Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Autoconsumo: Tecnologias e Aplicação de *Business Intelligence* no Desenvolvimento de Relatórios de Execução e Qualidade, e Criação de Formulários Dinâmicos para Obra sob o desígnio do Planeamento e Controlo de Autoconsumo Fotovoltaico na EDP Comercial

João Guilherme Reis de Miranda Machado

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major em Energia

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Roque Neves dos Santos

Setembro de 2017

Resumo

Perante o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica, o crescimento do respetivo mercado e o consequente decréscimo dos preços praticados, juntamente com uma legislação vigente que beneficia o estatuto de produtor-consumidor, o Autoconsumo Fotovoltaico surge com cada vez maior impacto no Sistema Elétrico Nacional. A poupança inerente às instalações de Unidades de Produção para Autoconsumo e um *payback* cada vez mais célere cativam cada vez mais clientes, pelo que a oferta de soluções na área tem crescido tremendamente – assim, é com naturalidade que a EDP Comercial inicia as suas funções na instalação, assistência e inspeção a unidades de Autoconsumo FV.

Segundo o modelo de negócio delineado, o serviço é prestado a nível nacional com recurso à subcontratação de Prestadores de Serviço a que serão atribuídas Áreas Operacionais divididas entre si da forma mais equilibrada possível. Surge assim a necessidade proceder a um controlo mais rigoroso e detalhado da operativa, garantindo que são cumpridos os requisitos previstos nos contratos com os Prestadores. Os dois pontos fulcrais são o acompanhamento das intervenções – taxa de execução das obras, contabilizando as falhas e os seus motivos, e qualidade do serviço prestado – e o registo correto de todo o material utilizado em cada instalação e dos respetivos detalhes determinantes – levantamento dos equipamentos seriados e não-seriados aplicados e de detalhes técnicos das obras efetuadas.

Sobressai, deste modo, a necessidade de desenvolver novas ferramentas para monitorizar com o devido rigor toda a operativa. No presente documento é descrita a implementação de duas soluções que atuarão nos dois campos já mencionados:

- Elaboração de Relatórios Dinâmicos em *software* de Inteligência Empresarial relativos à qualidade do serviço prestado, classificação dos instaladores, taxa de execução, número de agendamentos e motivos para não-instalação;
- Desenvolvimento de Formulários Dinâmicos a partir de uma ferramenta criada sob monitorização própria para recolha de informação instantânea em obra em articulação com o sistema geral de armazenamento da empresa;

Este trabalho foi realizado sob o desígnio da direção de Planeamento e Controlo Operacional da EDP Comercial ao longo de 5 meses, paralelamente a uma vasta pesquisa sobre as atuais tecnologias disponíveis no mercado.

Abstract

Given the development of photovoltaic technologies in recent years, paired with an unprecedented growth of its market, lower prices and a stimulant legislation, Photovoltaic Self-Consumption's impact on the National Grid is rising. The savings provided by the installation of such Units and a prompt payback are the main reasons the concept is thriving, which results on a wide and populated market - so it's only natural that *EDP Comercial* is joining the crowd, getting started on the installation, assistance and inspection of PV Self-Consumption Units.

Following the business model previously sketched, those services are provided throughout the country by outsourced companies attached to certain Operational Areas subdivided by the sales volume. Therefore, it is essential to supervise accordingly the overall operative, assuring that every contract clause is fulfilled and respected, as well as to shore up the service quality, and to manage with tenacity the warehouses inventory.

Thus addressing these requirements, there was a need to develop new tools to better handle the whole operative. There were implemented two solutions to tackle such needs:

- Creation of Dynamic Reports aiming at the control and supervision of service quality, monitoring of outsourced companies, execution rates, temporal evolution of installation or assistance appointments and unfulfillment of scheduled installations quotas and justifications;
- Development of Dynamic Forms through the supervision of the main software conception, coding and direct implementation to real-time, in-place data acquisition on a mobile app, while establishing connections to the primary data base.

Those tools were developed during a 5 months internship in EDP's Planning and Operational Control Unit, while simultaneously researching the available technologies on the market regarding PV Self-Consumption.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus dois orientadores – que o foram bem mais do que apenas no âmbito desta dissertação. Ao Professor José Eduardo Neves dos Santos, por ter estado em todos os momentos que envolveram a tese, sempre com palavras de incentivo, ponderação e sabedoria. A sua excelência enquanto docente é transversal à sua desarmante humanidade.

