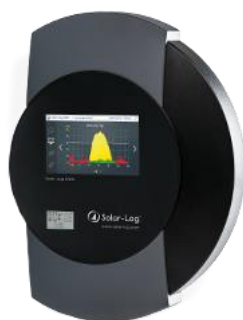


Figura 13 - Solar-Log 1200 [Solare Datensysteme GmbH, 2015f]

A Figura 14 apresenta o Solar-Log 2000, o produto tecnologicamente mais desenvolvido e que representa a gama mais alta dos equipamentos disponibilizados pela Solar-Log. É destinado a ser utilizado em centrais solares fotovoltaicas de grande escala. Tem a capacidade de monitorizar instalações com uma potência instalada até a um máximo de 2000kW, assim como podendo conter até 100 inversores de três fabricantes. Este modelo permite que a instalação tenha dez equipamentos Solar-Log 2000 ligados em paralelo, de forma a poder monitorizar até a um máximo de 20000kW de potência instalada e com um número máximo de 1000 inversores, podendo esta suportar as maiores centrais de produção e energia fotovoltaica [Solare Datensysteme GmbH, 2015h]. Possui funções de gestão de energia avançadas, as quais são obrigatórias na Alemanha para instalações com mais de 100kW. O produto tem instalado um sistema de alarme que permite funcionar como um sistema antirroubo [Solare Datensysteme GmbH, 2015i].



Figura 14 - Solar-Log 2000 [Solare Datensysteme GmbH, 2015h]

A Tabela 2 apresenta uma comparação entre os diversos produtos da gama Solar-Log.

Tabela 2 - Comparação entre produtos Solar-Log [Solare Datensysteme GmbH, 2015j]

Caraterísticas / Modelo	Solar-Log 250	Solar-Log 300	Solar-Log 1200	Solar-Log 2000
Potencia Max. Instalada	10kW	15 kW	100kW	2 000kW
Numero Max de inversores	1	2/3	100	100
Opção de conexão dos inversores	Ethernet 1 * RS485/RS422	Ethernet/Bluetooth 1 * RS485/RS422 (1 fabricante de inversor por entrada)	Ethernet/Bluetooth 1 * RS485 1 * RS485/RS422 (1 fabricante de inversor por entrada)	Ethernet 1 * RS485 1 * RS485/RS422 1* CAN (1 fabricante de inversor por entrada)
MPP tracker	SIM	SIM	SIM	SIM
Monitorização de inversores centrais	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Falha de inversor, estado de falha e monitorização de energia	SIM	SIM	SIM	SIM
Alerta via e-mail e SMS	SIM	SIM	SIM	SIM
Alarme	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Previsão de produção	SIM	SIM	SIM	SIM
Monitorização da energia produzida que foi consumida	SIM	SIM	SIM	SIM
Integração com Web servers	SIM	SIM	SIM	SIM
Visualização gráfica (PC local e internet)	SIM	SIM	SIM	SIM
LCD	SIM	SIM	SIM	SIM
Gráficos no dispositivo	NÃO	NÃO	SIM	SIM
Controlos no dispositivo	NÃO	NÃO	SIM	SIM
Entrega de dados FTP para portais externos a Solar-Log	NÃO	SIM	SIM	SIM
Preço [Critical Kinetics, 2015]	-	Desde 367€ até 677€	Desde 675€ até 908€	Desde 1167€ até 1646€

A gama Solar-Log estabelece-se como líder do mercado da monitorização da energia solar, contudo possui alguns pontos negativos. Em primeiro lugar existe uma grande discrepância entre a gama mais baixa e a gama mais alta, o que obriga clientes com instalações de dimensões médias a adquirir o produto de topo que subaproveitam. No caso da Smartwatt, as maiores instalações dos seus clientes possuem entre 100kW e 300kW de potência instalada. No caso de serem clientes da Solar-Log, teriam de optar pelo produto Solar-Log 2000, pois o Solar-Log 1200 só está habilitado para instalações até 100kW. Outro ponto negativo prende-se com o facto de os produtos da gama Solar-Log possuírem um preço relativamente elevado.

2.2.2.2 Sunny

A SMA Solar Technology AG é uma empresa alemã especialista e líder de mercado em tecnologia de sistemas fotovoltaicos e na produção de inversores, tal como apresentado no ranking da Figura 8. Está representada em 21 países e possui mais de 5000 funcionários. Em 2014, recebeu o prémio de melhor empregador para engenheiros. Ao longo da sua existência, a SMA foi adquirindo outras empresas concorrentes, como a Zenersolar e a Danfoss, de forma a destacar e reforçar a sua posição no mercado global [SMA Solar Technology AG, 2015a].

A sua gama de produtos de obtenção de dados de inversores para posterior monitorização denomina-se Sunny [SMA Solar Technology AG, 2015b].



Figura 15 - Sunny beam [SMA Solar Technology AG, 2015c]

O Sunny beam é um produto disponibilizado pela SMA, representado na Figura 15, e traduz-se num pequeno dispositivo com o objetivo de fornecer informação ao utilizador de forma intuitiva ao mesmo tempo que é compacto e fácil de utilizar. Possui uma tela na qual se representa informação recolhida sob a forma de gráficos. Também possui a capacidade de apresentar os valores de produção diária e total. É possível aceder a outras funcionalidades, tal como o total de produção em valor económico, através de um botão rotativo. O Sunny beam tem a capacidade de monitorizar até 12 inversores SMA através da tecnologia Bluetooth, como demonstrado na Figura 16, possuindo um alarme sonoro em caso de alguma falha ser detetada. Tem a capacidade de armazenar ficheiros diários emitidos pelos inversores

por um período de 90 dias, assim como 12 ficheiros mensais [SMA Solar Technology AG, 2015c].

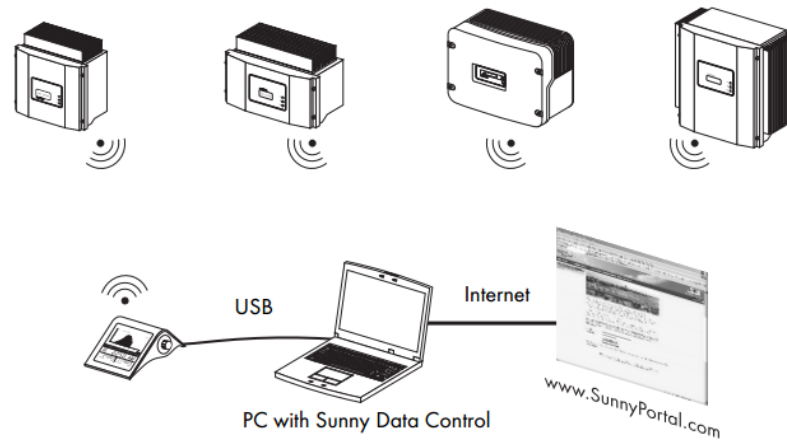


Figura 16 - Exemplo de funcionamento do Sunny beam [SMA Solar Technology AG, 2015d]

A Figura 17 apresenta o Sunny Webbox, o produto mais avançado para a monitorização de sistemas solares fotovoltaicos disponibilizado pela SMA, ideal para instalações fotovoltaicas de tamanho médio, ou seja, com um máximo de potência instalada de 100kW e com um máximo de 50 inversores. Permite armazenar dados, possibilita a realização de diagnósticos remotos e pode ser configurado e visualizado a partir de qualquer parte do mundo. O Sunny Webbox é disponibilizado em duas versões, a versão de Bluetooth e a versão de RS485, as quais apenas diferem entre si na forma de comunicação com o inversor. Na Figura 18 é possível visualizar um exemplo de atuação do Sunny Webbox com Bluetooth [SMA Solar Technology AG, 2015e].



Figura 17 - Sunny Webbox [SMA Solar Technology AG, 2015e]

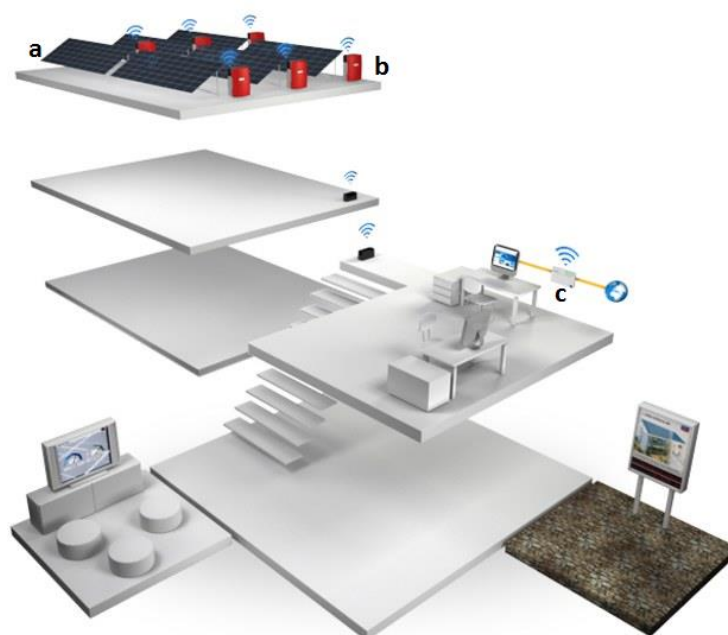


Figura 18 - Exemplo de funcionamento do Sunny Webbox com Bluetooth. a- painel Solar; b- inversor SMA; c- Sunny Webbox com Bluetooth; [SMA Solar Technology AG, 2015e]

Os dados armazenados pelos dispositivos podem ser acedidos através de um *web browser* e guardados pelo cliente. Desta forma o cliente pode detetar erros de forma atempada e reagir de forma a salvaguardar os seus interesses. O dispositivo envia os dados automaticamente e de forma gratuita, se desejado, para o portal de monitorização da SMA denominado Sunny Portal [SMA Solar Technology AG, 2015e].

A Tabela 3 apresenta uma comparação entre os diversos produtos da gama Sunny.

Tabela 3 - Comparação entre produtos da gama Sunny

	Sunny Beam	Sunny Webbox
Potência Máx. Instalada	-	100kW
Numero Máx de inversores	12	50
Opção de conexão dos inversores	Bluetooth	Bluetooth ou 1 * RS485/RS422
Tipos de inversores	SMA	SMA
Falha de inversor, estado de falha e monitorização de energia	SIM	SIM
Alerta via e-mail e SMS	NÃO	Apenas através do Sunny portal
Integração com Web servers	SIM	SIM
Visualização gráfica (PC local e internet)	SIM	SIM
Entrega de dados FTP para portais externos a SMA	NÃO	SIM
Preço [Solar Shop, 2013]	Aprox. 260€	Desde 580€

Apesar das vantagens e da comodidade aparente oferecida pela gama Sunny da SMA, esta solução apresenta diversos pontos desvantajosos. O facto de tanto o Sunny beam como o Sunny Webbox apenas funcionarem com os inversores que a empresa fornece é uma desvantagem, pois existem instalações com inversores de outros fabricantes. Outro ponto negativo consiste no facto de a versão mais alta desta gama apenas possuir um sistema de alarmística se o FTP configurado pelo utilizador for o servidor central disponibilizado pela SMA, desta forma é possível o envio de alarmes através do Sunny portal. O limite de 100 kW de potência instalada na instalação também é um ponto que não abona a favor do Sunny Webbox, pois as instalações de grande porte não são suportadas por esta solução.

2.2.2.3 WEB'log

A MeteoControl é uma empresa alemã e uma das principais fornecedoras de soluções de monitorização para sistemas fotovoltaicos privados e comerciais. Os seus sistemas de monitorização permitem uma aquisição de dados de forma confiável, uma análise detalhada dos dados e uma gestão de alarmes. Os seus produtos permitem ainda fazer uma análise dos dados obtidos, de forma a ser possível efetuar a previsão de produção de energia solar para a instalação, o que possibilita uma deteção de defeitos o mais cedo e atempadamente possível [MeteoControl, 2015a].

A empresa disponibiliza duas linhas na gama WEB'log, uma destinada ao uso industrial e outra destinada a um uso doméstico. O WEB'Log é compatível com uma grande parte dos inversores disponíveis no mercado, como se pode observar na Figura 19 [MeteoControl, 2015b].



Figura 19 - Lista de inversores compatíveis com a gama WEB'log [MeteoControl, 2015c]

A sua gama de produtos de monitorização industrial disponibiliza três produtos, apresentados na Figura 20, o WEB'log LIGHT + 20, o WEB'log BASIC 100 e o WEB'log PRO Unlimited. Estes produtos têm a capacidade de armazenar os dados recolhidos pelos inversores, assim como de medidores de energia e de sensores. Os dados recolhidos são posteriormente enviados para os servidores da MeteoControl através da internet, sendo depois disponibilizados para consulta através do portal da MeteoControl, o Safer'sun.

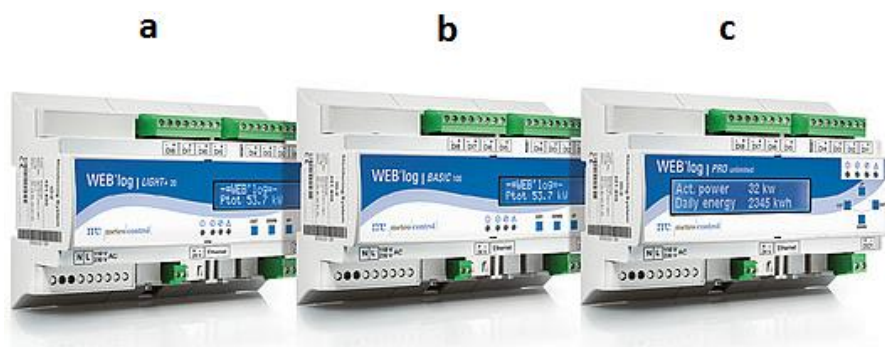


Figura 20 - Gama de produtos WebLog. a- WEB'log LIGHT+ 20; b- WEB'log BASIC 100;c- WEB'log PRO unlimited [MeteoControl, 2015b]

Todos os produtos da gama disponibilizam comunicação através de GPRS/GSM, assim como a capacidade de detetar avarias no sistema, enviando alertas por *e-mail*, SMS ou fax. O acesso aos produtos da gama industrial da WEB'log pode ser feito através de uma das várias interfaces disponibilizadas. Existe ainda a possibilidade de expansão através do uso de módulos adicionais [MeteoControl, 2015b].

A única diferença entre os equipamentos WEB'log da linha industrial, apresentados na Figura 20, é o tipo de instalação a que se destinam, desta forma o WEB'log LIGHT+ 20 destina-se a instalações até um máximo de potência instalada de 20kW, o WEB'log BASIC 100 destina-se a instalações até 100kW de potência instalados e o WEB'log PRO Unlimited não possui limite de potência instalada.

A Figura 21 exemplifica a arquitetura de comunicação de um produto da gama WEB'log com os diversos equipamentos que o rodeiam, destacando-se a comunicação com os inversores e posteriormente com o servidor da MeteoControl.

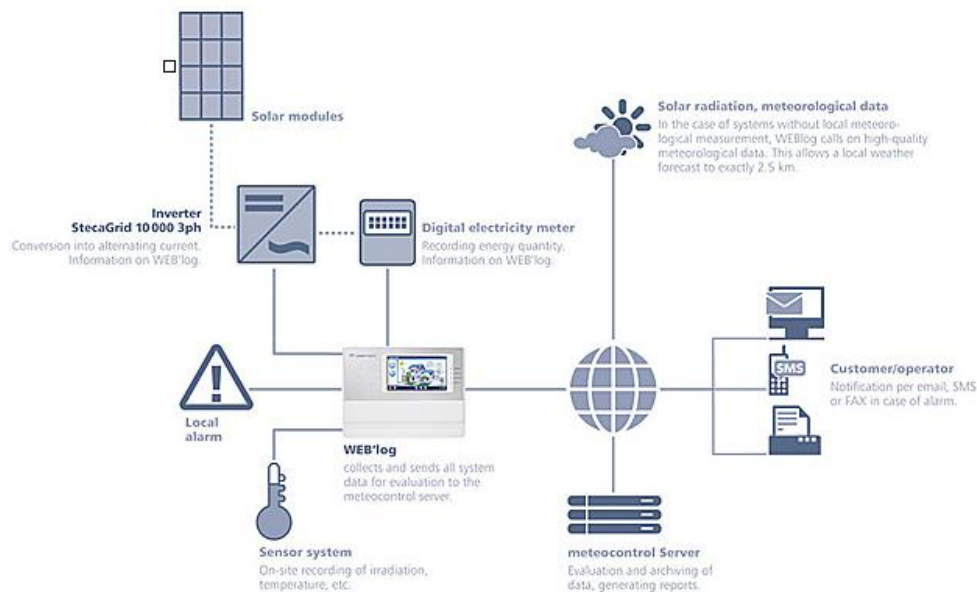


Figura 21 - Exemplo de comunicação da gama WEB'log com os diversos equipamentos [Steca, 2015]

A linha de produtos domésticos da Web'log possui dois produtos, o WEB'log Residencial e o WEB'log Comfort.

O WEB'log Residencial, apresentado na Figura 22, é um sistema de monitorização de baixo custo, adequado a instalações com uma variação de potência instalada entre 1kW e 15kW e com um máximo de 3 inversores. No caso de o WEB'log Residencial estar conectado à internet por cabo *ethernet*, são enviados dados automaticamente para o servidor central, os quais podem ser analisados através do portal Safer'sun posteriormente. Também possui a capacidade de detetar falhas e inconsistências durante a operação, as quais são comunicadas ao utilizador através dos LED que o equipamento possui ou através de um alarme sonoro. O cliente pode consultar um relatório mais detalhado da falha conectando o equipamento a um PC através da entrada USB [MeteoControl, 2015d].



Figura 22 - WEB'log residencial [MeteoControl, 2015d]

A Figura 23 apresenta o WEB'log Comfort, o produto mais avançado da linha doméstica, destinado a instalações com um máximo de 20kW de potência instalada. Possui as mesmas funcionalidades do WEB'log Residencial, bem como funcionalidades adicionais. Possui um monitor no qual é apresentada a informação recolhida do inversor de forma gráfica, assim como alertas em caso de falhas ou deteção de inconsistências. Para além da possibilidade de verificar as falhas através do monitor, é possível configurar alertas por *e-mail* ou SMS se o cliente assim o desejar. Este equipamento permite ainda que o cliente consulte a previsão de energia solar para a sua instalação fotovoltaica. Uma vez que é destinado a ser utilizado dentro de casa, o WEB'log Comfort permite a interligação com eletrodomésticos de forma a recolher e apresentar os dados de consumo destes. O sistema permite configurar perfis individuais para os eletrodomésticos, de modo a determinar os seus melhores períodos de funcionamento.



Figura 23 - WEB'log comfort [MeteoControl, 2015e]

A Tabela 4 apresenta uma comparação entre os diversos produtos da gama WEB'log.

Tabela 4 - Comparação entre produtos da gama WEB'log

Caraterísticas / Modelo	WEB'log residencial	WEB'log comfort	WEB'log LIGHT+ 20	WEB'log BASIC 100
Potência Máx. Instalada	15kW	20kW	20kW	100kW
Número Máx de inversores	3	10	Depende do fabricante, mas com uma média de 31	Depende do fabricante, mas com uma média de 31
Opção de conexão dos inversores	1 *RS485/RS422 2 *RS422	1 * RS485 1 *RS422	1 * RS485 1 *RS422	1 * RS485 1 *RS422
Tipos de inversores	Uma grande variedade	Uma grande variedade	Uma grande variedade	Uma grande variedade
Falha de inversor, estado de falha e monitorização de energia	SIM	SIM	SIM	SIM
Alerta via <i>e-mail</i> e SMS	NÃO	SIM	SIM	SIM

Caraterísticas / Modelo	WEB'log residencial	WEB'log comfort	WEB'log LIGHT+ 20	WEB'log BASIC 100
Visualização gráfica (PC local e internet)	SIM	SIM	SIM	SIM
Entrega de dados FTP para portais externos a WEB'log	-	-	-	-
Preço	-	-	-	-

A principal desvantagem da gama Web'Log prende-se ao facto de não possibilitar a entrega dos dados em FTP externos, para dessa forma o cliente poder utilizar o seu próprio sistema de monitorização no caso de não querer utilizar o Safer'sun disponibilizado pela MeteoControl.

2.2.2.4 Conclusão da análise

Na análise comparativa dos produtos concorrentes à solução apresentada nesta dissertação, foram tidos em conta critérios quantitativos, assim como qualitativos, de forma a ser possível averiguar qual a melhor solução disponível no mercado de momento, critérios esses que se descrevem na lista seguinte:

- Critérios Quantitativos:
 - Custo;
 - Número de inversores;
 - Capacidade máxima de potência instalada;
 - Tipo de inversores suportados.
- Critérios Qualitativos:
 - Facilidade de instalação e configuração;
 - Facilidade de integração com portal existente;
 - Facilidade de integração com portal externo;
 - Interligação com o autoconsumo.

No que diz respeito aos critérios quantitativos, em relação ao custo, pode-se afirmar que de uma forma geral todos os produtos da gama Solar-Log são mais caros em todas as suas gamas de produtos do que os produtos concorrentes. Por outro lado, a SMA apresenta a gama de produtos mais acessível para os seus clientes.

Em relação ao número de inversores, a Solar-Log possui a gama que apresenta o maior número de inversores suportados, assim como o menor. Esta gama apresenta dois produtos com igual capacidade máxima, o Solar-Log 1200 e o Solar-Log 2000, sendo que ambos têm a capacidade máxima de 100 inversores. O Solar-Log 250 apenas permite um inversor

conectado, o que pode ser visto como uma vantagem para clientes pequenos que só possuem um inversor e não pretendem expandir a curto e médio prazo a capacidade do seu parque. Evita-se assim um subaproveitamento do produto o que se traduz numa poupança para o cliente. Nenhuma das outras empresas analisadas apresenta uma solução para um único inversor.

Em relação à capacidade máxima de potência instalada a MeteoControl com o seu produto - WEB'log PRO unlimited afirma ser capaz de suportar um número ilimitado de potência instalada. Com menos potência instalada temos o mesmo produto que suporta menos inversores, o Solar-Log 250, o qual apenas permite um total de potência instalada de 10KW.

A gama da Solar-Log é a que possui uma maior lista de inversores que são compatíveis com os seus produtos. Por outro lado, as soluções apresentadas pela SMA apenas suportam o seu próprio tipo de inversor, o que pode ser problemático para alguns clientes.

No que diz respeito aos aspetos qualitativos, nomeadamente à facilidade de instalação e configuração, todos os produtos apresentados possuem manuais de utilização concisos e são relativamente fáceis de configurar e instalar dependendo da funcionalidade de cada um. Neste critério podemos destacar a gama do Solar-Log como a mais fácil de instalar e configurar, pois apresentam uma interface, o que torna a configuração do sistema muito mais fácil e apelativo para o utilizador.

Todas as soluções aqui apresentadas permitem a interligação com os portais proprietários de cada empresa sem a necessidade de uma configuração adicional por parte do cliente.

Em termos de facilidade da interligação com portais externos aos da própria organização, todas as gamas de produtos mais altas das empresas apresentadas, possuem essa funcionalidade. A entrega dos dados é feita através do protocolo FTP, o que permite aos clientes tratar e utilizar os ficheiros de dados como assim o desejar.

Todos os produtos aqui listados permitem a interligação com o autoconsumo, mediante a utilização de um aparelho externo, que as próprias marcas também disponibilizam. Quer isto dizer que os clientes com autoconsumo têm uma despesa adicional.

Em conclusão, com base nos critérios quantitativos e qualitativos, de uma forma geral, pode-se concluir que o Solar-Log é quem apresenta a melhor gama de produtos disponível no mercado, evidenciado pelas 229 426 (à data de 4 de Junho de 2015) instalações fotovoltaicas que possuem estes equipamentos, bem mais do que a sua concorrente direta a MeteoControl que possui os seus produtos em 2 197 (à data de 4 de Junho de 2015) instalações.

2.2.3 Segurança Informática

2.2.3.1 Conceitos básicos de Segurança

Para se perceber a necessidade de segurança informática é necessário perceber cinco conceitos fundamentais que são muitas vezes confundidos e tratados da mesma forma: ameaça, vulnerabilidade, exposição, risco e dano.

Uma ameaça pode-se definir como qualquer potencial ataque associado a uma falha, a qual poderá originar uma vulnerabilidade, eventualmente passível de exploração. Tal não significa que a ameaça se concretize, mas quando ocorrer poderá causar danos no sistema, frequentemente com o intuito de o explorar vantajosamente na perspetiva do atacante [Cory Janssen, 2015a]. As ameaças podem ter muitas formas diferentes, sendo que algumas poderão até nem ser tecnológicas.

O conceito de exposição tem a ver com os danos que a organização/sistema pode sofrer, danos esses que se podem manifestar negativamente de muitas formas e com intensidades diversificadas (no caso limite acabando definitivamente com a organização/sistema) [Shon Harris, 2012a].

Uma vulnerabilidade é tipicamente um ponto frágil do sistema que permite a sua exploração, a qual pode ser manipulada através do acesso à falha, análise da suscetibilidade do sistema à falha e exploração da falha [Software Protection Initiative].

A suscetibilidade global do sistema resulta de todas as vulnerabilidades sujeitas a ameaças concretas, através de exploração, que provoquem algum tipo de perturbação não prevista no sistema [Software Protection Initiative].

O acesso à falha é condição necessária, mas não suficiente, para explorar as consequências da falha [Software Protection Initiative].

Através da aplicação de alguns princípios gerais de segurança é possível mitigar as vulnerabilidades de um sistema, através do foco no que é realmente crítico, enumerando todos os pontos de acesso ao sistema, reduzindo os pontos de acesso ao mínimo, apenas utilizando aqueles que são realmente necessários, entre outros, reduzindo-se a superfície de exposição a danos do sistema e diminuindo-se o risco global de danos no sistema. A capacidade de deteção, reação e adaptação do sistema é também muito importante, uma vez que permite tomar rapidamente medidas que protejam o sistema (por exemplo desativar o sistema, limitar as suas funcionalidades, entre outras medidas). Somente com uma atividade regular e objetiva de análise de risco do sistema, seguida de medidas adequadas de mitigação, será possível aumentar a resiliência dos sistemas a ataques e danos.

O risco pode ser definido como a probabilidade do atacante explorar uma ou mais vulnerabilidades identificadas, de forma a danificar ou destruir recursos, o que pode levar a danos no sistema. Pode-se calcular o nível de risco utilizando a fórmula $risco = Ame\c{c}a * Vulnerabilidade$, assim desta forma pode-se concluir que as ameaças existem, mas se não houver uma vulnerabilidade no sistema então não existe risco. Na mesma lógica de pensamento, conclui-se que para qualquer vulnerabilidade, se não houver uma ameaça associada, então não existe risco [Threat Analysis Group, 2015].

O dano pode quantificar-se pelo estrago causado pelo atacante aquando da exploração de uma vulnerabilidade, quer sejam danos físicos ou danos através de perda de informação.

Uma contramedida de segurança é uma ação aprovada pela gestão de topo de uma organização/sistema, que é posta em prática de forma a reduzir o risco. Exemplos de contramedidas são o uso de soluções tais como uma *firewall*, barreiras de segurança ou procedimentos [Shon Harris, 2012a].

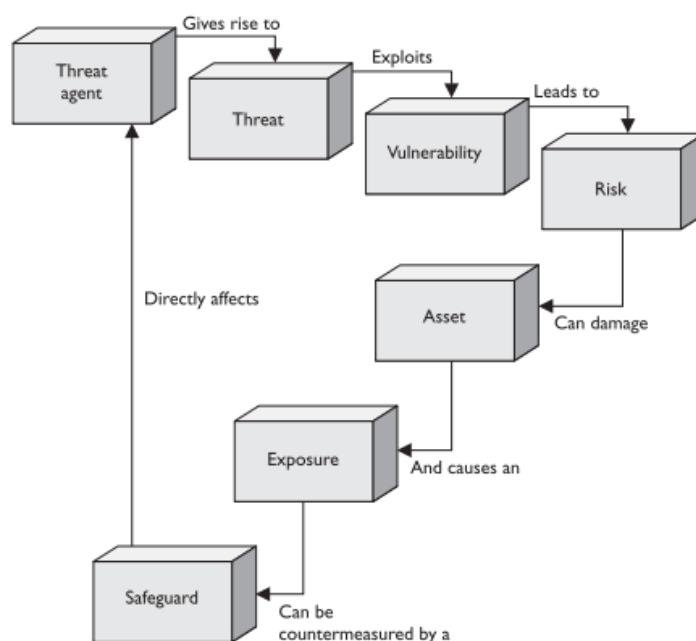


Figura 24 - Ciclo ameaças, vulnerabilidades, risco e exposição [Shon Harris, 2012a]

Através da análise da Figura 24 é possível verificar como se interligam os conceitos antes descritos. Observa-se que um atacante pode gerar uma ameaça e através desta pode explorar a vulnerabilidade, o que faz aumentar o risco de dano, que por sua vez pode gerar uma exposição não aceitável, obrigando à ativação de contramedidas de segurança.

A segurança informática lida com a gestão de segurança em dispositivos informáticos, incluindo não só o *hardware*, mas também o *software* que este possa conter. Com base nesta

definição é possível afirmar que a segurança informática é medida ou analisada através de 3 princípios fundamentais: disponibilidade, confidencialidade e integridade [Shon Harris, 2012a; Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010a], tal como mostrado na Figura 25.

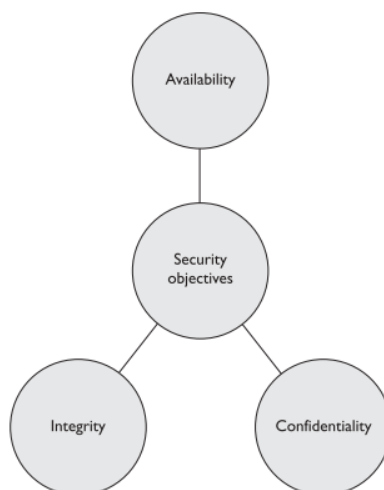


Figura 25 - Objetivos da segurança informática [Shon Harris, 2012a]

A disponibilidade, de uma forma geral, assegura que a informação está disponível quando é necessária. Assim sendo, pode-se afirmar que a disponibilidade garante a confiabilidade do acesso aos recursos.

Devem existir mecanismos que garantam a disponibilidade assegurando que, em caso de falha, é possível recuperar de uma forma rápida e segura, limitando ao máximo a perturbação no sistema. Existem diversos meios através dos quais é possível afetar negativamente a disponibilidade de um sistema. Um destes meios consiste na utilização de ataques informáticos externos, como por exemplo os ataques DoS e DDoS, que consistem em tornar indisponíveis os recursos de uma organização utilizando apenas um computador e uma ligação de internet (DoS) ou vários computadores distribuídos globalmente (DDoS), de modo a sobrecarregar os recursos do sistema, o que pode levar à sua falha e conseqüente indisponibilidade. Outro tipo de ataque consiste no assalto direto à organização ou roubo dos recursos. Existem ainda outros fatores que podem influenciar a disponibilidade, os quais estão relacionados com aspetos ambientais, tais como incêndios e inundações [Shon Harris, 2012a; Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010a].

A integridade consiste em impedir modificações não autorizadas à informação, ou seja, prevenir o acesso de escrita à informação. Dentro do âmbito da integridade podemos considerar dois tipos distintos: integridade de informação e integridade do sistema. A integridade de informação refere-se ao facto de ser necessário impedir as modificações de

informação quando estas não são autorizadas. A falha de integridade do sistema refere-se a modificações não autorizadas no sistema quando não existe permissão para tal.

Quando se modifica, por exemplo, um valor numa base de dados, de forma a tirar proveito disso, está-se perante uma falha de integridade de informação. Por outro lado, quando um atacante informático injeta *software* “malicioso”, de forma a modificar a integridade do sistema, trata-se de uma falha de integridade do sistema.

Muitas das falhas de integridade de informação são causadas por erro humano, como por exemplo quando um utilizador apaga de forma não intencional um determinado ficheiro, ou altera um determinado valor numa base de dados ou uma parametrização do sistema [Shon Harris, 2012a; Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010a].

A confidencialidade consiste na prevenção de acessos não autorizados a dados, ou seja, não dever ser permitido o acesso a dados a entidades não autorizadas. Esta restrição é feita normalmente através da utilização de controlos de acesso ou mecanismos de encriptação [Shon Harris, 2012a]. Um exemplo atual é o *shoulder surfing*, que consiste na obtenção de informação alheia através do olhar por cima do ombro, por exemplo, visando obter o código de um cartão eletrónico através da observação direta da introdução deste [Cory Janssen, 2015b]. Através da monitorização da rede, utilizando para isso *software* tal como o *wireshark*, o atacante pode recolher as *passwords* que viajam na rede, pois muitas vezes estas viajam em *plaintext*, ou seja, num formato imediatamente compreensível. Se o conteúdo estiver encriptado ainda assim podem ser usados ataques criptográficos, que visam desencriptar a informação crítica através da exploração de vulnerabilidades e/ou *social engineering* (por exemplo, quando alguém engana uma pessoa de forma a obter informação para a qual não está autorizada). Estes e outros ataques podem ser evitados através da adoção de medidas de segurança adequadas [Shon Harris, 2012a].

Para melhorar a gestão destes conceitos, foram introduzidas técnicas que implementam os conceitos de integridade, disponibilidade e confidencialidade tais como os apresentados na lista abaixo:

- Controlo de acesso e uso através de identificação, autenticação, autorização e responsabilização;
- Garantias de irrefutabilidade (não poder negar uma ação realizada);
- Aplicação de princípios ou boas práticas de segurança de informação;
- Uso adequado de métodos criptográficos.

2.2.3.2 Criptografia

Criptografia aplica-se ao armazenamento e transmissão de dados, responsável por assegurar que apenas aqueles que possuem permissões, ou seja, a quem é destinada a mensagem, consiga ler e/ou aceder aos dados. Por outras palavras, a criptografia cria mensagens cifradas cujo conteúdo permanece escondido até ser executada a operação de decifra, que consiste em processar as mensagens cifradas de modo a recuperar o seu conteúdo original [Shon Harris, 2012b].

Como área de segurança informática a criptografia tem por base os conceitos e definições mencionados no subcapítulo anterior (subcapítulo 2.2.3.1).

Existem dois tipos de encriptação básica: a encriptação simétrica, que usa a mesma chave para encriptar e desencriptar, e a encriptação assimétrica, que usa duas chaves, uma chave pública e outra privada. Existe ainda a “encriptação” por *hashing* (na realidade é uma codificação), que utiliza um algoritmo de *one-way hash* ao invés de chaves [Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misener, 2010b]. As diferenças entre os dois tipos são apresentadas de seguida.

2.2.3.2.1 Encriptação simétrica

A encriptação simétrica é uma forma de criptografia que utiliza uma única chave para encriptar e posteriormente desencriptar o conteúdo de uma mensagem, sendo apenas do conhecimento do emissor e do recetor da mensagem, como podemos verificar na Figura 26. Quer isto dizer, que a chave tem de ser pré acordada entre as duas partes envolvidas na comunicação, antes de se dar início à mesma. Também é denominada de chave secreta devido ao facto de o processo depender da segurança desta chave, pois alguém que lhe tenha acesso consegue desencriptar a mensagem [Shon Harris, 2012b; Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misener, 2010b].

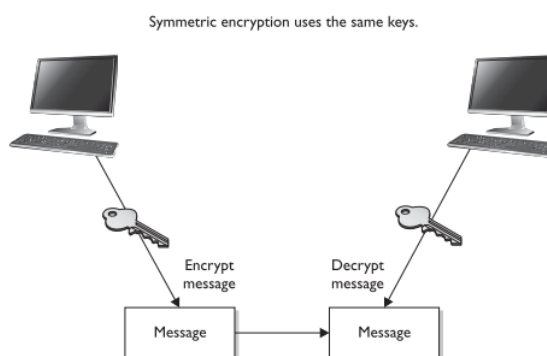


Figura 26 - Exemplo de encriptação simétrica [Shon Harris, 2012b]

A forma mais comum de partilha destas chaves é via *out-of-band*, que basicamente consiste em o emissor entregar diretamente a chave ao recetor, de forma a garantir que esta não é desviada ou comprometida se for entregue através de outro método. Como a chave partilhada é a mesma, não há forma de garantir quem enviou a mensagem ou a recebeu.

Os maiores pontos fortes são uma maior velocidade de encriptação em relação à encriptação assimétrica, sendo que é complicado corromper a chave se esta possuir um tamanho grande. Por outro lado os seus pontos mais fracos incluem a necessidade de guardar de forma segura esta chave. O facto de este tipo de encriptação não assegurar autenticidade e irrefutabilidade é também uma desvantagem importante [Shon Harris, 2012b; Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010b; António Costa, 2104b].

2.2.3.2.2 Encriptação assimétrica

A encriptação assimétrica resolve um dos principais problemas da encriptação simétrica: a partilha da chave secreta. A encriptação assimétrica resolve este problema utilizando duas chaves, uma chave pública e uma chave privada. A chave pública é tornada pública e enviada a um destinatário para que este possa encriptar uma mensagem antes de a enviar. A chave privada não é partilhada, e desta forma só o recetor dono desta chave consegue descriptar uma mensagem cifrada pela chave pública que lhe corresponde. Qualquer mensagem encriptada com a chave privada pode ser descriptada pela chave pública correspondente, processo que é utilizado nas assinaturas digitais. É possível ver um exemplo do processo de comunicação entre dois intervenientes utilizando encriptação assimétrica na Figura 27 [Shon Harris, 2012b; Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010b; António Costa, 2104b].

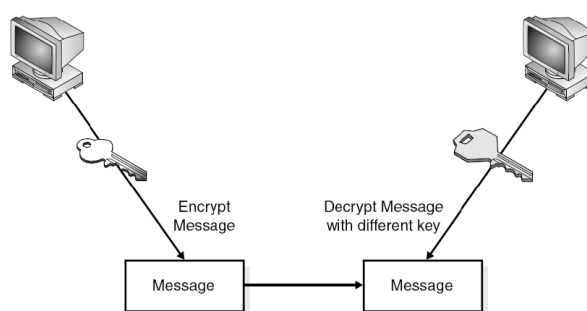


Figura 27 - Exemplo de encriptação assimétrica [António Costa, 2104b]

O aspeto mais desfavorável deste tipo de encriptação é o facto de o algoritmo ser mais complexo, necessitando de mais tempo de processamento, resultando num tempo de execução mais elevado. Por outro lado, como este tipo de algoritmos é mais complexo, também são mais seguros do que os algoritmos de encriptação simétrica. Ao contrário da

criptação simétrica, a criptação assimétrica dá garantias de autenticidade e irrefutabilidade [Shon Harris, 2012b; Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010b; António Costa, 2104b].

2.2.3.2.3 Hashing

O método de *hash* usa um algoritmo e uma chave. Normalmente este tipo de criptação é conhecido por “*one-way hash function*”, porque não há forma de reverter a criptação. Esta forma especial de encriptar foi criada para promover a integridade da informação. No caso geral, o resultado de um processo de *hashing* não permite obter a informação inicial.

A sua principal vantagem consiste na simplicidade de execução do algoritmo. Contudo esta forma de criptação tem uma desvantagem inerente ao seu modo de funcionamento, denominada de *collision*. Se o tamanho do texto original for maior que o tamanho da *hash* resultante, pode haver repetição da *hash*, ou seja, para diferentes textos iniciais diferentes pode resultar a mesma *hash* [Shon Harris, 2012b; Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010b].

2.2.3.3 Comparação das técnicas de Criptografia

Na Tabela 5 descreve-se como são usados os diferentes tipos de métodos de criptação, assim como os algoritmos mais aplicados.

Tabela 5 - Classificação de sistemas criptográficos [J. Magalhães Cruz, 2014]

Perspetiva	Variante	Subvariante
No método	Stream	-
	Block	-
Na aplicação	Bidirecional, reversível, duas maneiras	-
	Unidirecional, irreversível, uma maneira	
No segredo	Algoritmo secreto	-
	Chaves secretas	Chave única, chave partilhada, simétrico
		Duas chaves (pública + privada), assimétrico

2.2.3.4 Ataques criptográficos

Os ataques criptográficos compreendem um conjunto de métodos que procuram recuperar os dados encriptados, ou seja, o *plaintext*, sem a utilização da chave de criptação. Existem diversos tipos de ataques com o intuito de desencriptar dados de forma não autorizada, os mais conhecidos são apresentados a seguir:

O *Brute force* é um tipo de ataque que consiste na tentativa-erro por parte do atacante. Com o passar do tempo é possível recuperar os dados descriptados, a não ser que estes tenham sido encriptados através de uma cifra de uso único com o mesmo tamanho de que o *plaintext*, desta forma, o atacante iria obter milhares de combinações, e não tem forma de saber quais os dados verdadeiros pelo menos em tempo útil.

No *Know plaintext* o atacante possui o *plaintext* e o seu texto cifrado, desta forma tenta descobrir a chave utilizada, de forma a conseguir descriptar futuros dados enviados. Já no *Chosen plaintext* o atacante conhece o *plaintext* e obtém o respetivo texto cifrado. No *Chosen ciphertext* o atacante conhece o texto cifrado e obtém o respetivo *plaintext*.

O *Man-in-the-middle attack* acontece quando o emissor envia ao destinatário a sua chave pública mas esta é interceptada pelo atacante que envia a sua própria chave pública ao destinatário. Quando o destinatário enviar a sua chave pública ao emissor, o atacante repete a mesma ação, e desta forma sempre que o emissor e o destinatário trocarem mensagens, o atacante consegue iludi-los e observar o conteúdo das mensagens [Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010b; António Costa, 2104b].

2.2.3.5 Implementando criptografia

Com base nos tipos de criptografia, simétrica, assimétrica e *hashing*, de forma a prevenir os ataques listados na secção de ataques criptográficos, surge muitas das vezes a necessidade de combinar estes tipos de criptografia, por forma a criar canais de comunicação seguros, conseguindo fornecer assim confidencialidade, integridade, autenticidade e irrefutabilidade. Os protocolos apresentados a seguir são os protocolos mais conhecidos que implementam criptografia.

As assinaturas digitais servem essencialmente para assinar criptograficamente um documento, isto é, permitir a um emissor enviar uma mensagem encriptada assinada digitalmente por este. Desta forma este protocolo fornece autenticidade na medida que identifica o emissor da mensagem e fornece também integridade, pois garante que o documento não se altera. Por fim garante também a irrefutabilidade na medida que o emissor da mensagem não pode repudiar o envio da mensagem, pois esta está digitalmente assinada por ele [Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010b].

O IPsec, em português, protocolo de segurança informática, é utilizado em comunicações via internet. No seu funcionamento utiliza tanto algoritmos criptográficos simétricos como assimétricos e assegura também os conceitos de confidencialidade e integridade [J. Magalhães Cruz, 2014]. O IPSEC é um dos métodos utilizados na criação de redes VPN.

As VPN são redes virtuais privadas que permitem estabelecer um canal de comunicação privado dentro de redes públicas. Esta ligação permite que um utilizador que esteja fora da rede consiga aceder a conteúdos e aplicar ações como se estivesse dentro da rede. A VPN pode ser implementada por diversos protocolos como o IPSEC, o SSL ou o TLS. A principal vantagem da VPN prende-se ao facto de ter um baixo custo e garantir a autenticidade do utilizador, assim como o não repúdio. Por outro lado, a principal desvantagem reside no fato de existirem diversos problemas de interoperabilidade entre clientes diferentes [Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010b; J Regis Jr, 2015].

As infraestruturas de chave pública, também denominadas PKI, consistem num conjunto de procedimentos, políticas de segurança e protocolos de comunicação que utilizam os três tipos de criptografia existentes, com o objetivo de permitir que um vasto número de pessoas que estejam geograficamente dispersas consigam comunicar de forma segura entre elas. O conceito básico deste protocolo assume que todos os intervenientes possuem uma chave pública acreditada por uma autoridade de certificação, à qual se chama certificado digital. Este protocolo fornece autenticidade, confidencialidade, integridade e irrefutabilidade [António Costa, 2104b].

O TLS e o seu antecessor SSL são dois protocolos criptográficos desenvolvidos com o intuito de assegurar a comunicação segura sobre uma rede de computadores, aproveitando as funcionalidades que as PKI fornecem aplicadas na *web*. Ambos são utilizados no HTTPS, isto é, na junção do protocolo HTTP que é um protocolo de comunicação segura, com a conexão encriptada pelo TLS ou SSL. Estes protocolos fornecem autenticidade, confidencialidade e integridade [Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar, 2010b].

O SSH é um protocolo criptográfico que permite a um utilizador iniciar sessão num computador remoto, de forma a ser capaz de executar operações remotamente. É usado de forma mais comum na administração de sistemas e servidores de forma remota, fornecendo autenticidade, confidencialidade e integridade nas suas sessões [J. Magalhães Cruz, 2014].

2.3 Descrição da solução

Nesta secção é apresentada a visão geral da solução, a qual permitiu arquitetar a solução desenvolvida, arquitetura esta que também se descreve neste subcapítulo de forma sumária. Assim sendo é apresentado o *hardware* utilizado no desenvolvimento do produto final, assim como diversos módulos que este contém, tais como: comunicação com inversores e medidor

de consumo, tratamento de dados, envio de dados para o servidor central e a arquitetura do portal da box.

2.3.1 Visão Geral da solução

A solução apresentada para o problema exposto no capítulo 2.1 tem por base a construção de um mecanismo de recolha de dados, para isso é necessário a utilização de um *hardware*, que depois de previamente instalados os módulos de funcionamento, seja capaz de cumprir todos os objetivos propostos.

Assim sendo, é necessário a utilização de *hardware* no qual seja possível instalar os módulos de software desenvolvidos, de modo a cumprir os objetivos propostos para a prova de conceito desta dissertação.

Esta arquitetura foi pensada e criada de forma modular, ou seja, com o intuito do sistema possuir a capacidade de ser expandido de forma fácil sem que a base de implementação do mesmo seja afetada, como por exemplo, a adição do suporte a um novo tipo de inversor. Esta arquitetura faz com que o sistema seja escalável, garantindo-se a retro compatibilidade de versões uma vez que futuramente as instalações fotovoltaicas possam vir a ter versões diferentes do sistema conforme seja necessário. O sistema procura também seguir boas práticas de um sistema crítico, nomeadamente com a sua capacidade de tolerância a falhas e recuperação das mesmas.

Na Figura 28 apresenta-se um esboço da visão da solução. É possível verificar que depois da energia solar ser convertida pelos painéis solares através do efeito fotovoltaico (a), esta energia é direcionada para os inversores (f), que por sua vez a injetam na rede (g) ou redirecionam para consumo próprio, dependendo se a instalação em vigor está ao abrigo da lei do autoconsumo [Diário da República, 2014] ou não. O dispositivo criado como produto final desta solução (e) interliga-se com o inversor (f) e envia os respetivos dados técnicos de cada inversor para o servidor central. Da mesma forma se comporta a ligação com o dispositivo de medição de consumo energético (b), depois de tratados os dados, estes são enviados para os servidores da Smartwatt no qual são analisados e vigiados pelo sistema de monitorização que possui.

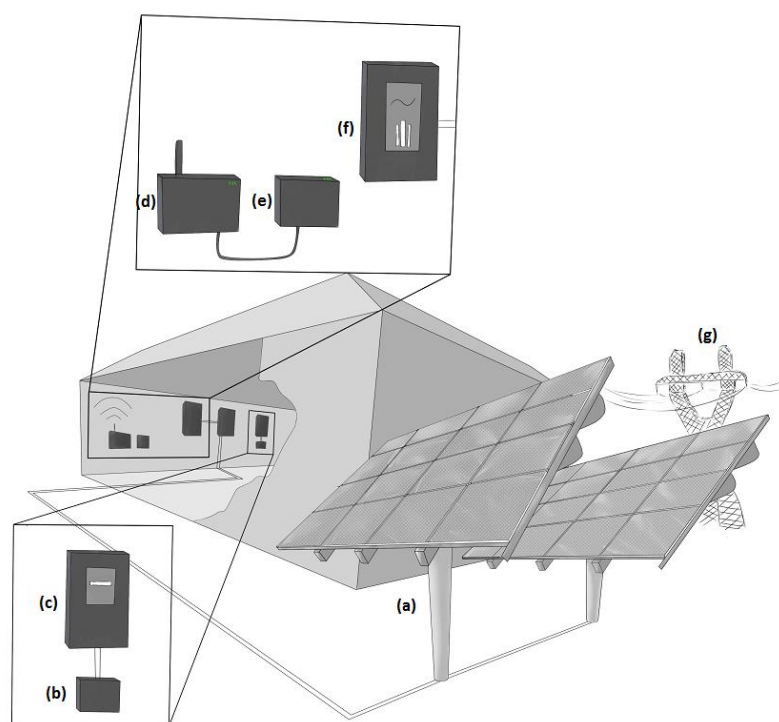


Figura 28 - Visão geral da solução; (a) – painel solar; (b) – medidor de consumo; (c) – contador elétrico; (d) – *router*; (e) – box; (f) – inversor; (g) – rede elétrica

2.3.2 Hardware da solução

Na solução proposta são necessários três equipamentos extra para além dos equipamentos que fazem parte de uma instalação solar fotovoltaica: um equipamento de box, que contém toda a lógica e tecnologia desta solução, um *router* que fornece internet à box e, no caso de a instalação possuir a implementação da lei do autoconsumo [Diário da República, 2014], um aparelho que permita medir os consumos energéticos da instalação e comunicá-los com a box. Em relação à box, apresentada na Figura 29, a Smartwatt optou por escolher um dispositivo de *hardware* de nome Alix 2d13, com o qual já trabalhou no passado, facilitando desta forma a utilização deste equipamento. Este dispositivo possui as características apresentadas na lista seguinte [PC Engines, 2014]:

- CPU: 500 Mhz AMD Geode LX800;
- Memória: DRAM-.256 MB DDR DRAM;
- Armazenamento: CompactFlash socket, 44 pin IDE header;
- Potência: DC jack or passive POE, min. 7V to max.20V;
- 3 LED frontais;
- Expansão: 1 miniPCI slot, LPC bus;

- Conectividade: 3 portas *ethernet* (VT6105M 10/100)
- I/O: DB9 serial port, USB;
- Tamanho: 152.4 x 152.4 mm;
- Firmware: tinyBIOS.



Figura 29 - Alix 2d13 [PC Engines, 2014]

Neste dispositivo é possível instalar um sistema operativo Linux, bem como instalar os módulos necessários ao desenvolvimento das funcionalidades propostas.