Ao Dr. Miguel Maia da Silva, coordenador mas também amigo, que muito prezo. Pela sua disponibilidade para me transmitir todos os ensinamentos sobre gestão, interações e forma de estar, pelo que me fez crescer enquanto profissional e pessoa.

Por fim, ao Professor Machado e Moura, que, por simples amabilidade, tudo fez para me permitir ter uma das mais importantes experiências da minha vida, ajudando-me a conseguir este estágio. A sua simpatia e extraordinário conhecimento são marcantes.

À minha família mais próxima, que sempre demonstrou o seu apoio, bem como aos meus amigos, agradeço com sinceridade.

Por último, às pessoas mais importantes da minha vida. Ao meu avó António e à minha Avó Júlia, que mesmo já tendo partido há vários anos continuam a ter um inexcedível impacto em mim. É uma alegria imensa saber que conto em mim muitos dos vossos traços, saber que vos transporto constantemente; que os meus valores são os vossos.

À minha tia Teresa, que é tia, irmã, amiga e um marco inesgotável de bondade. A sua simplicidade e a vontade genuína de dar o seu melhor aos que a rodeiam são inspiradoras, e moldo-me a elas.

Aos meus pais. Pelo apoio incondicional, pela ternura, pela motivação, por me fazerem sentir confortável na minha própria pele desde sempre. Por serem Mãe e Pai no mais absoluto dos sentidos, pela nobreza da sua afeição. Por me terem criado com toda a dedicação e amor.

Finalmente, à minha Inês. Que desde o primeiro dia fez de mim um homem melhor. Não me é possível descrever ou agradecer o suficiente a forma como me cuida, ou quantificar o amor, conforto e tranquilidade que me traz. O seu impacto em tudo o que sou e faço é imensurável, e é uma honra partilhar consigo toda e qualquer etapa de um caminho que é uno.

Índice

INTRODUÇÃO 1

1.1 O SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL 1

1.2 DISTRIBUIÇÃO DISPERSA 2

1.3 A TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA 2

1.4 AUTOCONSUMO 3

AUTOCONSUMO E SISTEMAS FV: CONCEITOS BASE E SÍNTESE DE CONHECIMENTO .. 5

2.1 O CONCEITO DE AUTOCONSUMO 5

2.2 DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO 7

2.2.1) Diagrama de consumo diário do edifício 8
2.2.2) Caracterização do recurso solar e da temperatura ambiente 10
2.2.3) Análise das infraestruturas existentes: inclinação e orientação 14
2.2.4) Seleção dos painéis solares 19
2.2.5) Escolha do inversor 29
2.2.6) Dimensionamento do sistema 35
2.2.7) Ligação à rede 36
2.2.8) Sistemas de armazenamento 37

2.3 LEGISLAÇÃO SOBRE O AUTOCONSUMO 39

DESENVOLVIMENTO DE RELATÓRIOS OPERACIONAIS E FORMULÁRIOS DINÂMICOS . 45

3.1 INTRODUÇÃO 45

3.2 FUNCIONAMENTO DA DIVISÃO DE PLANEAMENTO E CONTROLO OPERACIONAL 46

3.3 METODOLOGIA DE SELEÇÃO DOS PSE.....48
3.3.1) Avaliação das Empresas 49
3.3.2) Preços atribuídos pelas Empresas a cada Área Operacional 50
3.3.3) Preços Ajustados com ponderação da Avaliação Qualitativa 51
3.3.4) Resolução do Problema com Restrições para Decisão dos PSE..... 52

3.4 RELATÓRIOS DINÂMICOS EM POWER BI.....55
3.4.1) Alternativas ao Power BI..... 56
3.4.2) Relatório Semanal 59
3.4.3) Considerações gerais 72

3.5 FORMULÁRIOS DINÂMICOS.....74
3.5.1) Desenvolvimento do Formulário Dinâmico de AC FV..... 75
3.5.2) Considerações Gerais..... 80

CONCLUSÕES.....83

TRABALHO FUTURO 84

APÊNDICE A 87

APÊNDICE B 91

APÊNDICE C 97

REFERÊNCIAS 117

Lista de Figuras

1.1 - Estrutura da Rede de Distribuição Nacional 1
2.1 - Esquema-tipo de uma instalação de autoconsumo fotovoltaico doméstica 6
2.2 - Diagrama diário exemplificativo de consumo/produção de uma habitação com UPAC 7
2.3 - Diagrama de produção/consumo com UPAC para um dimensionamento ajustado 9
2.4 - Irradiação Global Horizontal em Portugal Continental 11
2.5 - Número médio de horas de Sol anuais 11
2.6 - Irradiação Global Horizontal na Europa 12
2.7 - Relação entre a irradiância solar incidente e a potência produzida pelo painel (exemplo) 12
2.8 - Relação entre a temperatura da célula e a sua potência produzida 13
2.9 - Temperatura média anual em Portugal Continental 14
2.10 - Latitude da Península Ibérica 15
2.11 - Exemplo de instalação de um sistema FV em telhado plano com utilização de lancis 15
2.12 - Exemplo de instalação de um sistema FV em telhado plano com fixação direta 16
2.13 - Utilização de ganchos para fixação de módulos FV a um telhado de telhas de barro 17
2.14 - Orientação ótima de um sistema FV nos EUA 17
2.15 - Orientação ótima para produção em horas de cheias 18
2.16 - Detalhe de células de silício monocristalino 19
2.17 - Comparação entre células de silício poli e monocristalino 20
2.18 - Lingote de silício monocristalino 21
2.19 - Câmara para o processo Czochralski 21

2.20 - Fundição de silício para a produção de lingotes policristalinos 22
2.21 - Lingote de silício policristalino 22
2.22 - Painéis de películas finas de silício amorfo 23
2.23 - Painel de películas finas de Disseleneto de Cobre-Índio-Gálio 24
2.24 - Painéis de películas finas de Telureto de Cádmio 25
2.25 - Painel de películas finas sobre substrato flexível 25
2.26 - Painel de películas finas sobre substrato flexível de células orgânicas 26
2.27 - Concentrador solar plano 27
2.28 - Concentrador solar parabólico 27
2.29 - Concentrador solar cilíndrico-parabólico 28
2.30 - Concentrador solar de múltiplos espelhos 28
2.31 - Concentrador solar por refração 29
2.32 - Ponto de Potência Máximo 30
2.33 - Esquema de ligação de um inversor central 32
2.34 - Esquema de ligação de um inversor de fileira 33
2.35 - Esquema de ligação de um inversor multi-fileira 34
2.36 - Esquema de ligação de um inversor mestre-escravo 34
2.37 - Esquema de ligação de micro-inversores integrados 35
2.38 - Detalhe de um contador bidirecional utilizado para instalações com venda à rede 37
2.39 - Exemplo de uma bateria de chumbo-ácido 38
2.40 - Exemplo de uma bateria de iões de lítio 38
2.41 - Exemplo de uma UPP 39
2.42 - Exemplo de uma UPAC 39
3.1 - Segmentação Geográfica em 5 grandes Áreas Operacionais 47
3.2 - Ilustração de alguns dos cuidados fundamentais a ter em obra 48
3.3 - Dashboard criado com recurso ao Tableau Desktop 56
3.4 - Dashboards criados com o software QlikView 57
3.5 - Exemplo de um Dashboard criado a partir do Domo Data Management 57
3.6 - Exemplo de um Dashboard criado com o InsightSquared 58
3.7 - Dashboard nº 1 – Waterfall 60
3.8 - Dashboard nº 2 – Real x Plano 61
3.9 - Relações entre as Bases de Dados 62
3.10 - Dashboard nº 3 – Agendamentos & Execução 64

3.11 - Detalhe do dashboard nº3 – Taxa de Execução 64

3.12 - Detalhe do dashboard nº3 – Evolução Temporal da Taxa de Execução 65

3.13 - Detalhe do dashboard nº3 – Comparação das Taxas de Execução entre PSE/AO 66