No que diz respeito ao *router*, se a instalação não possuir internet é utilizado um *router* 3G de forma a fornecer internet à box e em alguns tipos de inversores fornecer internet aos próprios inversores. Se a instalação fotovoltaica possuir internet, basta um *router* mais simples, de forma a criar uma rede interna apenas entre os dispositivos envolvidos.

Para o mecanismo de medição de consumos energéticos, a Smartwatt já possui um dispositivo capaz de efetuar essa medição, que é utilizado em serviços de gestão de eficiência energética, o qual pode ser aproveitado nesta solução.

2.3.3 Comunicação com inversores e medidor de autoconsumo

2.3.3.1 Comunicação com inversores

Esta solução suporta, pelo menos nesta fase inicial de prova de conceito, os inversores com os quais a Smartwatt trabalha: SMA e Danfoss. A Danfoss foi adquirida pela SMA mas possui protocolos de comunicação diferentes, pelo que na prática têm de ser tratados como tipos de inversores distintos.

A Danfoss comunica com a box através do protocolo de comunicação FTP, no qual apenas tem de se configurar o serviço FTP no portal que o próprio inversor possui. Esta forma de comunicação apresenta falhas de segurança, que não são possíveis de corrigir pois tal depende apenas do fornecedor. Na Figura 30 é possível visualizar um esquema que ilustra a forma de comunicação de inversores Danfoss com a box.

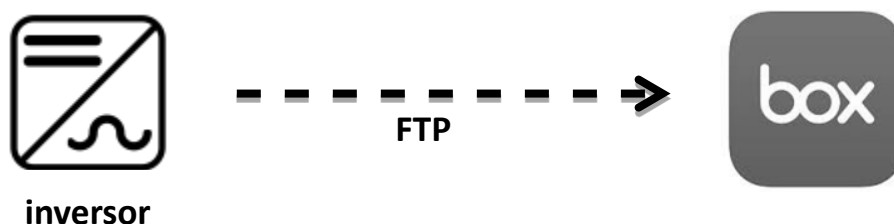


Figura 30 - Comunicação inversor Danfoss com a box

A SMA possui um protocolo específico para a comunicação dos seus inversores, de nome YASDI (*Yet Another SMA Data Implementation*), o qual pode ser utilizado de duas formas: através de conexão *bluetooth* ou através da ligação com cabo RS485. Na solução apresentada nesta dissertação foi utilizada a conexão através do cabo RS485. Na Figura 31 visualiza-se um esquema que ilustra a forma de comunicação de inversores SMA com a box.

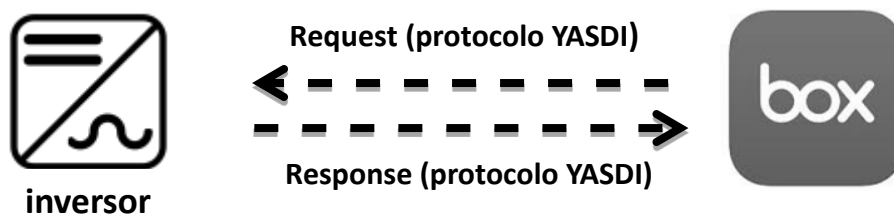


Figura 31 - Comunicação inversor SMA com a box

2.3.3.2 Comunicação com medidor de consumo

O analisador de consumo que a Smartwatt possui permite obter os registos de consumo da instalação à qual está ligada. A box faz um pedido ao analisador, o qual fornece um ficheiro XML com os dados, permitindo à box tratar o ficheiro XML de forma a obter os dados de consumo. Na Figura 32 é possível analisar o esquema da comunicação entre a box e o medidor.

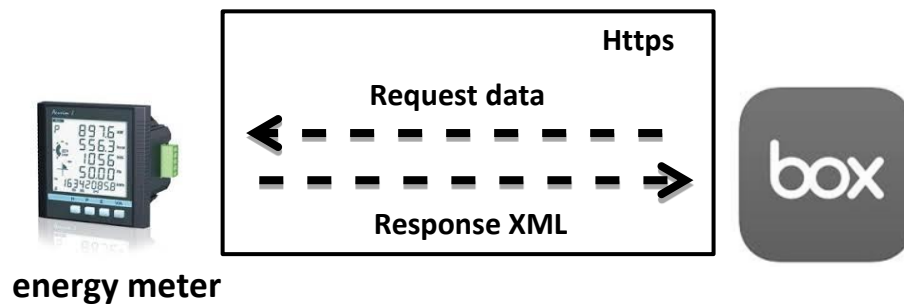


Figura 32 - Comunicação do medidor de consumo com a box

2.3.4 Tratamento dos dados

Uma vez obtidos os dados, o sistema compila a informação num ficheiro, com base nas variáveis que o sistema está configurado previamente para obter, ou seja, o inversor envia um determinado conjunto de valores e a box apenas obtém os valores para que está configurada, agrupando os valores num único ficheiro.

O processo repete-se em relação ao tratamento de dados que a box obtém do analisador de consumo, contudo, neste caso, são aproveitados todos os valores enviados pelo medidor/analizador de consumo.

2.3.5 Envio de dados para o servidor

Após ser efetuado o tratamento dos dados obtidos, a box envia-os periodicamente para o servidor da Smartwatt através da utilização do protocolo SFTP. A Figura 33 representa um esquema exemplo de comunicação da box com servidor aquando do envio de dados.

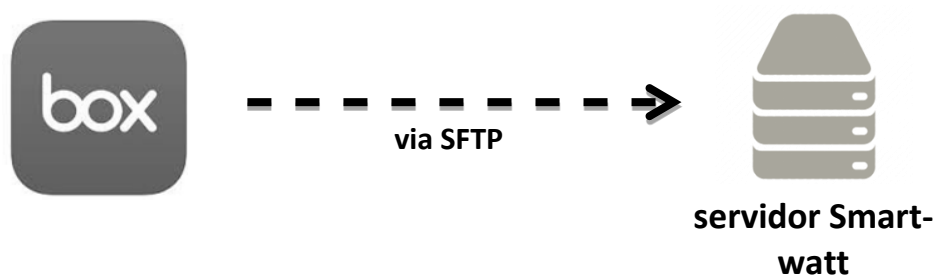


Figura 33 - Comunicação da box com o servidor da Smartwatt

2.3.6 Arquitetura do portal da box

O portal *web* desenvolvido como parte da solução apresenta como principal objetivo tornar trivial a configuração da box. Desta forma o técnico, aquando da instalação do sistema, pode configurar facilmente diversas funcionalidades e parametrizações da box como as listadas na lista que se segue:

- Efetuar *login*;
- Configurar o detetar inversores;
- Configurar os dados da instalação;
- Configurar os dados dos inversores;
- Configurar os dados de inversores detetados;
- Configurar os dados das variáveis;
- Ativar a box;
- Desativar a box;
- Reiniciar a box.

O Anexo A apresenta a descrição dos casos de uso acima descritos, as imagens representativas da interface do portal *web* desenvolvido podem ser visualizadas na secção 4.5.3, a qual explica a configuração inicial da box.

A parte *client-side* é desenvolvida através da utilização da *framework javascript* AngularJS, a qual efetua pedidos AJAX, ao qual o servidor embutido na box responde com um objeto JSON. Todo o código que responde a pedidos da interface *web* foi desenvolvido em PHP. Na Figura 34 podemos observar a arquitetura base dos pedidos efetuados pelo portal da box.

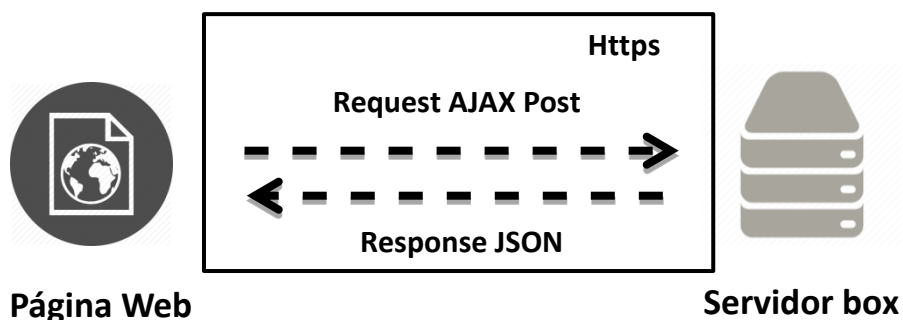


Figura 34 - Arquitetura do portal da box

3 Ambiente de trabalho

Neste capítulo é analisado e descrito o ambiente de trabalho utilizado na realização de todas as componentes constituintes deste projeto, sendo apresentada a metodologia de trabalho usada, assim como o seu planeamento. Este capítulo apresenta e descreve também todas as tecnologias utilizadas na realização da componente prática do projeto.

3.1 Metodologias de trabalho

Na elaboração da componente prática do trabalho procurou-se seguir a metodologia de *software Extreme Programming (XP)*, a qual se enquadra no conceito de metodologias ágeis e se destina a melhorar a qualidade do software e a capacidade de resposta à evolução das necessidades dos clientes, ou seja, é uma disciplina de desenvolvimento de software que procura organizar as pessoas de modo a que consigam produzir software com maior qualidade e de forma mais produtiva [Extreme Programming - Don Wells, 2013].

O *Extreme Programming* tem como princípios básicos a interação, a simplicidade, mudanças incrementais e o trabalho de alta qualidade, sendo destinada a equipas de pequena dimensão. Esta metodologia centra-se em quatro atividades principais: o planeamento, o desenho, a codificação e os testes. O esquema da Figura 35 apresenta a relação entre as quatro atividades [Extreme Programming - Don Wells, 2013].

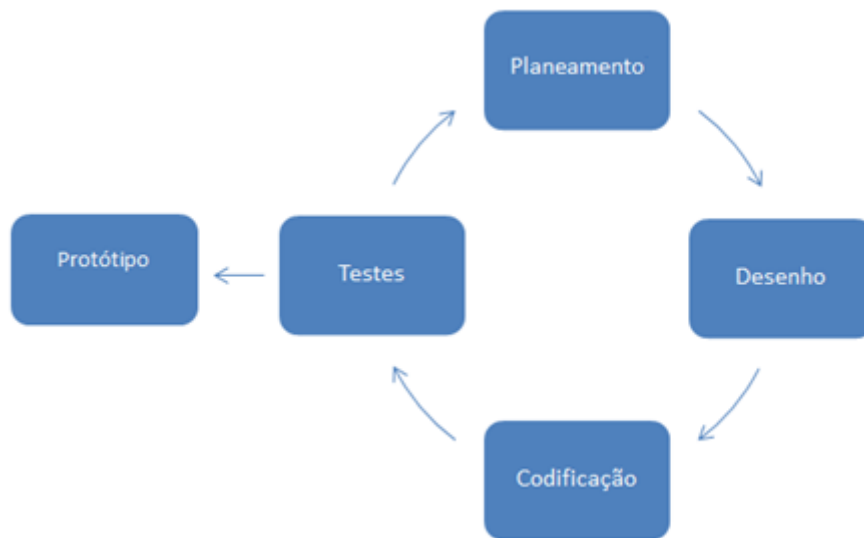


Figura 35 - Metodologia de desenvolvimento *Extreme Programming*

O planejamento deve ser efetuado em primeiro lugar sob a forma de iterações. No início da iteração o programador deve reunir-se com o cliente de forma a discutir a funcionalidade a desenvolver, bem como a sua prioridade.

Depois de elaborado o planejamento, o próximo passo a seguir segundo esta metodologia, é o desenho, o qual consiste em estruturar e arquitetar toda a lógica do sistema, tendo em conta as dependências, antes de se passar para a implementação da solução.

Segundo os defensores desta metodologia, a codificação é a etapa mais importante, pois sem esta não existe produto final. Na prática esta atividade corresponde a implementar em código o desenho elaborado na atividade anterior, de forma a obter um produto funcional.

A etapa de testes consiste em efetuar vários tipos de testes ao código implementado no passo anterior, tais como testes unitários e/ou testes de aceitação. Os testes unitários têm como objetivo averiguar se determinado recurso funciona como é suposto, ou seja, se o sistema funciona como é pretendido pelo programador. Por outro lado, os testes de aceitação validam se os requisitos da funcionalidade criada pelo programador estão de acordo com a solução visada, ou seja, se o sistema funciona como pretendido pelo cliente.

A elaboração da solução apresentada neste projeto, através dos conceitos de *Extreme Programming*, foi desenvolvida de forma incremental em cada iteração, sendo executadas as quatro atividades do sistema (planeamento, desenho, codificação, testes), tendo como *output* em cada iteração uma nova versão do protótipo. As iterações seguintes corrigem potenciais falhas do protótipo anterior, de forma a melhorar a sua qualidade, assim como

integrando o desenvolvimento de novas funcionalidades, permitindo assim produzir *software* com maior qualidade.

3.2 Planeamento de trabalho

Depois de uma análise preliminar no início do projeto e tendo em conta a metodologia de trabalho *Extreme Programming*, foi possível concluir que a realização deste projeto seria dividida em várias fases, apresentadas na seguinte lista:

- Planeamento;
- Levantamento dos requisitos;
- *Design* das funcionalidades;
- Instalação do *software* na box;
- Implementação *Back-end*;
- Implementação *Front-end*;
- Testes e análise de resultados;
- Documentação;
- Escrita do relatório final.

Na Figura 36 é possível observar o diagrama de Gantt deste planeamento, tendo em conta as fases acima listadas.

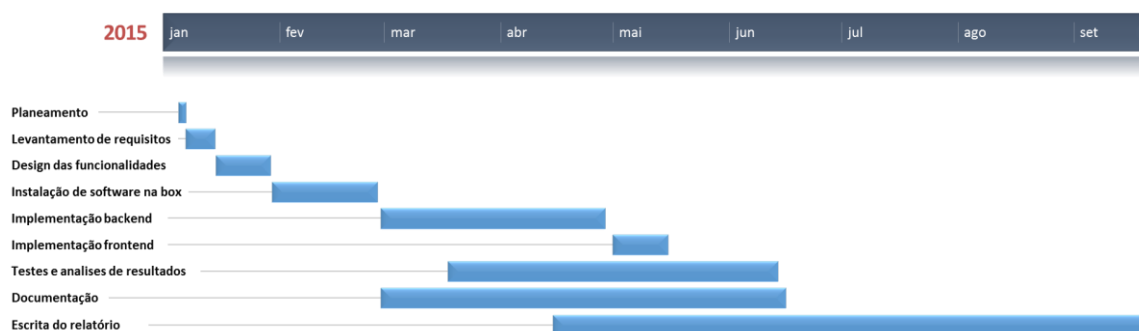


Figura 36 - Diagrama de Gantt do planeamento da solução

3.3 Tecnologias utilizadas

Este subcapítulo tem como principal objetivo listar e descrever de forma detalhada as tecnologias utilizadas na realização deste projeto. Pretende-se justificar a escolha das

tecnologias bem como fazer o seu enquadramento no âmbito da prova de conceito da solução arquitetada.

3.3.1 PHP

O PHP é uma linguagem de programação *server-side*. A lista abaixo enumera as principais vantagens desta linguagem [My PHP Net, 2012; Vandelay Design, 2012]:

- Open source;
- Suporte para multiplataformas;
- Elevado suporte devido à grande popularidade, possuindo boa documentação de apoio e suporte, assim como grupos e fóruns de suporte;
- Grande comunidade, o que permite a troca de conhecimento;
- SFS (stability, flexibility, speed);
- Tipagem dinâmica;
- Suporte de orientação a objetos.

Nesta solução utilizou-se a mais recente versão disponível à data de escrita deste relatório (versão 5.5).

Esta linguagem faz parte das linguagens utilizadas na componente *server-side* na Smartwatt, o que para além das vantagens enumeradas, ajudou na escolha e integração.

3.3.2 Bash Shell script

É uma linguagem de *scripting* que foi desenhada para ser implementada na shell de UNIX. Esta linguagem permite efetuar diferentes tarefas. No desenvolvimento desta solução apenas foi utilizada como atalho. Os *Shell scripts* desenvolvidos contêm, por exemplo, comandos com execuções de outros *scripts*.

3.3.3 JSON

JSON ou *JavaScript Object Notation* é um formato de troca de dados leve que foi desenvolvido por Douglas Crockford. É de fácil leitura para o programador, mas também é fácil de ser analisado e gerado computacionalmente. Uma das suas mais-valias é ser uma alternativa de mais fácil utilização do que XML em AJAX. O JSON é um formato de texto completamente independente de outras linguagens, mas utiliza convenções que são similares às usadas em

todas as principais linguagens (C, C#, C++, Java, Python, JavaScript, etc). Um objeto do tipo JSON é constituído por um conjunto desorganizado de pares nome/valor. A organização do objeto encontra-se já pré-definida, sendo que os pares se encontram dentro de chavetas ({ }), separados por vírgulas. O par é definido pelo nome em *string* seguido de dois pontos, seguido do valor correspondente, como podemos verificar na imagem representativa da Figura 37 [json.org].

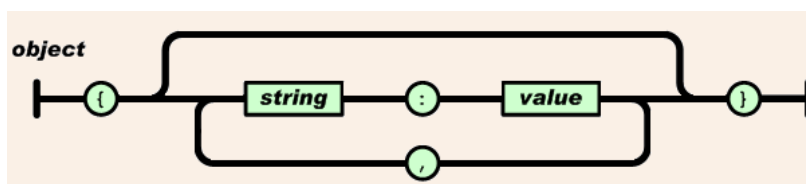


Figura 37 - Representação de um objeto JSON [json.org]

3.3.4 HTML5

O HTML (*HyperText Markup Language*) é uma linguagem de marcação, destinada à utilização em páginas *web*. Esta linguagem é definida através de elementos HTML, os quais descrevem aspetos da página. A versão 5 do HTML veio acrescentar mais elementos aos já existentes, permitindo um aumento de funcionalidade. Alguns dos novos elementos são: vídeo, áudio, *drag and drop*, *canvas*, entre outros. O HTML5 foi utilizado na elaboração das páginas *web* existentes na aplicação desenvolvida [W3schools, 2015a].

3.3.5 CSS3

O CSS (*Cascading Style Sheets*) é uma linguagem de estilo, que serve para definir a apresentação de páginas *web*, mas também pode definir documentos escritos em XML. A principal vantagem do CSS é a separação entre o formato e o conteúdo de um documento. O CSS foi utilizado na formatação das diferentes páginas HTML existentes na aplicação [W3schools, 2015b].

3.3.6 Javascript

O JavaScript é uma linguagem de *scripting*, desenvolvida por Brendan Eich. Esta é fracamente tipada e dinâmica. É a principal linguagem utilizada no *Client-Side*, sendo executada no próprio *browser*, servindo para tornar dinâmica a *interface* das páginas *web*, complementando a estrutura rígida fornecida pelo HTML. Existem diversas *frameworks* que

têm por base esta linguagem de programação, como é o caso do JQuery e do AngularJS, e que pretendem acelerar o desenvolvimento de aplicações *web*, através da abstração, modularização e implementação de certas funcionalidades [David Flanagan, 2006].

Esta linguagem foi utilizada no *Client-Side*, tornando a página mais dinâmica, através do uso de uma *framework* de seu nome *AngularJS*.

3.3.7 AngularJS

AngularJS é uma *framework javascript open-source* que permite estender a linguagem HTML tradicional de forma a tornar as páginas mais dinâmicas, eliminando desta forma muito código que de outra forma teria de ser escrito manualmente.

Esta *framework* utiliza como base o padrão MVC, um padrão de *software* que separa a lógica do negócio com o resto da interface. Esta separação é feita através de três conceitos, *model*, *view* e *controller* [Stack Exchange Inc, 2013]. Na Figura 38 pode-se ver a interação entre cada conceito.

Esta *framework* permite adicionar ao conteúdo HTML novos atributos, sem a necessidade de programação *javascript* pura.

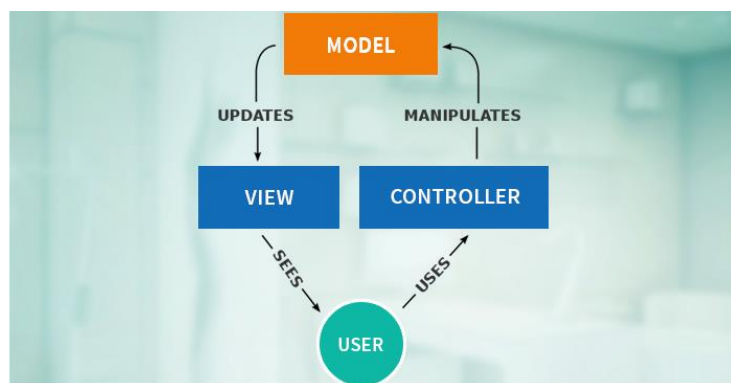


Figura 38 - Interação dos vários componentes do modelo MVC [Algoworks, 2014]

- *Model* - responsável pela lógica da aplicação e assim como pelas regras de negócio e dados desta. No *Model* são armazenados os dados que são recuperados pelo *controller* e apresentados na *view*;
- *View* - responsável por solicitar os dados ao *model* e apresentar esta informação ao utilizador;

- *Controller* - responsável por receber os *inputs* do utilizador, para que possa atualizar o *model* e este disponibilizar a respetiva *view*.

3.3.8 SVN

Apache subversion é um *software open source* utilizado na gestão e controlo de versões desenvolvido pelo apache Software Foundation. Desta forma os programadores podem manter um histórico de versões do seu código fonte, e muitas vezes recuperar uma versão mais antiga. Através da utilização de *commits* (finalizar e guardar a versão do seu código, ou seja, sincronizar com o SVN) e *updates* (atualizar o seu código local com a ultima versão sincronizada com o SVN) é possível que vários programadores desenvolvam no mesmo projeto ao mesmo tempo para que no fim fique tudo sincronizado [Ben Collins-Sussman, Brian W. Fitzpatrick & C. Michael Pilato, 2004].

3.3.9 PHPDocumentator

Para a documentação do código PHP implementado, utilizou-se a API PHPDOC. À semelhança de outras ferramentas de documentação como o *Doxygen*, tem a capacidade de interpretar uma página *web*, na qual é possível visualizar a informação de cada *script*, assim como de cada função, parâmetros que recebe, funcionalidade e retorno [phpDocumentor, 2015]. O excerto de Código 1 apresenta um exemplo da estrutura de um comentário em PHP capaz de ser interpretado pelo PHPDOC.

```
/**
 * Descrição curta da Função
 * Descrição longa da Função
 * @param tipo nome Descrição
 * @return tipo Descrição
 */
```

Código 1 - Exemplo de comentários do PHPDOC

Os comentários contêm três segmentos básicos: uma descrição curta, uma descrição longa e diversos tipos de tags. No excerto do código 1 podemos ver a tag *@params* representativa de um parâmetro da função e a tag *@return* representativa do retorno da função.

No fim é gerada uma página HTML com a API do projeto, como podemos verificar no exemplo da Figura 39.

The image shows two side-by-side screenshots. The left screenshot is a PHPDoc page for a function named `login()`. It features a search bar with the text `login(string $user, string $pass) : Object`. Below the search bar, there is a section titled "Função de Login." followed by a description: "Esta função tem como objetivo autenticar um utilizador. Através da função password_verify é verificado se a password, passada pelo o utilizador corresponde à hash d password verdadeira. se sim, é gerado um token aleatório como variavel de sessão, e atribui-se o status a 1 se não, o status fica a 0, que significa que a autenticação falhou, e não é gerado token de sessão." Below this, there is a "Parameters" section with a table:

string	\$user	contém o nome do utilizador
string	\$pass	contém a password do utilizador

Below the table, there is a "Returns" section with the text "Object".

The right screenshot is a dark-themed API documentation page. It shows the author "Jacinto Rodrigues" and a "params" section with a JSON object: `{ "username": "rmbbox", "password": "rmbbox" }`. Below that, there is an "api" section with a "sucesso" (success) response: `{ "status": 1, "token": "164742168558ae9d79180" }` and an "erro" (error) response: `{ "status": 0, "token": "" }`.

Figura 39 - Secção correspondente à descrição de um método gerado com o PHPDOC

4 Descrição técnica

O presente capítulo apresenta de uma forma mais técnica e detalhada a solução desenvolvida por forma a expor uma visão pormenorizada da mesma. Desta forma encontra-se dividido em cinco subcapítulos: a análise e modelação na qual é apresentada uma vista geral da arquitetura desenvolvida, a preparação dos componentes de *hardware* e *software* do sistema, aonde é apresentada as configurações necessárias, que foram efetuadas na box, antes do desenvolvimento técnico. Os restantes 3 subcapítulos, nomeadamente: comunicação e tratamentos de dados provenientes da instalação, envio de dados para o servidor central e o portal web para a configuração descrevem o desenvolvimento da solução no que diz respeito à descrição dos pormenores mais técnicos que levaram à construção do produto final.

4.1 Análise e modelação

Com base na apresentação da solução descrita no capítulo 2.3, surgiu a necessidade de interligar todos os módulos desenvolvidos, de forma a construir um único modelo de dados no qual é possível analisar todas as interações diretas entre os diferentes componentes que constituem a solução.

A Figura 40 apresenta a arquitetura geral da solução desenvolvida, bem como as interações entre os diversos componentes que a constituem.