3.14 - Dashboard nº 4 – Motivos para Não-Obra 67

3.15 - Dashboard nº 5 – Falhas dos PSE 68

3.16 - Dashboard nº 6 – Carga Agendada 69

3.17 - Dashboard nº 7 – Surveys 70

3.18 - Dashboard nº 8 – QAQC 71

3.19 - Componentes *default* e específicos 76

A.1 - Distribuição elétrica de um átomo de silício. 87

A.2 - Esquema simplificado de uma célula FV. 88

A.3 - Criação da junção P-N. 88

B.1 - Instalação num telhado inclinado. 91

B.2 - Estrutura de suporte dos painéis e fixação ao telhado. 92

B.3 - Fixação dos micro-inversores ao perfil. 92

B.4 - Montagem dos Painéis sobre a estrutura de suporte. 93

B.5 - Montagem dos Painéis (já com os micro-inversores acoplados) na estrutura. 93

B.6: Pack inicial do Re:dy. 94

B.7: Ligação entre o sistema FV e a tomada mais próxima. 95

B.8 - Ligação do sistema FV a uma tomada através de uma Re:dy Plug Solar. 96

Lista de Tabelas

2.1 - Tarifas para venda de energia ao cliente final 9

2.2 - Preço médio mensal do MIBEL em 2015 (janeiro – outubro) 9

3.1 - Avaliação Qualitativa das Empresas a concurso 49

3.2 - Preços atribuídos pelas Empresas a cada AO 50

3.3 - Preços Ajustados de acordo com a AQ 51

3.4 - Ranking das Propostas por Zona 52

3.5 - Atribuição das Zonas às Empresas segundo o Solver 54

Abreviaturas

MAT - Muito Alta Tensão

AT - Alta Tensão

MT - Média Tensão

BT - Baixa Tensão

BTN - Baixa Tensão Normal

BTE - Baixa Tensão Especial

SEN - Sistema Elétrico Nacional

PD - Produção Dispersa

FV - Fotovoltaico/a

UPAC - Unidade de Produção de Autoconsumo

OMIE - Operador do Mercado Ibérico de Energia

W - Watt

Wh - Watt Hora

VA - Volt Ampère

LCOE - *Levelized Cost of Energy*

ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

MIBEL - Mercado Ibérico de Eletricidade

GHI - *Global Horizontal Radiance*

NOCT - *Nominal Operating Cell Temperature*

CIGS - Cobre-Índio-Gálio-Selénio / Disseleneto de Cobre-Índio-Gálio

CIS - Cobre-Índio-Selénio / Disseleneto de Cobre-Índio

DC - *Direct Current*

CC - Corrente Contínua

AC - *Alternating Current*

CA - Corrente Alternada

MPPT - *Maximum Power Point Tracking*

MPP - *Maximum Power Point*

P - Potência (em W)

V - Tensão (em V)

R - Resistência (em ohms)

I - Corrente (em A)

G - Condutância (em S [Siemens])

Icc - corrente de curto-circuito

Voc - tensão de circuito aberto

ΔT - variação da temperatura

UPAC - Unidade de Produção para Autoconsumo

UPP - Unidade de Pequena Produção

UP - Unidade de Produção

DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia

SERUP - Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção

ORD - Operador da Rede de Distribuição

CUR - Comercializador de Último Recurso

CIEG - Custos de Interesse Económico Geral

B2C - Business to Consumer

PSE - Prestador de Serviço

PCO - Planeamento e Controlo Operacional

NS - Números de Série

GO - Gestor Operacional

AO - Área Operacional

AQ - Avaliação Qualitativa

CPE - Código de Ponto de Entrega

FOO - Ficha de Obra *Online*

BI - *Business Intelligence*

CRM - *Customer Relationship Management*

QAQC - *Quality Assurance/Quality Control*

NC - Não Conformidade

EP - Enterprise

Equações

2.1 - Remuneração das UPAC 5

2.2 - *Levelized Cost of Energy* 8

2.3 - Relação entre a irradiância incidente e a potência produzida num painel 12

2.4 - Temperatura da célula FV em relação à temperatura ambiente 13

2.5 - Obtenção e purificação do Silício 20

2.6 - Constante do método de coeficiente tensão-corrente constante (MPPT) 30

2.7 - Método da condutância incremental (MPPT) 31

2.8 - Potência do inversor escolhido 35

2.9 - Remuneração das UPAC (2) 42

2.10 - Compensação paga por UPAC 42

3.1 - Cálculo do Preço Ajustado 51

3.2 - Preço ajustado atribuído pela Empresa 6 à Zona 4 52

A.1 - Variação da corrente de curto-circuito face à alteração da temperatura 89

A.2 - Variação da tensão de circuito aberto face à alteração da temperatura 89

Capítulo 1
Introdução

1.1 O Sistema Elétrico Nacional

Nas últimas décadas, o Sistema Elétrico (SEN) português caracterizou-se pela sua estrutura hierárquica convencional, dividindo-se de forma clara entre os sectores de produção (centrais de elevada capacidade, na sua maioria térmicas e hídricas), transporte (fundamentalmente em 150, 220 e 400kV) e distribuição (em AT [60 e 132kV], MT [sobretudo 10, 15 e 30kV] e BT [400V]) [1],[2]. O fluxo de energia, de trânsito exclusivamente unidirecional, seguia a sequência supracitada – produção, transporte e distribuição [3]. A conversão MAT/AT e AT/MT é feita através de subestações, como explicitado na Figura 1.1, representativa da Rede de Distribuição operada pela EDP Distribuição:

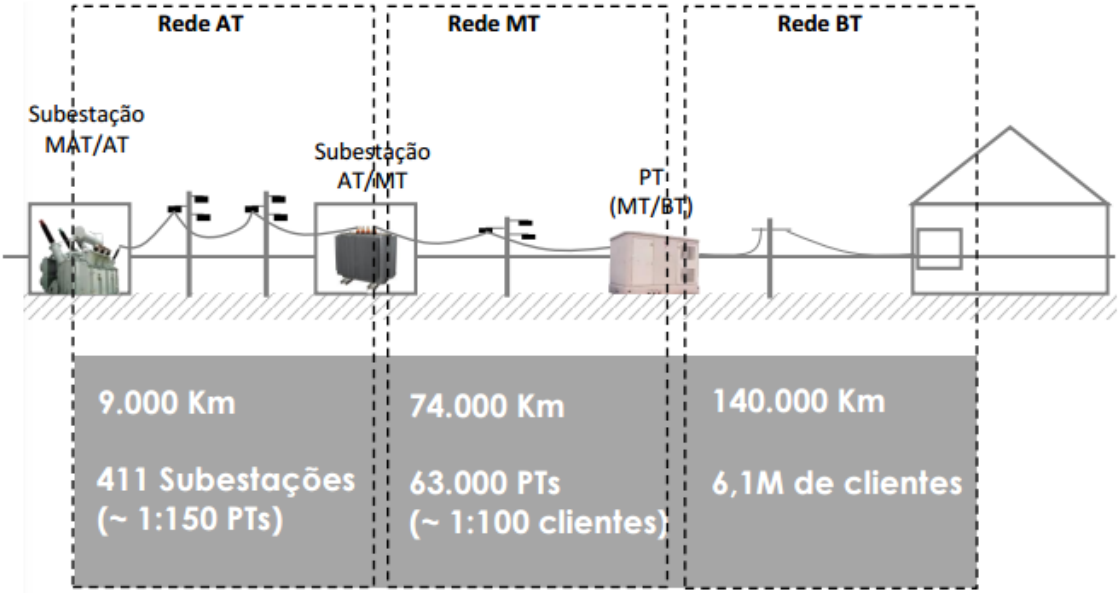

Figura 1.1 - Rede de Distribuição Nacional (dados da EDP Distribuição, 2012).

Ainda que a fácil operação da Rede de Distribuição fosse um trunfo, devido à unidirecionalidade do fluxo, as perdas resultantes da longa distância entre as unidades de geração e as áreas de consumo, o impacto ambiental decorrente da utilização em grande escala de centrais térmicas e a baixa fiabilidade do sistema (a saída de funcionamento de uma linha responsável pela alimentação de um centro populacional pressupõe a interrupção de serviço) são desvantagens claras da Estrutura Convencional Hierárquica.