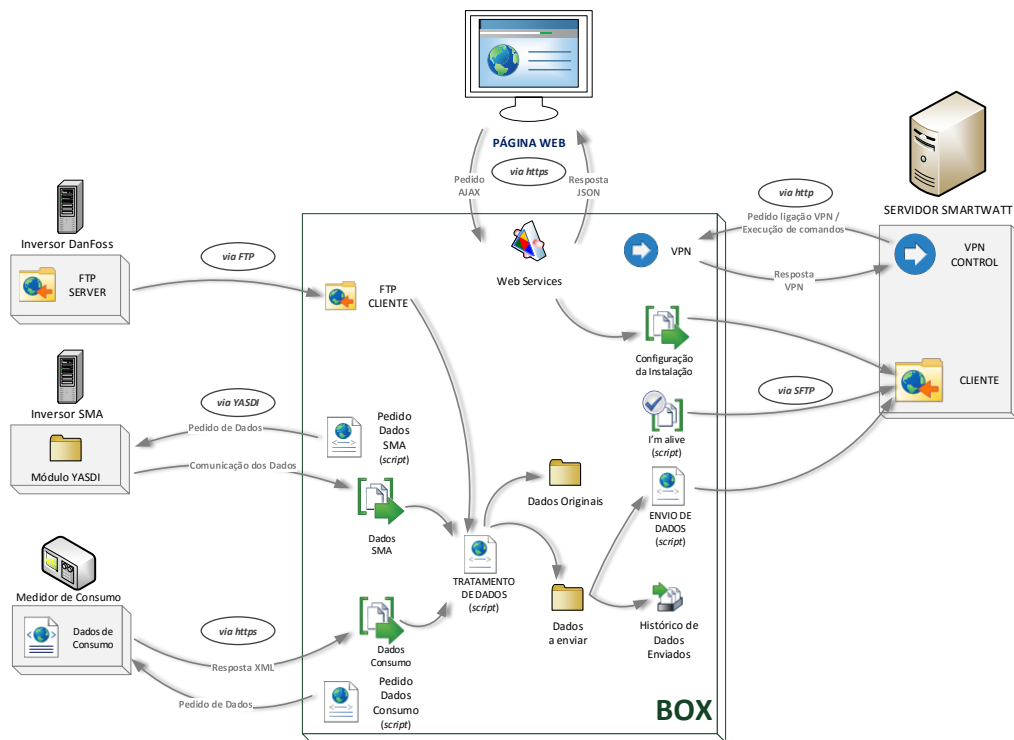


Figura 40 - Arquitetura geral da solução

Através da análise da arquitetura da solução apresentada, é possível verificar que o sistema principal, nomeadamente a box, interage de forma distintamente com cinco módulos diferentes: inversores e medidor de consumo, portal *web* da box, servidor da Smartwatt, *Im alive* e VPN.

De uma forma geral, sempre que existe comunicação com um inversor ou medidor de consumo, os dados são tratados de forma a aproveitar apenas a informação que o utilizador configurou na interface, sendo de seguida enviados para o servidor da Smartwatt.

O mesmo acontece com o portal *web* disponibilizado, de forma a facilitar alterações nas configurações por parte do utilizador, as quais, para além de serem guardadas localmente no dispositivo, são também enviadas para os servidores da Smartwatt.

O módulo *Im alive* tem como principal objetivo enviar periodicamente dados relativos ao *hardware* do sistema e também o seu IP, de modo a manter esta informação atualizada no servidor da Smartwatt.

O módulo VPN possui como principal característica a possibilidade de, através da introdução de um comando de ligação no servidor da Smartwatt, a box interpretar esse comando e dessa forma estabelecer uma ligação com a rede privada da Smartwatt, retornando assim o seu IP privado. Também é possível executar alguns comandos remotamente recorrendo a esta ligação VPN.

Os capítulos que se seguem, assim como os subcapítulos e pontos correspondentes, descrevem em detalhe as funções e os detalhes de implementação de cada componente do diagrama apresentado na Figura 40.

4.2 Preparação dos Componentes de Hardware e Software do Sistema

Esta secção apresenta todas as configurações efetuadas no hardware da box necessárias para efetuar o desenvolvimento dos módulos técnicos apresentados nos próximos capítulos, nomeadamente: instalação do sistema operativo, instalação de módulos e a estrutura de pastas definida.

4.2.1 Instalação do sistema operativo

O *hardware* utilizado, denominado de Alix2d13, possui uma entrada para um cartão CF. Desta forma é possível instalar um sistema operativo no cartão CF e de seguida introduzi-lo no *hardware*, permitindo desta forma a sua inicialização e funcionamento.

A Google disponibiliza um ficheiro com a imagem de uma instalação que utiliza *debian* como sistema operativo, o qual está otimizado para utilização em dispositivos da gama Alix. Desta forma utilizou-se este ficheiro como ponto de partida da configuração da box.

O ficheiro de imagem disponibilizado pela Google possui 2Gb, sendo este idealmente utilizado em cartões CF do mesmo tamanho, contudo a Smartwatt utiliza cartões com o dobro do tamanho. Concluiu-se que seria uma mais valia para o produto finalizado possuir mais espaço livre, visto que a instalação base que a Google disponibiliza ocupa um espaço bruto de cerca de 1Gb, sobrando o restante. Ao expandir esta imagem para os 4Gb, o sistema operativo ocupa apenas 1/4 do espaço total, podendo o restante espaço ser utilizado para aumentar a longevidade da box no seu armazenamento de dados e ficheiros de *log*.

Para efetuar esta operação é necessário executar alguns comandos na consola do Windows. Primeiro é preciso fazer uma conversão do ficheiro de imagem para o ficheiro vdi (ficheiro do virtualbox), o que é conseguido através da execução do comando apresentado no Código 2.

```
C:\...>VBoxManage.exe convertdd "C:\...\debian-for-alix-v3.img"  
"C:\...\debianaalixfalcon.vdi"
```

Código 2 - Conversão de ficheiro .img para .vdi

De seguida é necessário expandir o disco virtual para os 4Gb, de forma a aproveitar ao máximo o espaço do cartão. Na prática expandiu-se para os 3800Mb visto que os cartões CF, tal como a maior parte dos dispositivos de armazenamento, nunca possuem o espaço total indicado. Esta conversão é conseguida através do comando apresentado no Código 3.

```
C:\...\>VBoxManage.exe modifyhd "C:\...\debianalixfalcon.vdi" --resize 3800
```

Código 3 Expansão do ficheiro .vdi

Finalmente é necessário arrancar a máquina redimensionada mas com um gestor gráfico, que contenha o gparted, ferramenta de gestão de disco que torna possível particionar corretamente o cartão para os aproximadamente 4Gb da máquina. A Figura 41 apresenta a utilização da ferramenta gparted na expansão do disco.

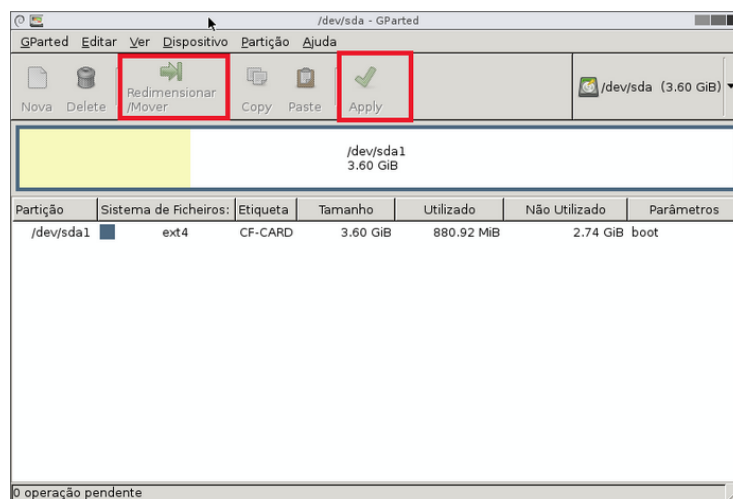


Figura 41 - Redimensionamento utilizando o gparted

Depois de finalizar os passos anteriores, é possível arrancar a máquina, normalmente no VirtualBox sem o gestor gráfico, de modo a efetuar as alterações dos módulos provenientes da imagem original fornecida e da imagem final desejada, as quais são apresentadas no subcapítulo 4.2.2.

Uma vez finalizada a instalação é necessário converter o ficheiro criado pelo VirtualBox para uma imagem, de forma a ser possível montar a imagem no cartão CF e assim colocar a box em funcionamento. Esta conversão é conseguida através do comando apresentado no Código 4.

```
C:\...\>VBoxManage.exe internalcommands converttoraw  
"C:\...\debianalixfalcon.vdi" "C:\...\debianalixfalcon.img"
```

Código 4 - Conversão de ficheiro .vdi para .img

Para a montagem da imagem no cartão CF é utilizado o *physdiskwrite* ou o *Roadkil's*, sendo que ambos permitem montar a imagem no cartão. A diferença prende-se ao facto de que com o Roadkill's é possível também fazer o processo inverso, ou seja, passar o conteúdo do cartão para um ficheiro de imagem.

4.2.2 Instalação de módulos

Da imagem inicial apenas alguns módulos foram aproveitados, nomeadamente: o Openssh, o Openvpn, o vsftpd e a configuração de portas de série.

O Openssh é um programa que implementa o protocolo de segurança criptográfico descrito no capítulo 2.2.3, o Secure Shell. O OpenVpn, tal como o Openssh, é um programa que implementa um protocolo de segurança, deste modo, como o nome indica, o protocolo VPN.

O vsftpd é um servidor FTP para sistemas Unix.

A configuração de portas de série diz respeito à configuração das portas contidas no hardware Alix como, por exemplo, a porta Rs232.

O Anexo B apresenta uma lista com os módulos completos que a imagem original fornecia. Foram efetuadas algumas modificações à imagem original de modo a otimizar o sistema operativo para a solução a desenvolver tais como a mudança do *hostname*, a criação de utilizadores novos, a configuração das portas *ethernet*, a configuração do servidor NTP e instalação do PHP, entre outros.

À parte dos módulos descritos anteriormente, foi necessário instalar alguns módulos, que são descritos nos próximos subcapítulos.

4.2.2.1 OpenSSL

No âmbito do presente projeto optou-se por utilizar certificados SSL auto-assinados como forma de demonstrar a possibilidade de utilização do SSL para a transmissão de mensagens seguras ao mesmo tempo que se evita o pagamento a uma entidade acreditadora para validação do certificado. Assim o sistema fica pronto a utilizar quando existir um certificado SSL devidamente acreditado.

Para a implementação do protocolo de segurança criptográfico SSL utilizou-se o *software open source*, openssl.

Visto que este protocolo opera sobre a interface *web*, é necessário a instalação prévia do apache, cuja instalação já fazia parte da imagem inicial.

É possível utilizar o certificado que o openssl disponibiliza por omissão ou criar um certificado auto-assinado. Para isso é necessário correr o comando apresentado no Código 5. Neste caso criou-se um certificado com a validade de 365 dias.

```
sudo openssl req -x509 -nodes -days 365 -newkey rsa:2048 -keyout /etc/apache2/ssl/apache.key -out /etc/apache2/ssl/apache.crt
```

Código 5 - Criação de certificado personalizado (auto-assinado)

Após a execução deste comando, é necessário responder a alguns *inputs* do certificado, como o nome do País, nome da organização, entre outros. O resto do procedimento foi seguido através do tutorial apresentado pela DigitalOcean [DigitalOcean, 2015].

Como este certificado é gratuito, não é acreditado por uma entidade certificadora, desta forma, no *browser* aparece um erro a avisar desta situação, como apresentado na Figura 42.

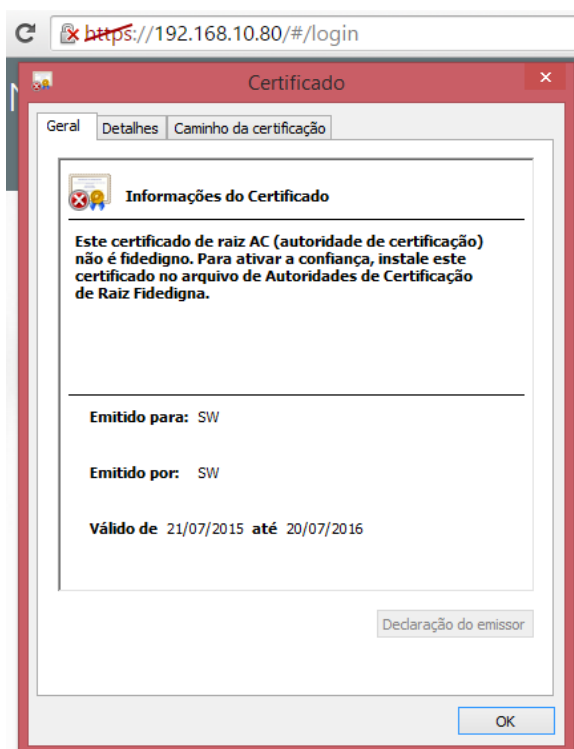


Figura 42 - Certificado openssl

Para além do seguimento do tutorial referenciado, também foi efetuada a modificação do ficheiro localizado em “/etc/apache2/sites-available/default” de forma a reencaminhar automaticamente o endereço da box para https, não sendo necessário o utilizador introduzir obrigatoriamente o https://192.168.10.80, alterações estas que são apresentadas no Código 6.

```
RewriteEngine On  
RewriteCond %{SERVER_PORT} !443  
RewriteRule ^/(.*)?$ https://%{HTTP_HOST}/
```

Código 6 - Alteração, que possibilita reacaminhamento para https

4.2.2.2 LED

A instalação do módulo de LED que a box fornece é bastante importante e útil, porque através da visualização destes é possível ao utilizador identificar o estado da box, como por exemplo se está ativa, assim como se estão a ser enviados dados para o servidor externo, entre outros. A sua instalação é bastante simples, basta para isso a execução das linhas apresentadas no Código 7.

```
apt-get install LED-alix-source module-assistant
module-assistant a-i LED-alix
cd /usr/src
aptitude install build-essential LED-alix-source linux-headers-$(uname -r)
tar -xvjf LED-alix.tar.bz2
cd modules/LED-alix/
make
cd /usr/src
rm -rf /usr/src/modules
aptitude purge build-essential LED-alix-source linux-headers-$(uname -r)
```

Código 7 - Instalação módulo LED para alix

Depois de executados estes comandos é necessário editar o ficheiro no caminho `/etc/modules` com as instruções do Código 8 para que quando a box inicia estes módulos sejam iniciados.

```
modprobe LED-alix
modprobe LEDtrig-default-on
modprobe LEDtrig-heartbeat
modprobe LEDtrig-timer
```

Código 8 - Módulos de LED iniciados ao arranque do sistema

4.2.2.3 Instalação YASDI

O YASDI é o protocolo de comunicação dos inversores SMA. Os inversores SMA ligam-se através de duas formas: através de um cabo rs485 ou através de Bluetooth. Nesta solução foi utilizada a ligação através do cabo rs485, mas utilizando um conversor de rs485 para rs232, pois é este o tipo da porta de série.

Desta forma, para a sua instalação, primeiro é necessário fazer o *download* de forma gratuita do *website* da SMA. De seguida é necessário usar o comando `cmake` sobre o diretório `generic-cmake`, seguindo-se da execução dos comandos `make` e `make install`. Concluindo estes passos com sucesso as bibliotecas `comolibyasdi.so`, `libyasdimaster.so`, `libyasdi_drv_serial.so` são instaladas na localização `"/usr/local/lib"`.

O YASDI é desenvolvido com recurso à linguagem computacional C. O *script* utilizado na comunicação com os inversores também o é. Para que seja possível a compilação do *script* é

necessário criar uma variável de ambiente que aponte para a localização das bibliotecas instaladas e de seguida a compilação através do programa gcc. A sequência dos comandos é apresentada no Código 9.

```
LD_LIBRARY_PATH=/usr/local/lib
export LD_LIBRARY_PATH

gcc sample1.c -I../include/ -I../smalib -I../libs -o sample1 -
lyasdimaster
```

Código 9 - Criação da variável de ambiente e exemplo de compilação

4.2.2.4 Instalação do incrontab

Na solução apresentada os *scripts* são executados de três formas distintas: crontab, incrontab e como resposta a pedidos *web*.

A versão da imagem inicial já possuía o crontab instalado e tem como objetivo executar *scripts* a uma determinada hora. Na solução desenvolvida todos os módulos da box são iniciados sempre que o *hardware* inicia.

O incrontab fornece opções que o crontab não disponibiliza, nomeadamente a execução de um determinado *script* sempre que um ficheiro for escrito numa determinada pasta que está a ser monitorizada pelo incrontab. A sua forma de instalação não é relevante pois é simples, basta executar o comando de instalação (apt-get install), seguido do pacote (incron), mas é fundamental no funcionamento da solução.

4.2.3 Estrutura de pastas da box

Uma vez que se pretende que a solução desenvolvida seja modular, de modo a permitir melhorias ou a instalação de novos módulos sem que a box seja afetada, arquitetou-se o sistema de pastas apresentado na Figura 43.

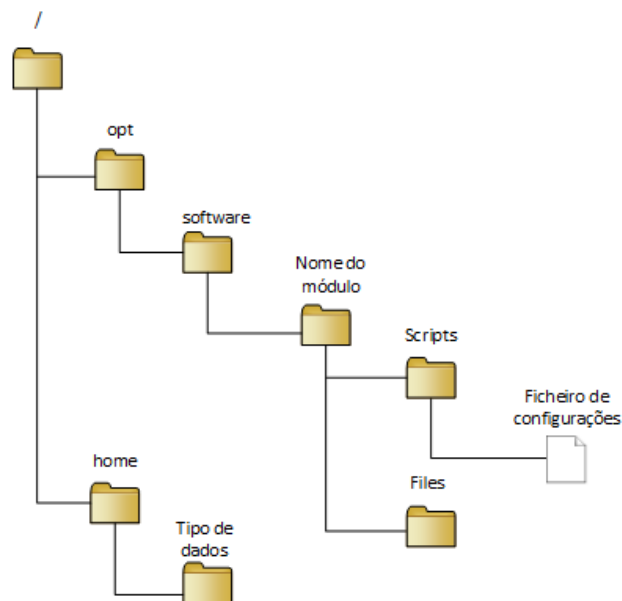


Figura 43 - Sistemas de pastas da solução

Foi estipulado que todos os módulos criados possuíam a mesma estrutura. Assim sendo, tal como é possível observar através da análise do sistema de pastas apresentado, um módulo insere-se dentro da pasta *software* e deve conter duas pastas, uma com os *scripts* do módulo e outra com os ficheiros resultantes do módulo. A pasta *scripts* também deverá conter um ficheiro de configurações, os quais contêm as variáveis de configuração necessárias ao funcionamento do módulo.

Também foi decidido que cada tipo de dados que a box tiver de tratar deve possuir uma pasta no diretório “/home” com o seu nome.

4.3 Comunicação e Tratamento de Dados Provenientes da Instalação

Os dados da instalação chegam à box de diversas formas e de diversos dispositivos, sendo por isso necessário um tipo de comunicação específica para cada caso, o que tem como consequência a necessidade de tratar os diferentes dados de formas distintas. É possível configurar no portal da box o tipo de inversores que a instalação possui e se esta pertence ao regime de autoconsumo ou não.

Nos próximos subcapítulos é explicada mais detalhadamente cada comunicação possível de ocorrer, bem como a respetiva forma de tratar os dados. No Anexo C é possível consultar a estrutura dos ficheiros dos inversores e do ficheiro do medidor de consumo.

4.3.1 Comunicação com inversores Danfoss

Os inversores Danfoss comunicam os dados através de uma entrega FTP. Para isso a box possui um utilizador FTP exclusivo a ser utilizado pelo inversor. Os inversores estão todos ligados em rede e ligados ao *router*, desta forma, basta aceder ao *router* e visualizar os endereços internos que estão ligados ao *router* tal como se pode ver na Figura 44.

LAN COMPUTERS		
IP Address	Name	MAC
192.168.0.63		58-57-0D-FB-4C-6D
192.168.0.50		58-57-0D-FD-9A-D3
192.168.0.54		58-57-0D-FB-48-0B
192.168.0.52		58-57-0D-FA-F9-F5
192.168.0.60		58-57-0D-FB-3A-B0
192.168.0.53		58-57-0D-FB-29-84
192.168.0.61		58-57-0D-FB-4C-80
192.168.0.57		58-57-0D-FC-DE-50
192.168.0.66		58-57-0D-FC-B5-3D
192.168.0.55		58-57-0D-FB-29-71
192.168.0.51		58-57-0D-FB-4C-7B
192.168.0.64		58-57-0D-FA-FA-5B
192.168.0.59		58-57-0D-FB-4C-78
192.168.0.65		58-57-0D-FC-75-61
192.168.0.58		58-57-0D-FB-29-75
192.168.0.56		58-57-0D-FD-04-29

Figura 44 - Exemplo de lista de IPs ligados ao *router*

Ao introduzir no *browser* um destes IPs, o utilizador é redirecionado para o portal de configurações que a Danfoss disponibiliza. Neste portal é necessário definir o inversor como maestro, ou seja, definir o inversor como responsável sobre os outros inversores, para que desta forma este consiga armazenar os dados dos outros inversores. Este processo possibilita ter uma visão geral sobre a instalação e efetuar operações como: visualizar inversores detetados, procurar inversores, visualizar dados de produção e entregar os dados no FTP que estiver configurado no portal. O login do portal vem por omissão com o utilizador “admin”, servindo também de *password*, sendo possível trocá-la posteriormente. Na Figura 45 é possível ver no canto superior esquerdo o painel de login do portal e no canto superior direito contém a configuração do FTP de entrega dos dados, neste caso, os dados do FTP criado na box. O canto inferior esquerdo contém a vista sobre a qual se indica o inversor maestro e as opções de procura e visualização de inversores. Por fim o canto inferior direito da figura apresenta o estado atual da instalação bem como dados de produção diária e total da instalação.

Uma vez configurado o FTP, este envia um ficheiro por cada inversor que a instalação possui com o seguinte formato: “nome do utilizador”-“ano”“dia”“mês”“minuto”“segundo”.

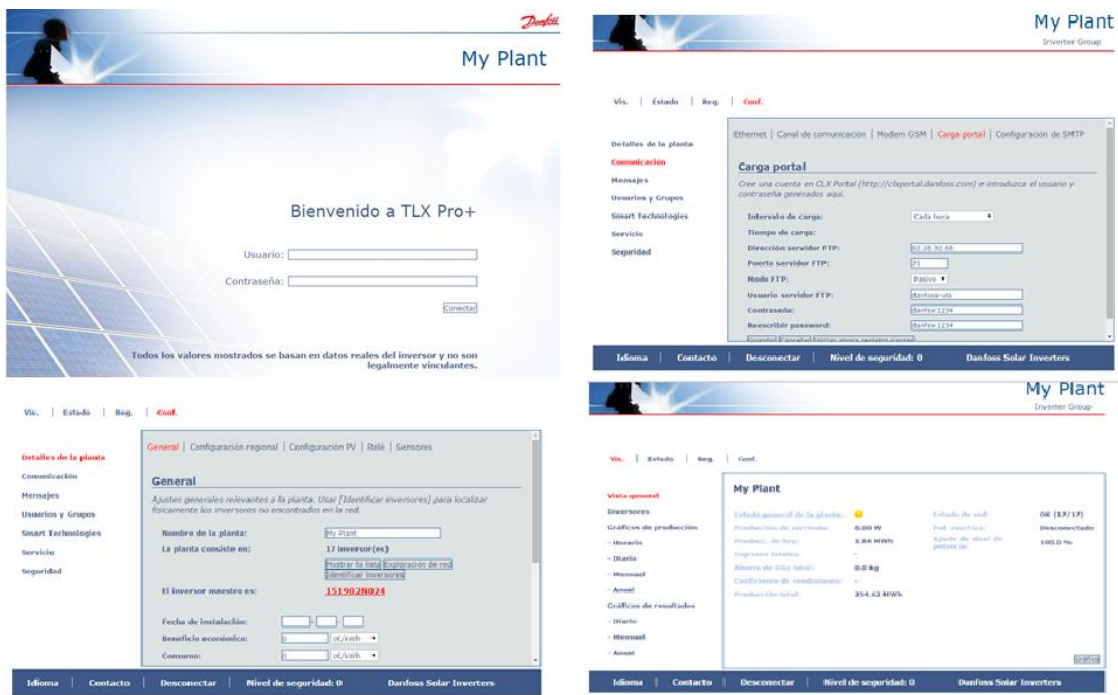


Figura 45 - Portal Danfoss

4.3.2 Comunicação com inversores SMA

Para efetuar a comunicação entre a box e os inversores SMA é utilizado o protocolo YASDI, explicado no capítulo 4.2.2.3. Desta forma, é necessário executar um *script* que implementa o protocolo referido de forma a receber os dados do inversor. É ainda necessário criar um ficheiro de configurações denominado “yasdi.ini”.

A Figura 46 apresenta o fluxograma do *script* desenvolvido para a comunicação dos inversores do tipo SMA de uma forma simplificada.

Através da análise do fluxograma é possível verificar que, aquando da sua inicialização, o *script* obtém dados de entrada, dados estes que dizem respeito à localização do ficheiro a ser criado, o número de inversores a ser procurado (requisito do protocolo) e a data da inicialização do *script*. De seguida é inicializado o ficheiro “yasdi.ini”, ficheiro que contém configurações do protocolo tais como a definição das portas de série. Depois são obtidas todas as portas de série existentes neste ficheiro e é verificado se alguma está *online*. Em caso negativo, o *script* acaba, dado que nenhum driver está *online*. Em caso afirmativo, é executado o pedido de deteção de inversores no qual é passado o número de inversores a ser detetados. Se a deteção de inversores não retornar nenhum inversor o *script* termina, podendo ser vários os motivos, mas o mais comum deve-se ao facto de a ligação entre os

inversores à box ou entre os próprios inversores não ter sido feita corretamente. Caso contrário, se forem encontrados inversores, é criado um ficheiro na localização passada por parâmetro e são efetuados dois ciclos iterativos, um ciclo exterior que percorre cada inversor obtido e outro ciclo interior que itera os dados do inversor que está a ser processado, sendo estes dados escritos no ficheiro criado. No final dos dois ciclos o *script* termina com sucesso.

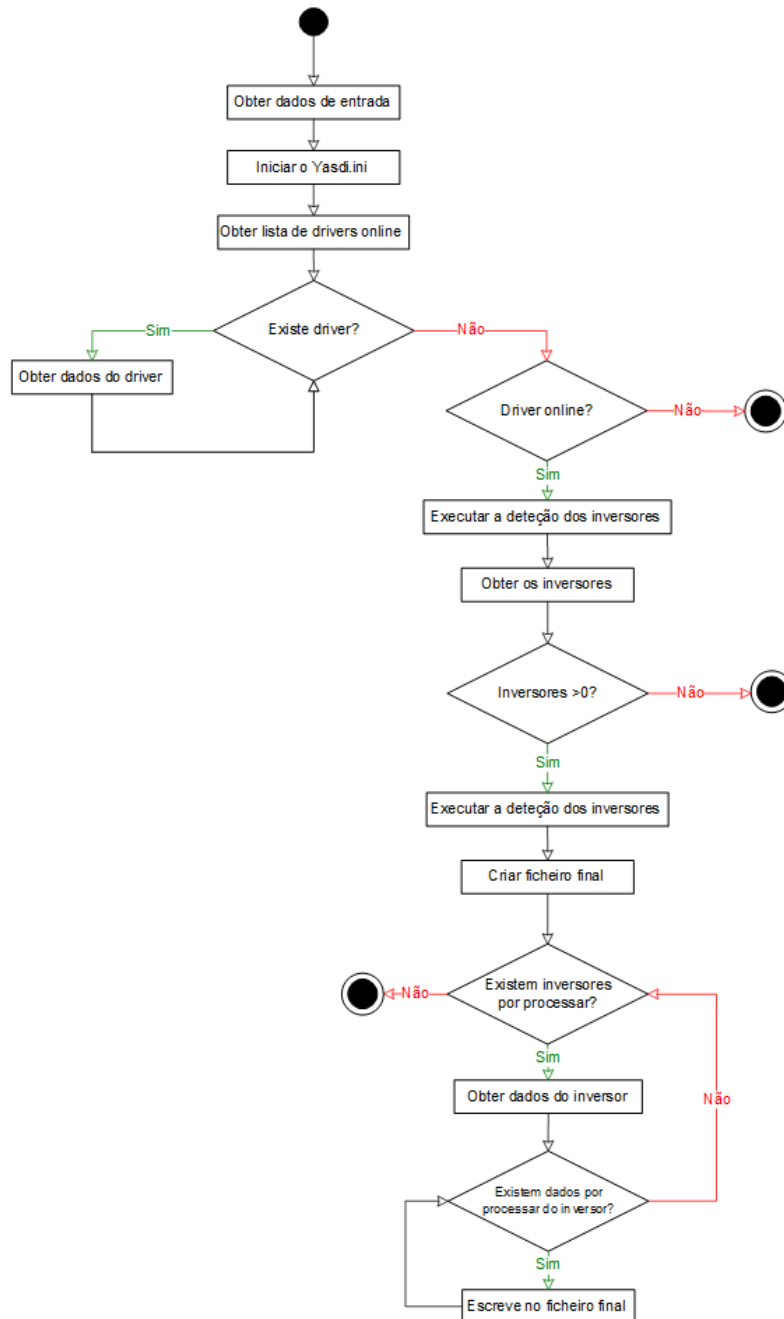


Figura 46 - Fluxograma do *script* de comunicação com inversores SMA

4.3.3 Comunicação com medidor de consumo

O medidor de consumo, assim como os inversores Danfoss, estão ligados a um *router*, ao qual é necessário aceder e fixar o *macadress* do medidor de consumo de forma a possuir sempre o mesmo IP em todas as instalações. A obtenção do ficheiro é feita através de um simples *script* que acede ao IP referido e obtém um XML com os dados de consumo da instalação, o qual é copiado para a box de modo a ser tratado posteriormente. O funcionamento deste *script* pode ser observado no fluxograma representado na Figura 47.

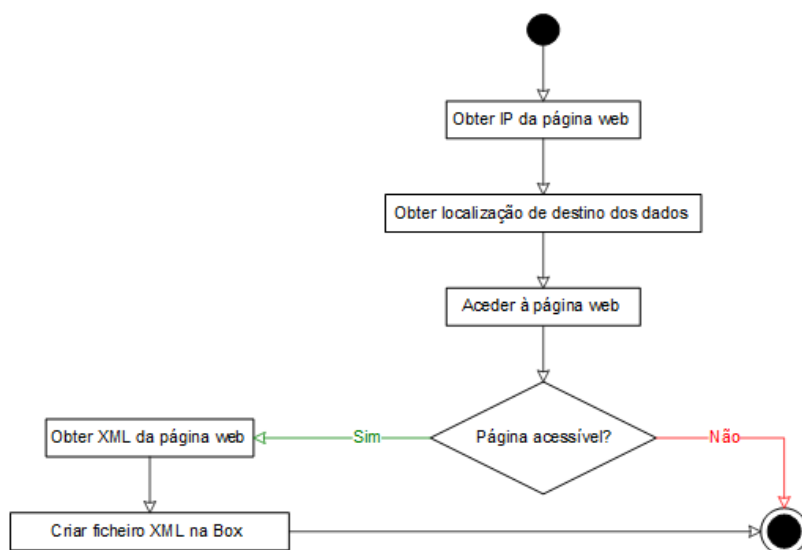


Figura 47 - Fluxograma do *script* de comunicação com o medidor de dados

4.3.4 Receção e tratamento de dados

Depois de efetuadas as comunicações com os dispositivos externos que enviam dados para a box, é necessário proceder ao tratamento destes para que possam ser enviados para o servidor central posteriormente.

Para saber o tipo de dados que têm de ser processados foi criado um *script* que efetua o tratamento de dados conforme as configurações guardadas pelo utilizador.

Os próximos subcapítulos apresentam uma análise da forma como cada tipo de dados é tratado.

4.3.4.1 Receção e tratamento de dados dos inversores

Apesar da comunicação de ambos os tipos de inversor testados se efetuar de forma distinta, o tratamento de dados é muito semelhante, pois consiste, em ambos os casos, em tratar

ficheiros com o mesmo tipo de informação, apesar do seu conteúdo ser diferente. Assim sendo, o modo de processamento é semelhante.

Ambos os *scripts* criados para efetuar o processamento de dados provenientes de cada tipo de inversor seguem a mesma lógica de pensamento, explicada no fluxograma da Figura 48.

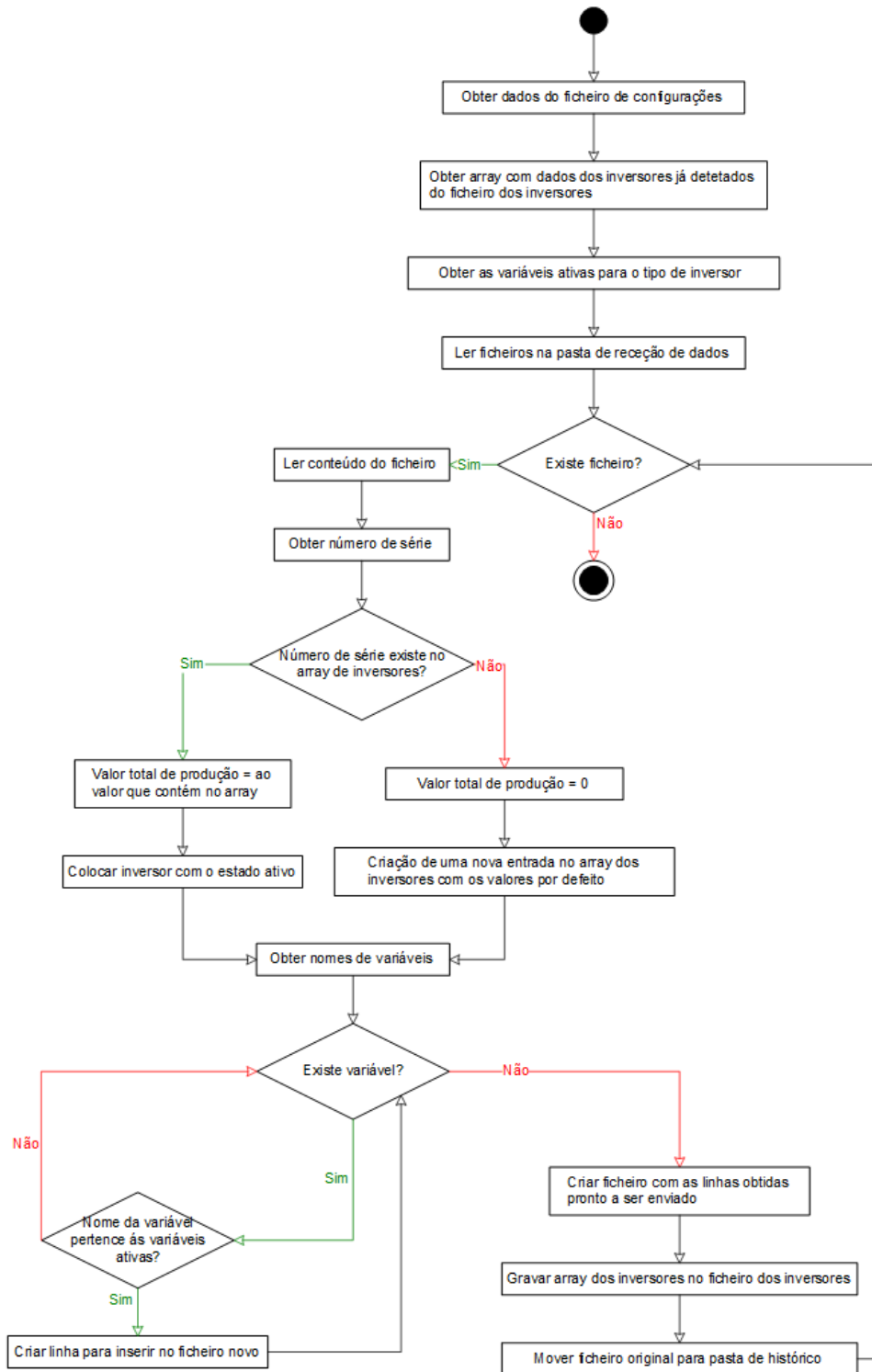


Figura 48 - Fluxograma do *script* de receção dos dados dos inversores

No fluxograma é possível observar que inicialmente são obtidas informações que estão presentes no ficheiro de configurações, configurações estas que dizem respeito à obtenção da localização do(s) ficheiro(s) colocados pelo inversor, assim como a localização de um ficheiro auxiliar que contém toda a informação de inversores já previamente detetados. Se for a primeira vez que a deteção é efetuada, o ficheiro encontra-se vazio. De seguida são obtidos dois *arrays*, o primeiro corresponde à informação guardada no ficheiro dos inversores, que possui informação como o número de série, o número da instalação, o valor de potência nominal, o total de produção, assim como se estavam ativos ou não na última vez que foi tratada a informação proveniente dos inversores. O segundo *array* corresponde às variáveis que são realmente utilizadas para obter o ficheiro, isto porque o ficheiro envia dados de *n* tipos de variáveis, mas através do portal disponibilizado pela box o utilizador pode escolher as variáveis das quais pretende obter a informação.

Depois de obtida toda a informação necessária, todos os ficheiros que estão presentes no diretório inicial de entrada dos ficheiros são processados. Desta forma, cada ficheiro é lido e obtém-se o número de série do inversor, verificando-se se este número de série já se encontra no *array* de inversores, se sim, é porque o *array* já foi anteriormente identificado, se não se encontrar no *array*, este é adicionado com os valores por definição, os quais podem ser alterados posteriormente pelo utilizador na interface *web* disponibilizada. De seguida, são iteradas as variáveis que se encontram no ficheiro original e verificado se estas estão no *array* das variáveis com o estado ativo. Se sim, é criada uma variável que corresponde à linha a ser inserida no ficheiro novo a ser criado segundo o formato seguinte: data da medição, número de série do inversor, nome da variável e valor da variável. No final de serem iterados todos os ficheiros é criado um único ficheiro na localização de envio de ficheiros de dados que contém as linhas inseridas na variável, sendo os ficheiros originais movidos para uma pasta de histórico. É também atualizado o ficheiro dos inversores com as alterações feitas no *array* dos inversores, as quais são visíveis na interface *web* disponibilizada.

4.3.4.2 Receção e tratamento de dados do medidor de consumo

A receção e tratamento de dados do medidor do consumo é mais simples que o tratamento dos ficheiros dos inversores, na medida em que apenas é convertido para um *array* o XML obtido e construído um ficheiro a partir desta informação, ou seja, não existem validações para verificar se o *hardware* é diferente ou que tipos de variáveis necessitam de ser guardadas. Na Figura 49 é apresentado o fluxograma simplificado do *script* que permite efetuar o tratamento dos dados obtidos do medidor de consumo. É possível verificar primeiramente

que são obtidas as configurações do ficheiro de configurações. De seguida é feita uma conversão do ficheiro XML para o formato JSON. Posteriormente o objeto JSON é iterado e construído o conteúdo do ficheiro final com os valores do consumo. No fim é criado o ficheiro final na localização de envio de ficheiros de dados e move-se o ficheiro XML para a pasta de histórico de ficheiros do medidor de consumo.

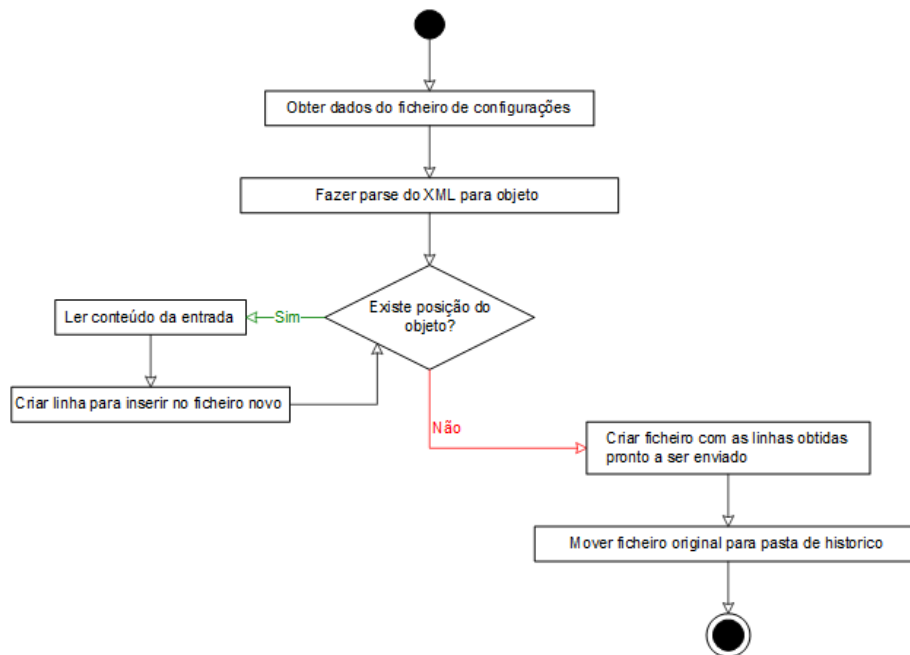


Figura 49 - Fluxograma do *script* de receção dos dados do medidor de consumo

4.3.5 Detecção de inversores

A deteção dos inversores tem como principal funcionalidade, como o nome indica, efetuar a deteção dos inversores na instalação. Este *script* é executado como consequência de uma ação do utilizador, na qual, através da seleção do tipo de inversor e do número de inversores que deseja procurar, é iniciado o *script*. Desta forma o *script* verifica se existe uma ordem para a deteção dos inversores e se o número indicado pelo utilizador é maior que zero, em caso afirmativo é colocada a segunda LED no estado intermitente, informando o utilizador que a ação executada está a decorrer. De seguida, dependendo do tipo de inversor selecionado, é executado o respetivo tratamento de dados, isto é, se o inversor é do tipo Danfoss é executado o *script* de tratamento de dados da Danfoss, por outro lado se o inversor for SMA, primeiro é executado o pedido de comunicação com o inversor e só depois é executado o tratamento de dados da SMA. Antes de terminar a execução do *script* a segunda LED, volta ao estado inicial, informando assim o utilizador que a deteção dos inversores terminou. O tempo

de deteção dos inversores varia de acordo com a tipo e o número de inversores a detetar. O *script* da deteção dos inversores é apresentado de forma simplificada na imagem da Figura 50.

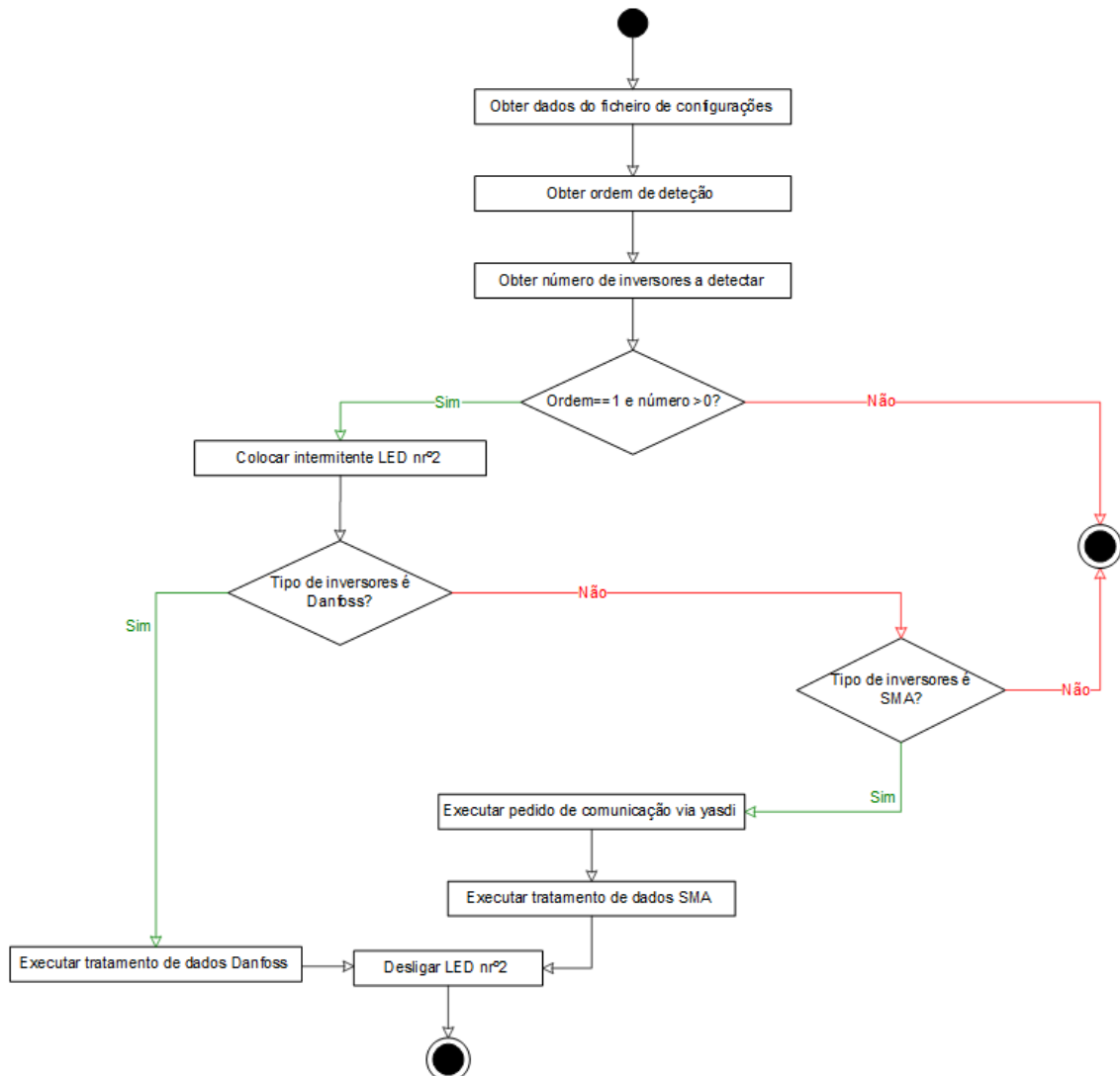


Figura 50 - Fluxograma do *script* de deteção dos inversores

4.4 Envio de dados para o servidor central

Uma vez recebidos e tratados os dados provenientes dos diversos dispositivos, estes necessitam de ser enviados para o servidor central, neste caso o servidor da Smartwatt, onde estão depois acessíveis através da plataforma de monitorização que a Smartwatt disponibiliza aos seus clientes, que, para além da monitorização, fornece relatórios da produção discriminados em diversos períodos temporais, assim como um sistema de alarmística para a deteção de falhas. Desta forma, foram desenvolvidos diversos tipos de módulos de

comunicação com o servidor central, sendo eles: o módulo *im alive*, o módulo de configurações, o módulo de envio dos dados e o módulo VPN, os quais são apresentados e descritos com maior detalhe nos próximos subcapítulos. No Anexo D é possível consultar a estrutura dos ficheiros enviados para o servidor central, resultante da execução dos módulos.

4.4.1 Módulo *im alive*

Este módulo tem como propósito enviar para a Smartwatt um ficheiro a cada 10 minutos que contenha o IP público da box, assim como o estado de outros componentes *hardware*, nomeadamente: a memória total, a memória disponível, memória em cache, espaço em disco total e espaço em disco livre. Através destas informações é possível fazer manutenção da box sempre que um valor seja anormal. Para além disto, este módulo é o primeiro módulo que arranca quando a box inicia, sendo responsável por gerar um identificador único da instalação (GUID) sempre que a box é iniciada pela primeira vez, o qual também é enviado no conteúdo bem como no nome deste ficheiro. Também é responsável por ligar a LED que representa a box como ativa, aquando a sua inicialização.

A Figura 51 contém um fluxograma simplificado do módulo *im alive*. Neste é possível verificar que no início, depois de obter os dados do ficheiro, é verificado se o estado da box está definido como ativo, operação que é possível realizar pelo utilizador no portal *web*. Em caso positivo o LED nº2 é ligado, caso contrário permanece desligado. De seguida é obtido o IP público da box assim como as informações de *hardware* escolhidas. É também ligado o LED nº3, o qual fica intermitente enquanto a box está a enviar dados para o servidor da Smartwatt. Por fim, é criado o ficheiro com a informação obtida e enviado para o servidor. Quando esta operação é concluída é desligado o LED nº3.

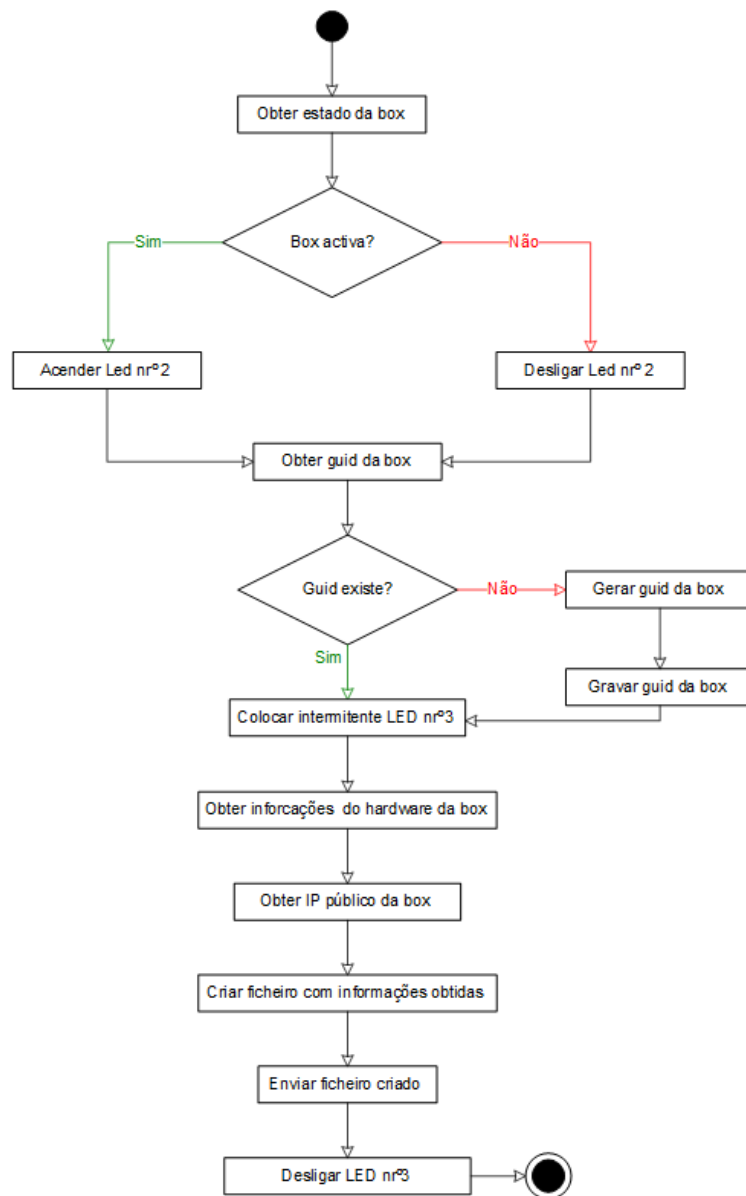


Figura 51 - Fluxograma do módulo *im alive*

4.4.2 Módulo de configurações

O módulo de configurações tem como propósito fundamental juntar num único ficheiro toda a informação à qual o utilizador tem acesso e possibilitar efetuar alterações à mesma. Sempre que esta situação ocorre é compilado um ficheiro e enviado para o servidor central.