1.2 DISTRIBUIÇÃO DISPERSA

Com o desenvolvimento e crescente penetração das Energias de Fonte Renovável no SEN – nomeadamente através das tecnologias fotovoltaica, eólica, mini-hídrica e biomassa [4] –, aliado à necessidade de promover a autossustentabilidade, reduzir as perdas no transporte e distribuição, aumentar a eficiência do sistema e minorar as emissões de gases nocivos características das grandes térmicas, o conceito de Produção Dispersa foi ganhando força no paradigma energético português (e mundial). É possível descrever o conceito de Produção Dispersa como o funcionamento de pequenas/médias unidades de geração ligadas à Rede de Distribuição, não obrigatoriamente de fonte renovável, que se encontram frequentemente próximas das áreas de consumo [3]. Não é, porém, possível definir o conceito de forma universal e concreta, visto que a regulação e aplicações são diferentes para cada país.

Considerando, assim, a injeção de potência por parte de pequenas centrais produtoras na Rede de Distribuição, constata-se que quando a produção se superioriza ao consumo, na área próxima de uma determinada central, o fluxo de potência se dará no sentido contrário ao convencional. Tal facto exige um controlo e monitorização rigorosos do sistema em tempo real, o que permite evitar e corrigir ocorrências tais como as sobretensões e os curto-circuitos, reduzir as perdas e respeitar os limites de congestionamento das linhas, encontrando o trânsito de potências ótimo.

1.3 A TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Dentro das Energias Renováveis existentes, é seguro afirmar que a Energia Solar é uma das mais flexíveis e versáteis disponíveis; visto ser aplicável tanto a nível doméstico (**Autoconsumo** - tema primordial da presente Dissertação) como em centrais de muito maior capacidade para injeção na rede, recorrendo sobretudo a tecnologias de Concentração da irradiância solar [5].

O princípio base da Energia Solar é a ocorrência do efeito fotovoltaico, que consiste na ejeção de eletrões da camada superior do painel fotovoltaico por ação da irradiância incidente, sendo aqueles conduzidos por um circuito externo (corrente elétrica) que alimenta as cargas acopladas ao sistema FV [6].

A aplicabilidade desta tecnologia à produção em pequena escala, juntamente com os incentivos governamentais à sua expansão, o tempo de vida útil alargado e a manutenção meramente pontual, faz com que Energia Solar se tenha tornado o principal meio utilizado na geração para consumo próprio.

1.4 AUTOCONSUMO

A instalação de um sistema fotovoltaico em habitações ou edifícios comerciais apresenta inúmeras vantagens, reduzindo os custos relativos ao consumo energético através não só da poupança direta na compra à rede como também na própria venda dos excedentes de produção.

No presente documento serão tratados todos os pontos fulcrais de um sistema de autoconsumo fotovoltaico, desde os fenómenos físicos associados à tecnologia fotovoltaica até à gestão de recursos para instalação destes mesmos dispositivos a nível nacional.

Capítulo 2

Autoconsumo e Sistemas FV: Conceitos Base e Síntese de Conhecimento

2.1 O Conceito de Autoconsumo

O conceito de Autoconsumo define a instalação de um sistema de produção de energia elétrica – seja ele fotovoltaico ou não – junto ou acoplado a um edifício de habitação, prestação de serviços, comercial ou até fabril, cuja geração se destina primordialmente ao consumo imediato no próprio edifício; o excesso de produção será injetado na rede e ressarcido de forma previamente definida na legislação vigente [7]. No presente documento será dada ênfase clara ao Autoconsumo fotovoltaico, o qual necessita da instalação de diversos componentes (enumerados mais à frente), que no seu conjunto constituem um sistema que deve ser corretamente dimensionado em função do diagrama de carga do edifício, da área disponível e das características da estrutura e da localização da instalação.