Desta forma são obtidas as informações dos ficheiros de configurações e o LED nº 3 passa a intermitente, de modo a notificar o utilizador que a box está a efetuar uma comunicação, neste caso o envio de um ficheiro. De seguida são obtidos os dados passíveis de alteração por parte do utilizador, sendo estes o estado das variáveis, se estas se encontram ativas ou não, a

informação dos inversores e a informação da instalação. Por fim é criado o ficheiro, o qual é enviado para o servidor da Smartwatt e no final do processo o LED nº3 é desligado. É possível analisar o fluxograma do módulo de configurações na Figura 52.

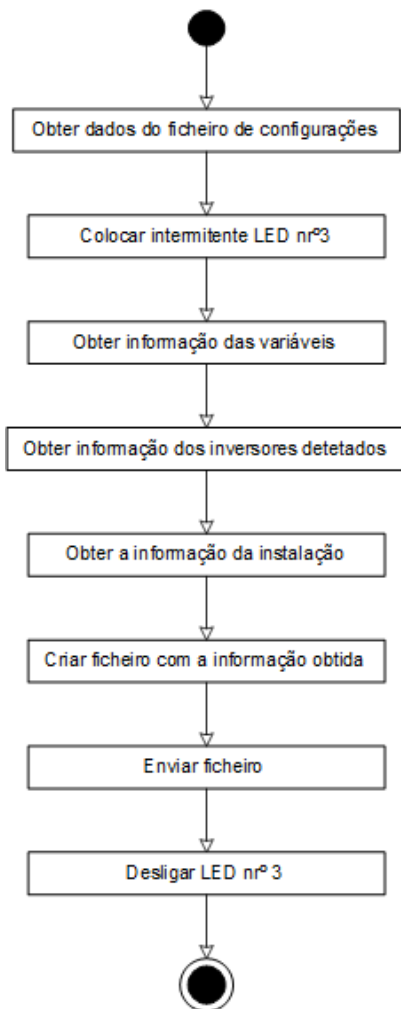


Figura 52 - Fluxograma do módulo de configurações

4.4.3 Módulo de envio de dados

Este módulo possui como principal objetivo transmitir para o servidor central os dados previamente enviados pelos dispositivos exteriores à box e tratados por esta. O módulo é executado sempre que um ficheiro é tratado pela box e colocado numa determinada pasta.

A Figura 53 representa o fluxograma do módulo de envio de dados. É possível ver que quando inicia o processo, são obtidos os dados do ficheiro de configurações e de seguida colocado o LED nº 3 intermitente para notificar o utilizador de que a box está a enviar dados para o servidor central. O próximo passo consiste em ler os ficheiros que a pasta contém. A pasta apenas conterá mais do que um ficheiro se ocorreu alguma falha no envio do ficheiro antigo,

visto que este módulo arranca sempre que um ficheiro é disponibilizado. Finalmente, cada ficheiro é enviado e consequentemente movido para uma pasta de histórico. No final desta operação é desligado o LED nº3.

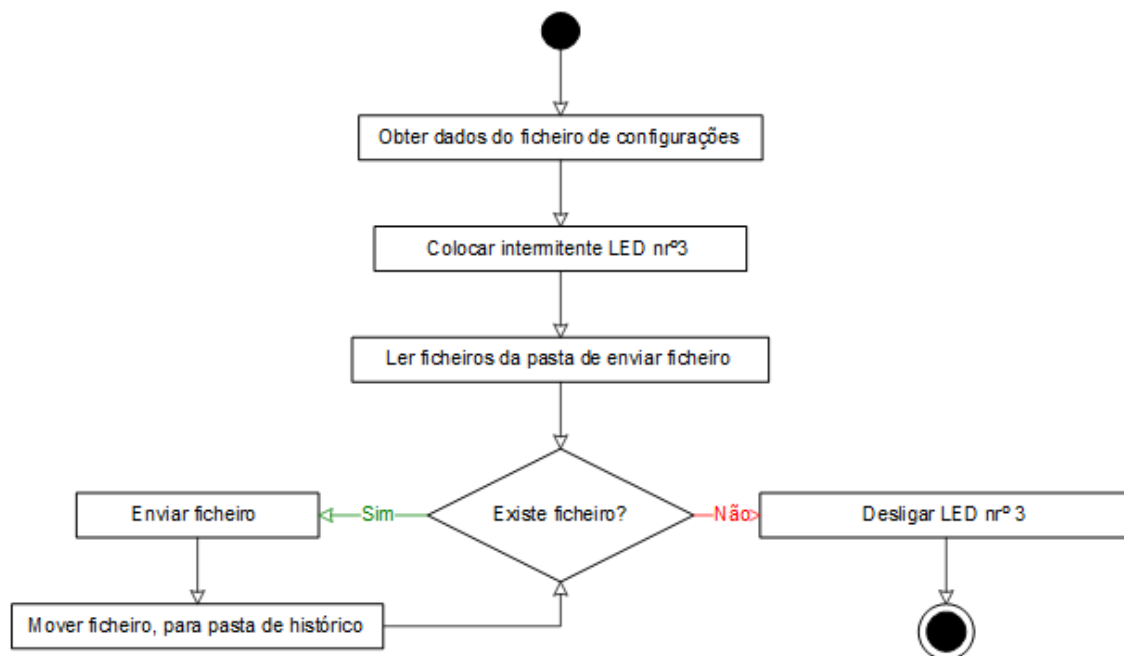


Figura 53 - Fluxograma do módulo de envio de dados

4.4.4 Módulo VPN

O módulo VPN possui duas principais funcionalidades, a primeira e a principal, diz respeito à ligação da VPN e a segunda diz respeito à execução de comandos via remota, sem estar necessariamente conectado à box. Esta última funcionalidade é utilizada principalmente para reiniciar a box. Na Figura 54 está representado o fluxograma de funcionamento do módulo. Inicialmente são obtidos os dados do ficheiro de configuração, de seguida é recebido o tipo de pedido, o qual a box efetua através de um pedido *curl* do PHP, ou seja, é um pedido HTTP para o servidor da Smartwatt, onde é apresentado como resposta a ordem do tipo de pedido efetuado. Se o tipo de pedido se destinar à ligação da VPN, é efetuada a ligação e obtido o seu IP de VPN o qual é retornado. Na Smartwatt, o utilizador responsável pelo pedido VPN recebe o IP e pode ligar o seu computador à VPN da box, de forma a efetuar as devidas operações. Caso seja feito um pedido para interromper a ligação VPN, é efetuada o término da ligação VPN e é devolvida uma resposta de forma a averiguar se a ligação foi desligado com sucesso ou não.

Caso seja efetuado um pedido para executar um determinado comando, a box interpreta esse comando da mesma forma que interpreta o pedido de ligação da VPN e executa esse comando. Apenas se utiliza esta funcionalidade para reiniciar a box.

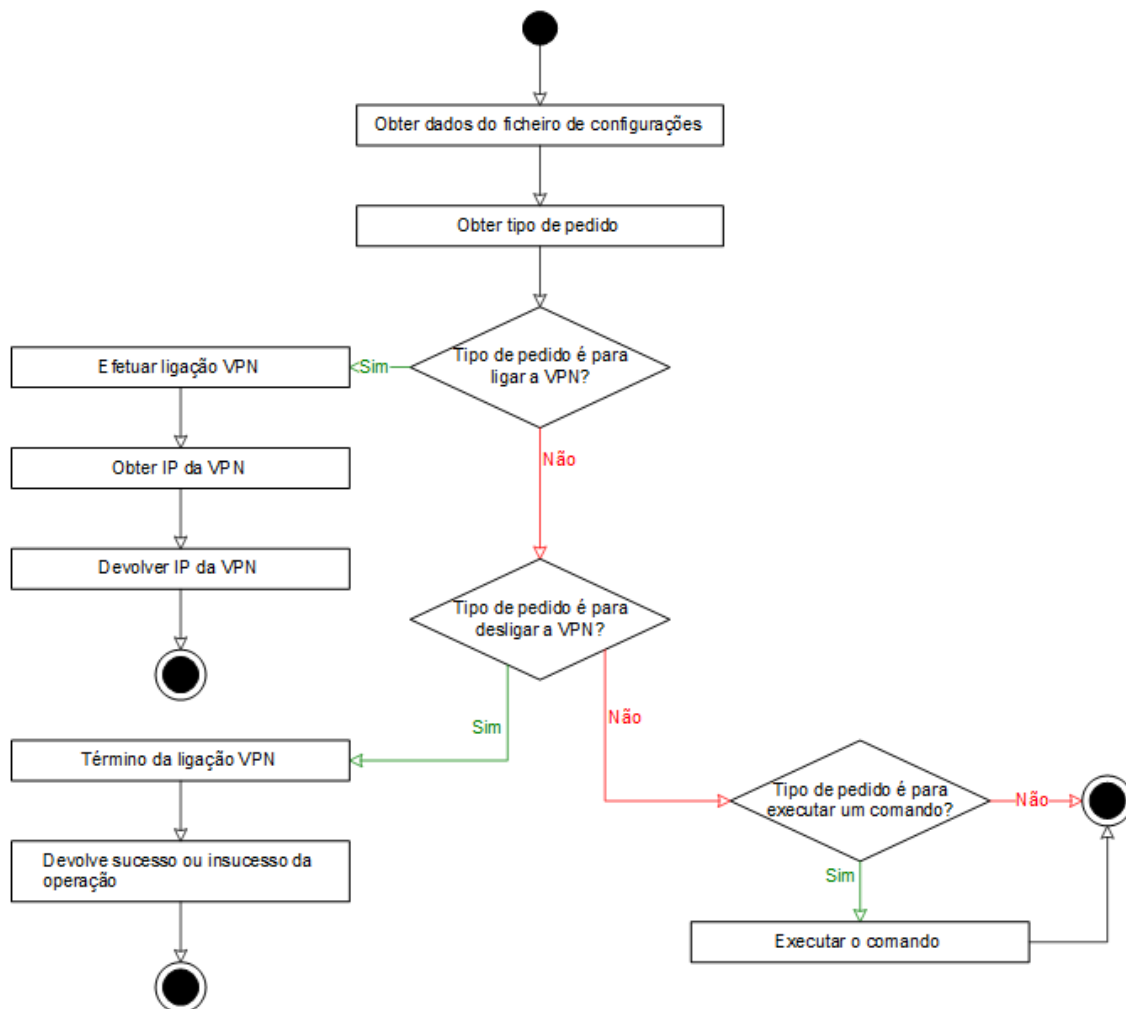


Figura 54 - Fluxograma do módulo VPN

4.5 Portal *web* para configuração

O portal *web* desenvolvido tem como principal funcionalidade auxiliar e facilitar a configuração da instalação e da box por parte do utilizador, sem que este tenha de possuir um conhecimento aprofundado sobre o desenvolvimento da solução. Esta secção apresenta de forma explicativa a interação entre a página *web*, ou *front-end*, e os respetivos *web services*, ou *back-end*. É também exemplificado o procedimento a seguir de forma a efetuar uma configuração inicial numa instalação.

O portal, tal como foi apresentado no capítulo 2.3.6, recorre a uma troca de pedidos AJAX entre a página web e o *web service* de modo a possibilitar a visualização de dados e a execução dos módulos.

4.5.1 Front-end

O *front-end* disponibiliza a informação que é fornecida pelo *back-end* através de uma aplicação web, de forma a tornar a configuração de uma instalação num processo mais simples e mais automatizado. A comunicação com os *web services* é efetuada através de pedidos AJAX.

A Tabela 6 apresenta as funcionalidades disponibilizadas pela aplicação web do portal da box.

Tabela 6 - Funcionalidades da aplicação web do portal da box

Página da Aplicação	Funcionalidade
Login	Possui como objetivo autenticar o utilizador no portal da box.
Página Inicial/Principal	Apresenta toda a informação configurável por parte do utilizador, bem como a possibilidade de efetuar diversas ações tais como reiniciar e ativar a box.
Página de configuração da deteção de inversores	Permite configurar o número e o tipo de inversores na box e desta forma dar início à deteção dos inversores.

4.5.2 Back-end

Os *web services* estão organizados segundo uma estrutura de casos por função, que trata cada pedido de forma independente e retorna a resposta através de um objeto JSON. O Código 10 representa um excerto da estrutura de casos do *web service*.

```
switch ($function) {  
    case 'getIP':  
        $iP = $webservice->getIP();  
        echo json_encode($iP);  
        break;  
    case 'reboot':  
        $reboot = $webservice->reboot();  
        echo json_encode($reboot);  
        break;  
}
```

Código 10 - Estrutura de casos do *web service*

A Tabela 7 apresenta todos os serviços implementados para dar suporte ao portal da box, bem como a descrição dos seus objetivos.

Tabela 7 - Funcionalidades dos *web services* implementados para dar suporte ao portal da box

Nome do serviço	Funcionalidade
Login	Possui como objetivo autenticar o utilizador no portal da box. Sempre que alguém é autenticado é gerado um token.
Obtenção de token	Retorna o token válido para o login atual na box para que seja feita uma validação, impedindo desta forma que duas pessoas estejam autenticadas com o mesmo utilizador na mesma instalação.
Reboot	Reinicia o sistema da box.
Obter estado da box	Obtém o estado da box, se está activa ou não.
Trocar o estado da box	Se a box estiver ativa, passa para desactiva, e vice-versa.
Detetar inversores	Inicia o <i>script</i> de deteção de inversores.
Obter IP público	Obtém o IP, de forma a disponibiliza-lo na interface.
Obter tipo de inversores configurado	Obtém o tipo de inversores configurado, de forma a disponibilizá-lo na interface.
Obter informação da instalação	Obtém a informação da instalação, de forma a disponibilizá-la na interface.
Obter informação dos inversores	Obtém a informação dos inversores detetados, de forma a disponibilizá-la na interface.
Obter informação das variáveis	Obtém a informação das variáveis do tipo de inversor configurado, de forma a disponibilizá-lo na interface.
Guardar as alterações efetuadas	Em caso de serem efetuadas modificações nas configurações, guarda as alterações relativas à informação da instalação, à informação dos inversores, à informação das variáveis e à informação da configuração do autoconsumo.

4.5.3 Configuração Inicial

Após a box e todos os equipamentos externos que interagem com esta estarem corretamente ligados, é possível fazer a configuração inicial da instalação. Esta pode ser efetuada no local da instalação ou remotamente via VPN. Para aceder ao portal da box basta colocar num *browser* o IP desta, o qual pode ser obtido através da ligação VPN. Depois de aceder à plataforma é pedido ao utilizador que efetue login de forma a proceder à sua autenticação, tal como apresentado na Figura 55. Depois de autenticado, o utilizador pode configurar a instalação.

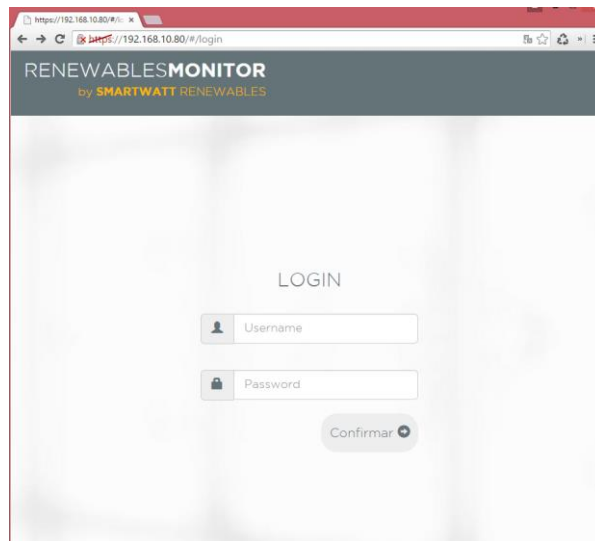


Figura 55 - Página de autenticação da box

Após a autenticação, o utilizador tem acesso a uma nova página, a qual pode ser visualizada na Figura 56. Esta página permite efetuar diversos tipos de ações de forma a interagir com a box, as quais são apresentados na lista seguinte:

- Ativar a box;
- Reiniciar a box;
- Configurar o detetar de inversores;
- Visualizar informação das variáveis;
- Definir variáveis que vão estar ativas;
- Preencher dados da instalação;
- Guardar alterações efetuadas.

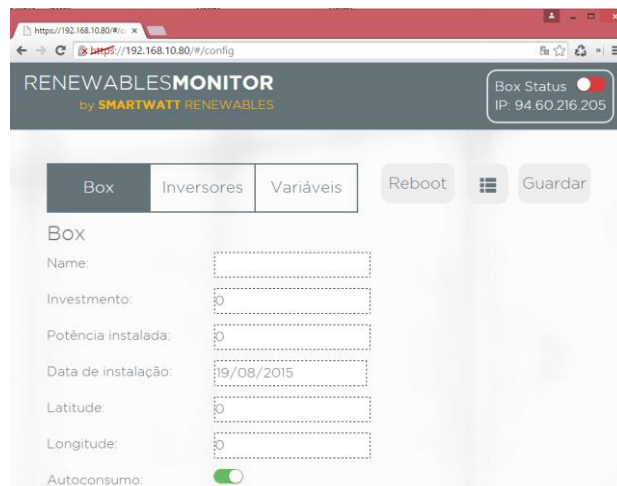


Figura 56 - Página inicial da box

De forma a configurar a instalação convenientemente, deve ser feita em primeiro lugar a configuração e deteção de inversores. Esta operação realiza-se através da seleção do botão de configuração que dá acesso a uma página que pode ser vista na Figura 57, onde é pedido ao utilizador que introduza o número de inversores e selecione o tipo de inversores que a instalação possui. Depois de submeter estes dados, o utilizador é reencaminhado para a página anterior, na qual é apresentada uma mensagem que indica se os inversores estão a ser detetados ou se ocorreu algum tipo de erro.

https://192.168.10.80/#/config

RENEWABLESMONITOR
by SMARTWATT RENEWABLES

IP: 94.60.216.205

Quantos inversores tem a instalação?
17

Selecione o tipo de inversor

DANFOSS SMA SMATPL

Número de inversores da instalação: 17
Tipo de instalação: DANFOSS

Tem a certeza que as configurações estão corretas?

SIM NÃO

Figura 57 - Configuração do detetar inversores

No final da deteção dos inversores é apresentada uma mensagem ao utilizador, que contém o número de inversores detetados caso a deteção seja feita com sucesso. Caso o número de inversores detetados seja diferente do número de inversores introduzidos pelo utilizador, é apresentada uma mensagem de aviso. Caso não sejam encontrados inversores é apresentada uma mensagem de erro.

Depois de terem sido detetados os inversores, o utilizador, agora na aba correspondente aos dados da instalação, pode preencher esses dados, tal como apresentado na Figura 56. Na aba dos inversores aparece uma lista com os inversores que foram detetados, conforme se mostra na Figura 58.

Box Status IP: 94.60.216.205

17 INVERSORES DANFOSS

Box Inversores Variáveis Reboot Guardar

Inversores

Mostrar 10 registros Procurar:

Número	Número de Série	Potência Nominal (kW)	Potência Máxima (kWp)	Energia Produzida	Status
1	120302R242	15	17	0	✓
2	027701N473	15	17	0	✓
3	031901N473	15	17	0	✓
4	032101N473	15	17	0	✓
5	099201N203	15	17	0	✓
6	151902N024	15	17	0	✓
7	460002R124	15	17	0	✓
8	511402R374	15	17	0	✓

Figura 58 - Lista de inversores detetados e da sua configuração

Na aba dos inversores é possível editar todos os campos, exceto o número de série do inversor e o seu estado. Se for efetuada uma nova deteção de inversores e se faltar um inversor, no estado aparecerá um “x” a vermelho. Na aba das variáveis é apresentada uma lista, conforme a Figura 59, na qual é possível configurar que tipo de variáveis se pretende tratar de entre todas as variáveis que os inversores enviam.

Box Status IP: 94.60.216.205

17 INVERSORES DANFOSS

Box Inversores Variáveis Reboot Guardar

Variáveis

Mostrar 10 registros Procurar:

Variável	Unidade	Status
E_Total	kWh	✓
I_AC	A	✓
P_AC	W	✓
U_AC	V	✓
U_AC_1	V	✗
U_AC_2	V	✗
U_AC_3	V	✓
U_DC_1	V	✓
U_DC_2	V	✓
U DC 3	V	✓

Figura 59 - Lista de variáveis disponíveis para o tipo de inversor selecionado

Para guardar as alterações basta clicar no botão “guardar”. Por fim, ao trocar o estado da box para *online*, esta fica completamente operacional, com todos os módulos ativos e a processar.

4.5.4 Reconfiguração de uma Instalação

Para efetuar a reconfiguração de uma instalação, a metodologia é exatamente a mesma que a descrita na secção 4.5.3, com a exceção de, após a autenticação, ser necessário colocar o estado da box como *off* para poder efetuar alterações e fazer novas deteções. No caso de o estado da box não ser alterado para *off*, os campos de edição encontram-se bloqueados e não está disponível o botão de configuração que permite fazer a deteção dos inversores, como se mostra a Figura 60.



Figura 60 - Página inicial com o estado a ativo

5 Testes e experiências em instalações

Este capítulo tem como principal objetivo evidenciar os testes que foram efetuados ao longo da realização deste projeto, bem como os respetivos resultados. Deste modo, na secção 5.1 são apresentados os testes efetuados em instalações solares fotovoltaicas reais. A secção 5.2 contém alguns testes e resultados relativos ao desempenho do sistema desenvolvido.

5.1 Testes em Instalações Reais

De forma a assegurar o funcionamento de todos os componentes deste projeto num estado isolado e sem auxílio de técnicos que possam resolver eventuais problemas pontuais, procurou-se que os testes fossem parecidos com um ambiente real quanto possível. Desta forma, numa primeira fase os módulos foram desenvolvidos e testados na Smartwatt e posteriormente houve deslocação a uma instalação existente para efetuar os testes em ambiente real. A Figura 61 apresenta uma imagem de uma das deslocações a uma instalação solar fotovoltaica com o intuito de efetuar testes sobre a solução desenvolvida.

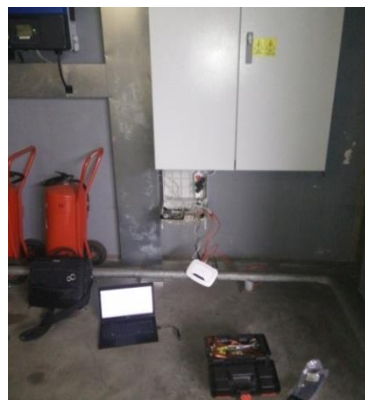


Figura 61 - Teste em instalação real

5.1.1 Testes comuns a instalações

Existem determinados testes que são independentes do tipo de inversor que a instalação possui, contudo foram efetuados quer na deslocação a uma instalação com inversores do tipo Danfoss, quer na deslocação a uma instalação com inversores do tipo SMA. As tabelas de teste apresentam a descrição dos diversos casos de teste bem como dos resultados obtidos. A coluna de resultado obtido pode ter 2 estados diferentes. No caso de apresentar o símbolo ✓, significa que o teste passou à primeira. Caso apresente os símbolos X✓, significa que o teste falhou à primeira mas passou com sucesso após serem efetuadas as reformulações necessárias.

Os testes descritos na Tabela 8 dizem respeito aos testes efetuados que são independentes do tipo de inversor da instalação.

Tabela 8 - Testes comuns às instalações, independentes do tipo de inversor

Módulo	Descrição	Resultado esperado	Resultado obtido	Comentários
Im alive	Módulo inicia no arranque da box	Criação de um guid e criação e envio do ficheiro resultante do módulo para o servidor da Smartwatt	✓	-
Im alive	Ficheiro gerado é atualizado a cada 10 minutos	Criação e envio do ficheiro resultante do módulo para o servidor da Smartwatt	✓	-
Módulo de envio de dados	Módulo inicia no arranque da box	<i>Script</i> foi executado e dependendo do tipo de inversores configurado executa outros <i>scripts</i>	✓	-
Portal Web	Se o IP da box não aparecer	Deve mostrar mensagem de erro a dizer que não existe ligação à internet	✓	-
Portal Web	Módulo inicia no arranque da box	Aceder, por exemplo, ao endereço 192.168.10.1 e ter acesso à página de login	✓	-
Portal Web	Fazer login com as credenciais rmbox rmbox	Acesso à página de configuração	✓	-
Portal Web	Fazer login com admin admin	Mensagem de erro	✓	-
Portal Web	Fechar o separador <i>web</i> e abrir novamente o portal	A sessão deve expirar e é necessário fazer login novamente	✓	-
Portal Web	Guardar alterações dos dados da instalação	Deve guardar alterações no ficheiro de configurações	✓	Por omissão a data do formulário deverá de ser a atual

Módulo	Descrição	Resultado esperado	Resultado obtido	Comentários
Portal Web	Guardar alterações dos inversores	Deve guardar alterações no ficheiro com a informação dos inversores	✓	-
Portal Web	Guardar alterações variáveis	Deve guardar alterações no ficheiro com a informação das variáveis	✓	-
Portal Web	Guardar alterações e verificar se o ficheiro foi enviado	Criar ficheiro geral com dados da instalação, dos inversores e das variáveis	✓	-
Conexão	Cortar a ligação à internet a meio do processo de guardar alterações	Guarda as alterações mas só envia quando voltar a ter internet	✓	-
Dados	Com a box no estado <i>off</i> não são processados os ficheiros de dados	Os ficheiros de cada inversor não são tratados	✓	-
Dados	Módulo de dados inicia e estado da box está a <i>on</i> de forma a que os ficheiros sejam tratados	Os ficheiros de cada inversor são tratados e compilados num único ficheiro, que será colocado numa pasta específica	✓	-
Dados	Ocorrência de uma segunda recepção dos dados e o estado da box está a <i>on</i> desta forma os ficheiros são tratados.	Os ficheiros de cada inversor são tratados e compilados num único ficheiro, que será colocado numa pasta específica	✓	-
Dados	Ocorrência de uma segunda recepção dos dados e o estado da box está a <i>off</i> desta forma os ficheiros não são tratados.	Os ficheiros de cada inversor não são tratados	✓	-
Dados	Incron deteta ficheiro de dados tratado e envia-o para o servidor da smartwatt	Envia o ficheiro para o servidor da Smartwatt e move o ficheiro para uma pasta de histórico	✓	-
LED	A box inicia com o estado <i>off</i>	Só a LED nº1 deve ligar	✓	-
LED	A box inicia com o estado <i>on</i>	LED nº 1 e 2 devem ligar	✓	-
LED	Box efetua deteção de inversores	LED nº 1 deve ligar e a LED nº 2 deve estar intermitente durante a deteção de inversores	✓	-
LED	Box envia dados	LED nº 1 deve ligar e a LED nº 3 deve estar intermitente durante o envio dos dados	✓	-
VPN	Pedido de ligação de VPN	Box liga-se à rede privada e retorna o IP da ligação	✓	-
VPN	Pedido de término da ligação de VPN	Box desliga a conexão à rede privada	✓	-

Módulo	Descrição	Resultado esperado	Resultado obtido	Comentários
Conexão	Cortar a ligação à internet quanto o módulo de dados estiver a processar, para verificar se o incron depois de restabelecer ligação à internet envia o ficheiro	Quando se repõe a conexão o módulo restabelece o processo	✓	-
Conexão	Com a perda de ligação à internet verificar como reage o módulo <i>im alive</i> .	Quando se repõe a conexão o módulo restabelece o processo	✓	-
Conexão	Com perda de ligação à internet verificar como reage o módulo de configurações.	Quando se repõe a conexão o módulo restabelece o processo	✓	-
Conexão	Com perda de ligação à internet verificar como reage o módulo de dados.	Quando se repõe a conexão o módulo restabelece o processo	✓	-

A Tabela 8 permite concluir que todos os testes presentes nesta tabela foram efetuados com sucesso. Uma vez que estes não dependem de nenhum dispositivo externo que seja exclusivo de uma instalação real, tal como o tipo de inversores e de painéis solares, foi possível simular os testes na Smartwatt várias vezes e consequentemente modificá-los se necessário, antes de efetuar o teste final em ambiente real. Todos os testes foram efetuados com sucesso no ambiente real.

5.1.2 Testes em instalação Danfoss

Os testes apresentados nesta secção foram testados numa instalação real que está equipada com inversores Danfoss. Esta possui uma potência nominal total de 250kw instalados, divididos por 17 inversores Danfoss de 15kw e um inversor Danfoss de 10kw.

A Tabela 9 apresenta os testes efetuados aquando da deslocação à instalação fotovoltaica equipada com inversores Danfoss.

Tabela 9 - Testes em instalação Danfoss

Módulo	Descrição	Resultado esperado	Resultado obtido
Portal Web	Detetar inversores, sem configurar o portal da Danfoss para envio de dados para a box	Não deve listar nenhum inversor	✓
Configurações	Configurar o portal da Danfoss para envio de dados para a box	Um ficheiro para cada inversor no FTP da Danfoss	✓

Módulo	Descrição	Resultado esperado	Resultado obtido
Portal Web	Configurar nº de inversores e tipo de inversor SMA	Não deve aparecer nenhum inversor listado	✓
Portal Web	Configurar nº de inversores e tipo de inversor SMA	Não deve criar o ficheiro com a informação dos inversores	✓
Portal Web	Configurar nº de inversores e tipo de inversor Danfoss	Devem aparecer os inversores presentes na instalação	✓
Portal Web	Configurar nº de inversores e tipo de inversor Danfoss	Deve criar o ficheiro com a informação dos inversores	✓
Portal Web	Detetar inversor quando já existem inversores detetados	Devem aparecer os novos inversores <i>online</i> e os antigos <i>offline</i>	✓
Portal Web	Detetar inversor quando já existem ficheiros tratados	Inversor deve aparecer com a produção total diferente de zero	✓
Portal Web	Detetar inversores, sem nenhum ficheiro na pasta, já tendo sido detetados inversores previamente	Deve listar os inversores detetados previamente, mas com o estado <i>offline</i>	✓

Assim como nos testes apresentados na secção 5.1.1, foi possível realizar os testes representados na Tabela 9 na Smartwatt, aquando do desenvolvimento da solução, simulando o ambiente real, pois a comunicação dos inversores Danfoss tem como base o envio de dados para um servidor FTP. Desta forma é possível simular a entrega de ficheiros exemplo sem a necessidade de utilizar inversores. Todos os testes foram executados com sucesso durante a deslocação à instalação fotovoltaica em questão.

5.1.3 Testes em instalação SMA

Os testes apresentados nesta secção foram efetuados numa instalação real equipada com inversores SMA. Esta possui uma potência nominal total de 250kw instalados, divididos por 14 inversores SMA de 17kw e um inversor SMA de 12kw.

A Tabela 10 apresenta os testes efetuados aquando a deslocação à instalação fotovoltaica equipada com inversores SMA.

Tabela 10 - Testes em instalação SMA

Módulo	Descrição	Resultado esperado	Resultado obtido	Comentários
Portal Web	Configurar nº de inversores e tipo de inversor Danfoss	Não deve aparecer nenhum inversor listado	✓	-
Portal Web	Configurar nº de inversores e tipo de inversor Danfoss	Não deve criar o ficheiro com a informação dos	✓	-

Módulo	Descrição	Resultado esperado	Resultado obtido	Comentários
		inversores		
Portal Web	Configurar nº de inversores e tipo de inversor SMA	Devem aparecer os inversores presentes na instalação	X✓	Foi reinstalado o módulo YASDI
Portal Web	Configurar nº de inversores e tipo de inversor SMA	Deve criar o ficheiro com a informação dos inversores	X✓	Foi reinstalado o módulo YASDI
Portal Web	Detetar inversor quando já existem inversores detetados	Devem aparecer os novos inversores <i>online</i> e os antigos <i>offline</i>	X✓	Foi reinstalado o módulo YASDI
Portal Web	Detetar inversor quando já existem ficheiros tratados	Inversor deve aparecer com a produção total diferente de zero	X✓	Foi reinstalado o módulo YASDI
Configurações	Detetar inversores sem o cabo RS485 estar ligado	Não deve listar nenhum inversor	✓	Foi reinstalado o módulo YASDI

Não é possível simular a comunicação com um inversor SMA fora de um ambiente real, visto o tipo de comunicação ocorrer através da ligação de um cabo físico RS485 entre os inversores e a box.

Desta forma, a única forma de testar o correto funcionamento passa por uma deslocação a uma instalação equipada com inversores SMA. Assim, através da análise da Tabela 10, é possível concluir que aquando da primeira deslocação, o funcionamento da deteção de inversores SMA não foi bem-sucedida. Após investigação, concluiu-se que o problema estava na instalação e configuração do módulo YASDI, módulo este que foi novamente instalado no local. Após nova realização dos testes, todos foram concluídos com sucesso.

5.1.4 Teste com medidor de consumo

O medidor de consumo não necessita de deslocação a uma instalação para a realização dos testes, pois a Smartwatt possui o equipamento de medição de consumo e basta ligar o equipamento ao quadro elétrico e à internet. Desta forma foram executados testes, primeiramente na Smartwatt, sendo que posteriormente foram realizadas deslocações a uma instalação Danfoss e a uma instalação SMA de forma a correr os testes em ambiente real.

A Tabela 11 apresenta os testes efetuados com a obtenção de dados do medidor de consumo.

Tabela 11 - Testes medidor de consumo

Módulo	Descrição	Resultado esperado	Resultado obtido
Dados medidor de consumo	Obtenção dos dados de consumo	Um ficheiro XML com os dados de consumo da instalação	✓
Dados medidor de consumo	Módulo de dados inicia e estado da box está <i>on</i> de forma a que os ficheiros sejam tratados	O ficheiro XML com os dados de consumo é tratado e compilado num ficheiro noutra formato, que será colocado numa pasta específica	✓
Dados medidor de consumo	Incron deteta ficheiro de dados tratado e envia-o para o servidor da Smartwatt	Envia o ficheiro para o servidor da Smartwatt e move o ficheiro para uma pasta de histórico	✓

Assim como os testes realizados na comunicação de inversores Danfoss, os testes efetuados com o medidor de consumo foram previamente testados ao longo da sua implementação e foram concluídos com sucesso aquando do teste final numa instalação real.

5.2 Desempenho e escalabilidade do sistema

De forma a testar o desempenho da solução desenvolvida assim como a sua escalabilidade, foram realizados testes em diversas instalações, com um número variado de inversores por instalação.

De forma a comprovar a sua escalabilidade e independência do número de instalações, foram colocadas em ambiente de teste e de forma simultânea 4 boxes em 4 instalações diferentes durante um período experimental de um mês. As instalações escolhidas para tal efeito foram as maiores que a Smartwatt possui, todas elas conectadas à internet através de um *router* 3G, as quais se descrevem na lista seguinte:

- Duas instalações com 297,84 kWp de potência instalada e com 17 inversores Danfoss.
- Uma instalação com 280,80 kWp de potência instalada com 15 inversores SMA.
- Uma instalação com 109,00 kWp de potência instalada com 6 inversores SMA.

Tendo em conta os dados de potência e o número de inversores das instalações, os valores apresentados na Tabela 12 e Tabela 13 dizem respeito a valores totais por tipo de instalação, neste caso, a duas instalações Danfoss e duas instalações SMA.

A Tabela 12 abaixo permite analisar a quantidade de ficheiros processados durante o período experimental.

Tabela 12 - Dados relativos à quantidade de ficheiros processados no período experimental

Tipo de instalação	Nº de ficheiros de inversores tratados	Nº de variáveis tratadas	Nº de ficheiros de dados enviados	Nº de ficheiros de consumo
Danfoss	15 810	158 100	930	8 928
SMA	5 580	55 800	5 580	8 928
Total	21 390	213 900	6 510	17 856

Os dados apresentados foram calculados tendo em conta as configurações da box final. Os dados relativos ao consumo da instalação são enviados num ficheiro a cada 10 minutos durante 24 horas, pois algumas instalações são fábricas que operam durante 24 horas, sendo necessário efetuar a medição do seu consumo durante todo o período diário. Por outro lado, os inversores no período de verão produzem durante cerca de 15 horas. Deste modo os inversores Danfoss enviam um ficheiro por inversor, por hora, com dados de cada 10 minutos. No caso dos inversores SMA, é a box que efetua o pedido dos dados. Para que seja possível fazer com que o tempo dos dados entre diferentes tipos de instalações seja igual, é feito um pedido a cada 10 minutos, durante as 15 horas, existindo neste caso apenas um ficheiro com a informação de todos os inversores. Em relação às variáveis tratadas, os inversores enviam vários tipos de variáveis, das quais a maior parte não são utilizadas pelos técnicos que as analisam. Assim, apenas são aproveitadas cerca de 10 variáveis, podendo este valor ser facilmente modificado através da substituição do ficheiro de configurações de variáveis.

Na Tabela 13 é possível analisar o tamanho ocupado por cada ficheiro no período experimental. É possível concluir que, apesar das instalações Danfoss enviarem menos ficheiros do que as instalações SMA, 930 ficheiros versus 5580 ficheiros respetivamente, os seus ficheiros são maiores que os das instalações SMA. Neste caso com 65 KB de tamanho médio para as instalações Danfoss e 7 KB de tamanho médio nas instalações SMA. Esta diferença existe devido ao facto do período de receção de dados e a quantidade destes ser diferente, tal como referido anteriormente. A tabela apresenta ainda o espaço ocupado pelos ficheiros de consumo enviados. Como é possível observar, o tamanho dos ficheiros é relativamente pequeno e constante, uma vez que é independente do tipo de inversor, pois os seus dados referem-se apenas ao consumo da instalação recolhido com recurso ao medidor consumo.

Tabela 13 - Tamanho dos ficheiros processados pela box no período experimental

Tipo de instalação	Tamanho médio de cada ficheiro do inversor	Tamanho total de ficheiros do inversor	Tamanho médio de cada ficheiro tratado	Tamanho total de ficheiros enviados	Tamanho médio de cada ficheiro de consumo	Tamanho total de ficheiros de consumo
Danfoss	2 KB	31 620 KB	65 KB	60 450 KB	1 KB	8 928 KB
SMA	14 KB /35 KB	39 060 KB / 97 650 KB	3 KB / 7 KB	8 370 KB / 19 530 KB	1 KB	8 928 KB
Total	-	168 330 KB	-	88 350 KB	-	17856 KB

Em suma, nas instalações Danfoss são processados mais ficheiros de cada vez, com um tamanho menor do que nas instalações SMA, onde é processado um ficheiro vindo do inversor mas com um tamanho maior que o da Danfoss. Isto reflete-se na quantidade de ficheiros enviados onde a lógica é diretamente proporcional. O número de ficheiros de consumo processados é aproximadamente igual em todas as instalações.

A Tabela 14 e a Tabela 15 apresentam tempos médios de execução de diferentes módulos que constituem a solução final de desenvolvida. Na Tabela 14 encontram-se discriminados os tempos de execução de módulos responsáveis pela comunicação e tratamento de dados, os quais estão descritos na secção 4.3.

Tabela 14 - Tempo de execução de módulos da box no período experimental

Módulos	Tempo
Comunicação com inversores SMA	21.16 s
Comunicação com o medidor de dados	1.92 s
Tratamento de dados Danfoss	0.15 s
Tratamento de dados SMA	0.06 s
Tratamento de dados do medidor de consumo	0.0015 s
Identificação de inversores Danfoss	0.026 s
Identificação de inversores SMA	0.012 s
Detecção de inversores Danfoss	0.24 s
Detecção de inversores SMA	0.20 s

É possível dividir a Tabela 14 em módulos de comunicação e módulos de tratamento de ficheiros. Desta forma pode-se concluir que a comunicação com os inversores SMA é algo lenta, devido a ser implementada através do seu próprio protocolo, o protocolo YASDI. A comunicação com o medidor de consumo é extramente rápida, por duas razões: a primeira deve-se ao facto do medidor de consumo se encontrar na mesma rede e a segunda por ser

uma página *web* que disponibiliza o XML. Em relação ao tratamento de dados, a sua execução é extremamente rápida, sendo efetuada em menos de um segundo. Esta relação verifica-se, pois os módulos apresentados dizem respeito ao tratamento de dados e construção de ficheiros, sendo que desta forma a sua execução depende apenas do desempenho do *hardware* para a realização das suas tarefas.

Na Tabela 15 é possível verificar o tempo de duração de cada módulo que opera na box e que tem como objetivo final a comunicação com o servidor central, módulos estes que foram descritos na secção 4.4.

Tabela 15 - Tempo de execução de módulos da box no período experimental

Módulos	Tempo
Im alive	8.44 s
Configurações	3.19 s
Envio de dados	2.52 s
VPN	23.025 s

Através da análise da Tabela 15, é possível verificar que os módulos mais dependentes da ligação à internet são os mais lentos. O módulo de configurações e o de envio de dados apresentam como objetivo o envio de ficheiros já presentes na box para o servidor central. O módulo *im alive*, para além do envio do seu ficheiro, também necessita de obter o seu endereço IP num *website* público, como é o caso por exemplo de whatismyip.com. Se este módulo não efetuasse esta operação, o seu tempo de execução era diminuído para mais de metade (3.52 s). O módulo de VPN padece do problema referido anteriormente. O principal motivo pela demora acentuada, aquando da utilização da internet, deve-se ao facto do fornecimento de internet ser feito através de um *router* 3G, que por si só já é de velocidade bastante inferior relativamente à internet fibra que hoje em dia está disponível na maior parte das grandes cidades. As más localizações das instalações, que se situam, na sua grande maioria, em zonas remotas, contribuem para a degradação da velocidade da internet e consequente atraso na execução dos módulos.

6 Conclusão

Após se efetuar a análise da prova de conceito do sistema apresentado no capítulo 4 e se comprovar a sua funcionalidade com os testes apresentados no capítulo 5, esta secção visa descrever as conclusões finais do trabalho realizado. O presente capítulo compreende a secção 6.1 que apresenta a relação entre os objetivos iniciais propostos apresentados na secção 1.4 com os objetivos que realmente foram implementados. Na secção 6.2 são enumerados trabalhos adicionais que foram concretizados, para além daqueles que foram propostos inicialmente. A secção 6.3 descreve algumas limitações que a solução apresenta e que podem ser melhoradas através da continuação do projeto. Na secção 6.4 é feita a apreciação final do projeto desenvolvido.

6.1 Objetivos realizados

Os objetivos que no início do projeto foram pensados e definidos foram totalmente cumpridos com sucesso. A solução final compreende, tal como proposto inicialmente, um *hardware* instalado e configurado, que é capaz de efetuar uma comunicação de dados com dispositivos externos a este, sendo também capaz de fazer um tratamento de dados recebidos e posteriormente enviá-los para um servidor central, neste caso o servidor da Smartwatt.

6.2 Outros trabalhos realizados

Para além dos objetivos definidos inicialmente para o projeto desenvolvido, foram ainda realizadas tarefas adicionais tendo em vista o enriquecimento e amadurecimento da solução, nomeadamente o tratamento dos dados provenientes da box no servidor central, através da inserção destes numa base de dados e guardando os ficheiros como histórico numa estrutura de pastas devidamente organizada por instalação e por data. Desta forma é possível incorporar de forma automática a obtenção dos dados no sistema de monitorização fotovoltaica que a Smartwatt possui, bem como recuperar dados históricos em caso de falha.

6.3 Limitações e trabalhos futuros

Na solução final apresentada foram cumpridos todos os objetivos planeados, contudo, para que este projeto possa crescer e atingir a qualidade dos concorrentes diretos, apresentados no capítulo 2.2.2, é necessária a sua continuação. De seguida são apresentadas algumas sugestões de melhorias e/ou trabalhos futuros:

- Suporte para mais tipos de inversores;
- Paralelismo no funcionamento de tipos de inversores diferentes;
- Entrega dos dados num destinatário diferente do da Smartwatt;
- Alteração do tipo de *hardware*, de forma a este possuir mais portas rs232 livres;
- Possível interligação com outras tecnologias;
- Implementação de comunicação com o servidor central através de SSL.

6.4 Apreciação final

É possível fornecer uma apreciação final sobre a realização desta solução/relatório sobre duas formas distintas: uma apreciação final sobre o planeamento elaborado no início do projeto e uma apreciação final sobre a solução elaborada.

6.4.1 Planeamento do trabalho

O planeamento do trabalho apresentado no capítulo 3.2 foi seguido e atingido. Existiram percalços e dificuldades na elaboração de alguns módulos da box, como por exemplo a

implementação da comunicação com inversores SMA, a qual demorou mais tempo do que o previsto.

6.4.2 Solução

Em relação à solução desenvolvida durante o projeto estágio na Smartwatt, conclui-se que esta é uma solução funcional e viável, servindo como uma alternativa muito mais barata aos produtos internacionais disponíveis. Com esta solução a Smartwatt pode destacar-se mais no mercado, pois apresenta um novo produto que serve como apoio às vendas de instalações fotovoltaicas. Também de realçar o facto de este produto ser único a nível nacional, e com a prospeção do trabalho futuro, ser possível atingir o nível de maturidade que a Solar-Log possui no mercado.

Referências

Diário da República. 2014. Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de Outubro. Disponível em: https://info.portaldasfinancas.gov.pt/NR/rdonlyres/7C8B4709-4E30-4ABF-B58B-97616A0E33B1/0/Decreto_Lei_153_2014.pdf [último acesso: abril/2015].

Smartwatt. 2014. *Smartwatt* [Online]. Disponível em: <http://www.smartwatt.pt> [último acesso: junho/2015].

Dr. Richard Paul, Dr. Robert Niewoehner & Dr. Linda Elder 2007. The Thinker's Guide to Engineering Reasoning. In: FOUNDATION CRITICAL THINKING (ed.) *The Thinker's Guide to Engineering Reasoning*. Foundation Critical Thinking. pp. 1-56.

ERSE. 2009a. *O que é a ERSE?* [Online]. Disponível em: <http://www.erse.pt/consumidor/Paginas/portaldoconsumidor.aspx> [último acesso: abril/2015].

ERSE. 2009b. *PRE – Produção em Regime Especial* [Online]. Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/desempenhoambiental/prodregesp/Paginas/default.aspx> [último acesso: abril/2015].

Comissão Europeia. 2015. *Objectivos da estratégia Europa 2020* [Online]. Disponível em: http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_pt.htm [último acesso: abril/2015].

João Bernardo - DGEG. 2010. Estratégia pública para a energia solar. Disponível em: http://energia2020.fc.ul.pt/energia2020/apresentacoes/Joao_Bernardo_Energia2020.pdf [último acesso: abril/2015].

SolarWaters. 2006. *FOTOVOLTAICO AUTOCONSUMO* [Online]. Disponível em: <http://www.solarwaters.pt/autoconsumo/autoconsumo> [último acesso: abril/2015].

Catarina Ramos & José Eduardo Ventura. A Energia Solar em Portugal: Potencialidades e Diferenciação Regional. Disponível em: http://www.apgeo.pt/files/section44/1258367711_INFORGEO_12_13_P453a461.pdf [último acesso: abril/2015].

Portal-Energia. 2015. *Vantagens e desvantagens das energias renováveis* [Online]. Disponível em: <http://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-das-energias-renovaveis/> [último acesso: abril/2015].

Portugal-live. 2015. *Tempo e Clima* [Online]. Disponível em: <http://www.portugal-live.net/P/current-conditions/weather.html> [último acesso: abril/2015].

Portal Das Energias Renováveis. 2015. *Estado em Portugal - Atualidade: Solar* [Online]. Disponível em: http://www.energiasrenovaveis.com/DetalleConceitos.asp?ID_conteudo=47&ID_area=8&ID_sub_area=27 [último acesso: maio/2015].

ESTIF. 2015. *Solar Thermal Markets in Europe – Trends and Market Statistics 2013* [Online]. Disponível em: http://www.estif.org/statistics/st_markets_in_europe_2013/ [último acesso: abril/2015].

Future of Humanity Institute. Global Catastrophic Risks Survey. Disponível em: <http://www.fhi.ox.ac.uk/gcr-report.pdf> [último acesso: abril/2015].

António Costa 2014a. Software e Sistemas Críticos. Apresentação PowerPoint da UC "Engenharia da Segurança Informática" - Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Cláudio Monteiro 2014a. Energia Solar Fotovoltaica: Aula 3 – A célula fotovoltaica. Apresentação PowerPoint da UC "Energia Eólica e Solar" - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

CCBS-Energia. 2014. *Células Fotovoltaicas* [Online]. Disponível em: <http://www.ccbs-energia.pt/formacao-tecnica/solar-fotovoltaico/celulas-fotovoltaicas> [último acesso: maio/2015].

Cláudio Monteiro 2014b. Energia Solar Fotovoltaica: Aula 5 – Características e Dimensionamento de sistemas FV. *In: FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO (FEUP) (ed.)*. Apresentação PowerPoint da UC "Energia Eólica e Solar" - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

Joaquim Carneiro 2009. *Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos - Sistemas Ligados à Rede e Sistemas Autónomos*, Projeto Interdisciplinar II no Mestrado de Engenharia Têxtil, Universidade do Minho (UMinho).

IHS Technology. 2014. *2013 PV Inverter Supplier Rankings: Asian Suppliers Tighten Grip as European Leadership Weakens* [Online]. Disponível em: <https://technology.ihs.com/496723/2013-pv-inverter-supplier-rankings-asian-suppliers-tighten-grip-as-european-leadership-weakens> [último acesso: maio/2015].

Solare Datensysteme GmbH. 2015a. *Solare Datensysteme GmbH* [Online]. Disponível em: <http://www.solar-log.com/en/company.html> [último acesso: maio/2015].

Solare Datensysteme GmbH. 2015b. *Solare Datensysteme GmbH installation training*.

Solare Datensysteme GmbH. 2015c. *Solar-Log 250*. Disponível em: http://www.solar-log.com/fileadmin/BENUTZERDATEN/Downloads/Datenblaetter/EN/SolarLog_Datasheet_Solar-Log_250_international_EN.pdf [último acesso: maio/2015].

Solare Datensysteme GmbH. 2015d. *Solar-Log 300 overview*. Disponível em: <http://www.solar-log.com/en/products-solutions/solar-log-300/overview.html> [último acesso: maio/2015].

Solare Datensysteme GmbH. 2015e. *Solar-Log 300 Functions* [Online]. Disponível em: <http://www.solar-log.com/en/products-solutions/solar-log-300/functions.html> [último acesso: maio/2015].

Solare Datensysteme GmbH. 2015f. *Solar-Log 1200 overview* [Online]. Disponível em: <http://www.solar-log.com/en/products-solutions/solar-log-1200/overview.html> [último acesso: maio/2015].

Solare Datensysteme GmbH. 2015g. *Solar-Log 1200 functions* [Online]. Disponível em: <http://www.solar-log.com/en/products-solutions/solar-log-1200/functions.html> [último acesso: maio/2015].

Solare Datensysteme GmbH. 2015h. *Solar-Log 2000 overview* [Online]. Disponível em: <http://www.solar-log.com/en/products-solutions/solar-log-2000/overview.html> [último acesso: maio/2015].

Solare Datensysteme GmbH. 2015i. *Solar-Log 2000 functions* [Online]. Disponível em: <http://www.solar-log.com/en/products-solutions/solar-log-2000/functions.html> [último acesso: maio/2015].

Solare Datensysteme GmbH. 2015j. *Solar-Log 2000 technical data* [Online]. Disponível em: <http://www.solar-log.com/en/products-solutions/solar-log-2000/technical-data.html> [último acesso: maio/2015].

Critical Kinetics. 2015. *Critical Kinetics* [Online]. Disponível em: <http://critical-kinetics.pt/Loja-Online.html> [último acesso: maio/2015].

SMA Solar Technology AG. 2015a. *SMA Solar Technology AG – Energy That Changes* [Online]. Disponível em: <http://www.sma-america.com/company/about-sma.html#> [último acesso: maio/2015].

SMA Solar Technology AG. 2015b. *SMA monitoring & control* [Online]. Disponível em: <http://www.sma-america.com/products/monitoring-control.html> [último acesso: maio/2015].

SMA Solar Technology AG. 2015c. *SMA Sunny beam* [Online]. Disponível em: <http://www.sma-america.com/products/monitoring-control/sunny-beam.html> [último acesso: maio/2015].

SMA Solar Technology AG. 2015d. *Solar Datatechnology SUNNY BEAM*. Disponível em: <http://files.sma.de/dl/1359/SBeam-12-NE1606.pdf> [último acesso: maio/2015].

SMA Solar Technology AG. 2015e. *Solar Datatechnology SUNNY webbox with Bluetooth* [Online]. Disponível em: <http://www.sma-america.com/products/monitoring-control/sunny-webbox-with-bluetooth.html> [último acesso: maio/2015].

Solar Shop. 2013. *Solar Shop* [Online]. Disponível em: <http://www.uksolarshop.com/solar-inverters.html?dir=asc&mode=list&order=price> [último acesso: maio/2015].

MeteoControl. 2015a. *MeteoControl our experience* [Online]. Disponível em: <http://www.meteocontrol.com/en/about-us/our-experience/> [último acesso: maio/2015].

MeteoControl. 2015b. *MeteoControl WEB'Log* [Online]. Disponível em: <http://www.meteocontrol.com/en/industrial-line/data-logger-weblogs/weblog/> [último acesso: maio/2015].

MeteoControl. 2015c. *MeteoControl Driver* [Online]. Disponível em: <http://www.meteocontrol.com/en/industrial-line/data-logger-weblogs/driver/> [último acesso: maio/2015].

Steca. 2015. *MeteoControl WEB'log comfort* [Online]. Disponível em: http://bt2.steca.de/index.php?Meteocontrol_WEBlog_Comfort_en [último acesso: maio/2015].

MeteoControl. 2015d. *MeteoControl Web'Log residencial* [Online]. Disponível em: http://www.meteocontrol.com/fileadmin/Downloads/WEBlog_Residential/DB_WEBlog_Residential_EN.pdf [último acesso: maio/2015].

MeteoControl. 2015e. *MeteoControl Web'Log comfort* [Online]. Disponível em: <http://www.meteocontrol.com/en/home-line/data-logger-weblogs/weblog-comfort/> [último acesso: maio/2015].

- Cory Janssen. 2015a. *Techopedia - Threat* [Online]. Disponível em: <http://www.techopedia.com/definition/25263/threat> [último acesso: junho/2015].
- Shon Harris 2012a. Chapter 2: Information Security Governance and Risk Management. *CISSP All-in-One Exam Guide*. McGraw-Hill. pp. 21-141.
- Software Protection Initiative. *The three tennets of cyber security* [Online]. Disponível em: <http://www.spi.dod.mil/tenets.htm> [último acesso: junho/2015].
- Threat Analysis Group. 2015. *Threat, vulnerability, risk – commonly mixed up terms* [Online]. Disponível em: <http://www.threatanalysis.com/2010/05/03/threat-vulnerability-risk-commonly-mixed-up-terms/> [último acesso: junho/2015].
- Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar 2010a. Chapter 2 - Domain 1: information security Governance and Risk Management. *CISSP Study Guide*. Syngress. pp. 7-35.
- Cory Janssen. 2015b. *Techopedia - Shoulder surfing* [Online]. Disponível em: <http://www.techopedia.com/definition/4103/shoulder-surfing> [último acesso: junho/2015].
- Shon Harris 2012b. Chapter 7: Criptography. *CISSP All-in-One Exam Guide*. McGraw-Hill. pp. 759-871.
- Joshua Feldman, Eric Conrad & Seth Misenar 2010b. Chapter 4 - Domain 3: Criptography. *CISSP Study Guide*. Syngress. pp. 91-130.
- António Costa 2104b. Criptografia Aplicada. Apresentação PowerPoint da UC "Engenharia da Segurança Informática" - Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).
- J. Magalhães Cruz. 2014. Computer Security - Cryptography. Disponível em: <http://web.fe.up.pt/~jmacruz/ssi/acetat/2-cripto.pdf> [último acesso: junho/2015].
- J Regis Jr 2015. Securing VoIP: Keeping Your VoIP Network Safe.: Elsevier. pp. 61–82.
- PC Engines. 2014. *Alix2d13* [Online]. Disponível em: <http://www.pcengines.ch/alix2d13.htm> [último acesso: junho/2015].
- Extreme Programming - Don Wells. 2013. *Extreme Programming: A gentle introduction* [Online]. Disponível em: <http://www.extremeprogramming.org/> [último acesso: junho/2015].
- My PHP Net. 2012. *5 benefits of using php in web development* [Online]. Disponível em: <http://www.myphpnet.com/5-benefits-of-using-php-in-web-development> [último acesso: junho 2015].

Vandelay Design. 2012. *12 must-know advantages of PHP* [Online]. Disponível em: <http://www.vandelaydesign.com/advantages-of-php/> [último acesso: junho/2015].

json.org. *Introducing JSON* [Online]. Disponível em: <http://json.org/> [último acesso: junho/2015].

W3schools. 2015a. *what is HTML?* [Online]. Disponível em: http://www.w3schools.com/html/html_intro.asp [último acesso: junho/2015].

W3schools. 2015b. *What is CSS?* [Online]. Disponível em: http://www.w3schools.com/css/css_intro.asp [último acesso: junho/2015].

David Flanagan 2006. Chapter 1 - Introduction to Javascript. *JavaScript: The Definitive Guide*. O'Reilly Media, Inc. pp. 1-11.

Stack Exchange Inc. 2013. *Bob's and Dave's answer in "What is MVC, really?"* [Online]. Disponível em: <http://programmers.stackexchange.com/questions/127624/what-is-mvc-really> [último acesso: junho/2015].

Algoworks. 2014. *Why choose angularJS for your next app?* [Online]. Disponível em: <http://www.algoworks.com/blog/angularjs-for-your-next-app> [último acesso: junho/2015].

Ben Collins-Sussman, Brian W. Fitzpatrick & C. Michael Pilato. 2004. Version Control with Subversion. Disponível em: <http://svnbook.red-bean.com/en/1.7/svn-book.pdf> [último acesso: junho/2015].

phpDocumentor. 2015. *What is phpDocumentor* [Online]. Disponível em: <http://phpdoc.org/docs/latest/welcome.html#what-is-phpdocumentor> [último acesso: junho/2015].

DigitalOcean. 2015. *How To Create a SSL Certificate on Apache for Debian 7* [Online]. Disponível em: <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/how-to-create-a-ssl-certificate-on-apache-for-debian-7> [último acesso: junho/2015].

Anexo A

Casos de uso do Portal Web Desenvolvido

O presente anexo descreve os casos de uso do portal *web* desenvolvido, ou seja, um conjunto de passos que quando devidamente seguidos por um ator permitem obter uma determinada resposta do sistema.

Tabela 16 - Descrição do caso de uso 1: efetuar *login*

Caso de uso 1		Efetuar <i>Login</i>	
Atores	Utilizador		
Descrição	Permite ao utilizador autenticar-se no portal da box de forma a usufruir das suas funcionalidades.		
Pré-condições	O utilizador ter conhecimento do endereço do portal e das credenciais do portal.		
Pós-condições	O utilizador consegue autenticar-se no sistema.		
Ações do ator		Ações do sistema	
<ol style="list-style-type: none">1. O utilizador introduz no browser o IP do portal da box.2. O utilizador preenche o formulário de login do portal da box.		<ol style="list-style-type: none">1. O sistema verifica se as credenciais estão corretas.<ol style="list-style-type: none">2.1. Em caso de sucesso, o utilizador tem acesso à página inicial do portal.2.2. Em caso de insucesso, é apresentada uma mensagem de erro e desta forma negado o acesso.	

Tabela 17 - Descrição do caso de uso 2: configurar o detetar inversores

Caso de uso 2		Configurar o detetar inversores	
Atores	Utilizador		
Descrição	Permite ao utilizador configurar o número e tipo de inversores, para que sistema consiga fazer a deteção dos inversores.		
Pré-condições	O utilizador estar autenticado e a box estar desativa.		
Pós-condições	O utilizador configura o número de inversores e o tipo de inversores a ser detetado. O detetar inversores inicia.		
Ações do ator	Ações do sistema		
<ol style="list-style-type: none"> O utilizador seleciona a opção de configurar o detetar inversores. O utilizador introduz o número de inversores. O utilizador introduz o tipo de inversores. O utilizador confirma os dados. 	<ol style="list-style-type: none"> O sistema valida os dados introduzidos pelo utilizador. <ol style="list-style-type: none"> Em caso de sucesso, é iniciada a deteção de inversores. Em caso de insucesso, é apresentada uma mensagem de erro e não é processada a deteção dos inversores. 		

Tabela 18 - Descrição do caso de uso 3: configurar os dados da instalação

Caso de uso 3		Configurar os dados da instalação	
Atores	Utilizador		
Descrição	<p>Permite ao utilizador configurar os dados da instalação. Estes dados compreendem os seguintes parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nome; Investimento; Potência instalada; Data da instalação; Latitude; Longitude; Autoconsumo. 		
Pré-condições	O utilizador estar autenticado e a box estar desativa.		
Pós-condições	O utilizador configura os dados da instalação.		
Ações do ator	Ações do sistema		
<ol style="list-style-type: none"> O utilizador encontra-se na aba box. O utilizador modifica os dados que deseja alterar. O utilizador guarda esses dados. 	<ol style="list-style-type: none"> O sistema valida os dados introduzidos pelo utilizador. <ol style="list-style-type: none"> Em caso de sucesso, os dados são alterados com sucesso. Em caso de insucesso, é apresentada uma mensagem de erro e estes não são alterados. 		

Tabela 19 - Descrição do caso de uso 4: configurar os dados dos inversores

Caso de uso 4		Configurar os dados dos inversores	
Atores	Utilizador		
Descrição	<p>Permite ao utilizador configurar os dados dos inversores previamente detetados.</p> <p>Estes dados compreendem os seguintes parâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número; • Potência nominal; • Potência máxima; • Energia produzida. 		
Pré-condições	O utilizador estar autenticado, a box estar desativa e já terem sido detetados inversores.		
Pós-condições	O utilizador configura os dados dos inversores.		
Ações do ator	Ações do sistema		
<ol style="list-style-type: none"> 1. O utilizador encontra-se na aba box. 2. O utilizador modifica os dados que deseja alterar. 3. O utilizador guarda esses dados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema valida os dados introduzidos pelo utilizador. 2.1. Em caso de sucesso, os dados são alterados com sucesso. 2.2. Em caso de insucesso, é apresentada uma mensagem de erro e estes não são alterados. 		

Tabela 20 - Descrição do caso de uso 5: configurar os dados das variáveis

Caso de uso 5		Configurar os dados das variáveis	
Atores	Utilizador		
Descrição	<p>Permite ao utilizador configurar as variáveis que este pretende que a box trate nos dados que recebe dos inversores. Neste caso a configuração dos dados diz respeito apenas ao estado da variável (<i>on</i> ou <i>off</i>).</p>		
Pré-condições	O utilizador estar autenticado e a box estar desativa.		
Pós-condições	O utilizador configura os dados das variáveis.		
Ações do ator	Ações do sistema		
<ol style="list-style-type: none"> 1. O utilizador encontra-se na aba box. 2. O utilizador modifica os dados que deseja alterar. 3. O utilizador guarda esses dados. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema valida os dados introduzidos pelo utilizador. 2.1. Em caso de sucesso, os dados são alterados com sucesso. 2.2. Em caso de insucesso, é apresentada uma mensagem de erro e estes não são alterados. 		

Tabela 21 - Descrição do caso de uso 6: ativar a box

Caso de uso 6		Ativar a box	
Atores	Utilizador		
Descrição	Permite ao utilizador ativar a box. Desta forma todos os módulos que a compreendem ficam ativos.		
Pré-condições	O utilizador estar autenticado e a box estar desativa.		
Pós-condições	A box fica ativa.		
Ações do ator	Ações do sistema		
1. O utilizador ativa a box.	1. O sistema altera o estado da box. 2.1. Em caso de sucesso o estado da box foi alterado, de desativa para ativa. 2.2. Em caso de insucesso, é apresentada uma mensagem de erro e a box não foi ativada.		

Tabela 22 - Descrição do caso de uso 7: desativar a box

Caso de uso 7		Desativar a box	
Atores	Utilizador		
Descrição	Permite ao utilizador desativar a box e desta forma todos os módulos que a compreendem, ficam inativos.		
Pré-condições	O utilizador estar autenticado e a box estar ativa.		
Pós-condições	A box fica ativa.		
Ações do ator	Ações do sistema		
1. O utilizador desativa a box.	1. O sistema altera o estado da box. 2.1. Em caso de sucesso o estado da box foi alterado, de ativa para desativa. 2.2. Em caso de insucesso, é apresentada uma mensagem de erro e a box não foi desativada.		

Tabela 23 - Descrição do caso de uso 8: reiniciar a box

Caso de uso 8		Reiniciar a box	
Atores	Utilizador		
Descrição	Permite ao utilizador reiniciar a box.		
Pré-condições	O utilizador estar autenticado e a box estar desativa.		
Pós-condições	A box fica ativa.		
Ações do ator	Ações do sistema		
1. O utilizador seleciona a opção de reiniciar a box.	1. O sistema reinicia a box. 2.1. Em caso de sucesso a box é reiniciada. 2.2. Em caso de insucesso, é apresentada uma mensagem de erro e a box não reinicia.		

Anexo B

Lista de módulos originais da imagem da box

Este anexo apresenta uma lista com os módulos originais contidos na imagem fornecida pela Google no seguinte endereço: <https://code.google.com/p/debian-for-alix/>, a qual foi utilizada como base de configuração da box.

- serial terminal (38400n8);
- dnsmasq;
- iptables;
- cups;
- vsftpd;
- nginx com fastcgi;
- minidlna;
- openssh;
- stunnel;
- tinyproxy;
- pptpd;
- snmpd;
- openvpn;
- openconnect;
- Montagem automática para armazenamento externo e partilha;
- Painel básico de administração web;
- Monitorização de desempenho no painel.

Anexo C

Exemplos de ficheiros obtidos pelos diferentes dispositivos externos à box

O anexo atual tem como propósito apresentar os ficheiros, que são fornecidos à box pelos dispositivos externos que estão diretamente em contacto com esta. Sendo estes referenciados ao longo da secção 4.3, nomeadamente, o ficheiro de inversor Danfoss, o ficheiro de inversor SMA e o ficheiro do medidor de consumo.

Ficheiro Danfoss

```
1-20150915;070002;danfoss;My Plant;+0100
2-[wr_def_start]
3-154702N084;Inverter Type;Inverter Group;154702N084
4-[wr_def_end]
5-[wr]
6-INTERVAL;TIMESTAMP;SERIAL;P_AC;E_DAY;T_WR;U_AC;U_AC_1;U_AC_2;U_AC_3;
7-600;2015-09-15 07:00:00;154702N084;0;0.000;0;2;2;2;2;0.000;0.47;2.1;
8-[wr_ende]
```

Código 11 - Exemplo de ficheiro enviado pelo inversor Danfoss

O exemplo apresentado no Código 11 foi truncado, pois o ficheiro original é muito extenso, foram ainda acrescentados números no início de cada de linha para facilitar a explicação.

Deste ficheiro a informação mais relevante encontra-se explicada na seguinte lista:

- Na primeira linha, separado por ponto e vírgula, respetivamente diz respeito:
 - Data no formato ano, mês, dia;
 - Resto da data no formato hora, minuto e segundo;
 - Nome do FTP da Box;

- Nome por definição no portal da Danfoss da instalação.
- Na terceira linha, separado por pontos e vírgulas, podemos encontrar na primeira posição o número de série do inversor assim como na última posição desta linha;
- Na sexta linha, separados por pontos e vírgulas, encontram-se os nomes das variáveis que estão na linha imediatamente abaixo;
- Na sétima linha, separados por pontos e vírgulas, estão apresentados os valores respetivos das variáveis da linha anterior.

Ficheiro SMA

```
2015-05-21 15:40:00,2110564524,A1.Ms.Amp,6.669
2015-05-21 15:40:00,2110564524,A2.Ms.Amp,6.652
2015-05-21 15:40:00,2110564524,A3.Ms.Amp,6.620
```

Código 12 - Exemplo do ficheiro enviado pelo inversor SMA

O exemplo apresentado no Código 12 foi truncado, pois o ficheiro original é muito extenso. O resto do ficheiro é semelhante ao exemplo apresentado apenas diferindo no inversor e no tipo de variável.

A informação contida em cada linha do ficheiro, encontra-se separado por vírgulas e é explicada na seguinte lista:

- Data no formato ano, mês, dia, hora, minuto e segundo;
- Número de série;
- Nome da variável;
- Valor da variável.

Ficheiro do medidor de consumo

```
▼<response>
  <fase1_vrms>231.23</fase1_vrms>
  <fase1_irms>0.00</fase1_irms>
  <fase1_p_aparent>0.00</fase1_p_aparent>
  <fase1_p_activa>0.00</fase1_p_activa>
  <fase1_p_reactiva_ind>0.00</fase1_p_reactiva_ind>
  <fase1_p_reactiva_cap>0.00</fase1_p_reactiva_cap>
  <fase1_frecuencia>50.00</fase1_frecuencia>
```

Código 13 - Exemplo de ficheiro enviado pelo medidor de consumo

O exemplo apresentado no Código 13 foi truncado, pois o ficheiro original é muito extenso. O resto do ficheiro é semelhante ao exemplo apresentado apenas diferindo no tipo de variável e nos seus respetivos valores.

Desta forma em cada tag do XML encontra-se o nome da variável e o respetivo valor.

Anexo D

Exemplos de ficheiros enviados pela box para o servidor central

O anexo atual tem como propósito apresentar os ficheiros, que são fornecidos pela box ao servidor central. Sendo estes referenciados ao longo da secção 4.4, nomeadamente, o ficheiro *im alive*, o ficheiro de configurações, o ficheiro de envio de dados dos inversores e o ficheiro de envio de dados do medidor de consumo.

Ficheiro *im alive*

```
GUID:252374A8-509B-EE1D-6360-7900A877A5E8
IP:94.60.216.205
MemTotal:249.48 MB
MemFree:151.05 MB
MemCached:50.82 MB
DiskSpace:3.54 GB
DiskFree:2.39 GB
```

Código 14 - Exemplo do ficheiro *im alive* enviado para o servidor central

O exemplo apresentado no Código 14, é um exemplo de um ficheiro *im alive* completo e apresenta a informação contida em cada linha do ficheiro. Neste, cada linha contém o nome da variável seguida do seu valor. A lista seguinte apresenta uma explicação mais pormenorizada:

- GUID da instalação;
- IP público da instalação;
- Memória total da box da instalação;
- Memória livre;

- Memória em cache;
- Espaço total do disco da box da instalação;
- Espaço total do disco que está livre.

Ficheiro configurações

```
#BOX
Instalação A;3340558.53;298;2015-08-18 10:00:00;40.641152;-7.854907;1
#INVERTERS
120302R242;DANFOSS;DANFOSS;1;15;17;0;1
027701N473;DANFOSS;DANFOSS;2;15;17;0;1
031901N473;DANFOSS;DANFOSS;3;15;17;0;1
#Variables
E_TOTAL_P_AC;DANFOSS;E_Total;kWh;1
I_AC;DANFOSS;I_AC;A;1
P_AC;DANFOSS;P_AC;W;1
U_AC;DANFOSS;U_AC;V;1
```

Código 15 - Exemplo do ficheiro com dados de inversores enviados para o servidor central

O exemplo apresentado no Código 15 foi truncado, pois o ficheiro original é muito extenso. Este ficheiro contém as informações das 3 abas disponíveis no portal web disponibilizado. Estando a informação das 3 abas divididas por “#” seguido do nome da aba. Na aba Box a informação está completa. Na aba relativa aos inversores, falta alguns inversores para não tornar o exemplo muito extenso da mesma forma acontece com a aba das variáveis. Como referido, a informação contida no ficheiro, encontra-se dividida em grupos separados por cardinais. A restante informação está separada por ponto e vírgulas e é explicada na seguinte lista:

- Box:
 - Nome da instalação;
 - Investimento;
 - Potência instalada;
 - Data da instalação no formato ano, mês, dia, hora, minuto e segundo;
 - Latitude;
 - Longitude;
 - Se possui autoconsumo ou não.
- Inversores:
 - Número de série;
 - Tipo de inversor;
 - Nome do inversor;

- Número do inversor;
- Potência nominal;
- Potência máxima;
- Energia produzida;
- Se está ativo ou não.
- Variáveis:
 - Nome da variável que o inversor utiliza;
 - Tipo de inversor;
 - Nome da variável uniforme para todos os inversores;
 - Unidades de medida da variável;
 - Se está ativo ou não.

Ficheiro de envio de dados de inversores

```

2015-08-18 20:10:00;144602N333;E_TOTAL_P_AC;30346.44096666
2015-08-18 20:10:00;144602N333;P_AC;44
2015-08-18 20:10:00;144602N333;U_AC;241
2015-08-18 20:10:00;144602N333;U_AC_1;240
2015-08-18 20:10:00;144602N333;U_AC_2;241
2015-08-18 20:10:00;144602N333;U_AC_3;241
2015-08-18 20:10:00;144602N333;I_AC;0.339
2015-08-18 20:10:00;144602N333;U_DC_1;396.1
2015-08-18 20:10:00;144602N333;U_DC_2;395.3
2015-08-18 20:10:00;144602N333;U_DC_3;0.0

```

Código 16 - Exemplo do ficheiro com dados dos inversores enviados para o servidor central

O exemplo apresentado no Código 16 foi truncado, pois o ficheiro original é muito extenso. O resto do ficheiro é semelhante ao exemplo apresentado apenas diferindo na data, no inversor e no tipo de variável. Este ficheiro já só contém as variáveis que o utilizador configurou no portal.

A informação contida em cada linha do ficheiro, encontra-se separada por ponto e vírgulas e é explicada na seguinte lista:

- Data no formato ano, mês, dia, hora, minuto e segundo;
- Número de série;
- Nome da variável;
- Valor da variável.

Ficheiro de envio de dados do medidor de consumo

```
2015-08-18 20:10:00;fase1_vrms;231.23  
2015-08-18 20:10:00;fase1_irms;0.00  
2015-08-18 20:10:00; fase1_p_aparent;0.00  
2015-08-18 20:10:00; fase1_p_activa;0.00
```

Código 17 - Exemplo do ficheiro dados do medidor de consumo e enviado para o servidor central

O exemplo apresentado no Código 17 foi truncado, pois o ficheiro original é muito extenso. O resto do ficheiro é semelhante ao exemplo apresentado apenas diferindo no tipo de variável e no seu valor.

A informação contida em cada linha do ficheiro, encontra-se separada por ponto e vírgulas e é explicada na seguinte lista:

- Data no formato ano, mês, dia, hora, minuto e segundo;
- Nome da variável;
- Valor da variável.