O Autoconsumo apresenta as seguintes vantagens para todos os intervenientes do Sistema Elétrico [8]:

- Menor necessidade no investimento em infraestruturas de transporte de energia e centrais de produção;
- Redução muito significativa na emissão de gases nocivos para a atmosfera, graças à substituição de unidades térmicas de grande dimensão por instalações com geração a partir de fontes renováveis (energia solar);
- Poupança por parte dos consumidores finais, que ao produzir para consumo direto necessitam de menor potência proveniente da rede e ainda injetam nesta o excesso, com um retorno financeiro dado pela expressão 2.1 [9]:

$$R_{UPAC} = E_{injetada} \cdot Preço_{OMIE} \cdot 0{,}9 \tag{2.1}$$

R_{UPAC} – Remuneração da Unidade de Produção [€]

$E_{injetada}$ – Energia injetada na rede [kWh]

$Preço_{OMIE}$ – Preço médio do mercado ibérico para o mês considerado [€/kWh]

- Dinamização do mercado de produção de componentes dos sistemas fotovoltaicos;
- Menor dependência da importação de combustíveis fósseis;
- Mercado energético mais competitivo pela entrada dos produtores-consumidores.

De forma a entender a forma como funciona um sistema de Autoconsumo comum, na figura 2.1 é representado o esquema-tipo de uma instalação doméstica com ligação à rede e produção própria com recurso a painéis fotovoltaicos, utilizando no caso um sistema de armazenamento:

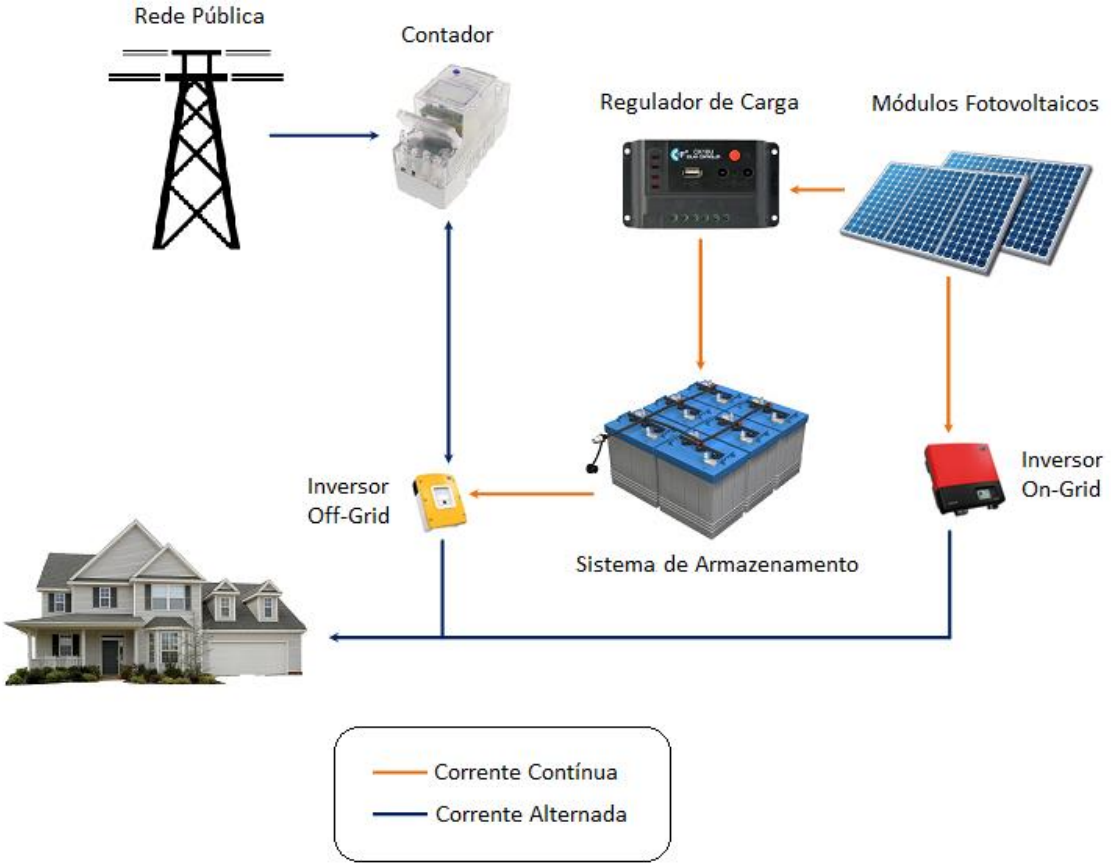

Figura 2.1 - Esquema Tipo de uma instalação doméstica de autoconsumo fotovoltaico.

Os painéis solares, ao receber a irradiância solar, induzirão uma corrente contínua no circuito, sendo a característica tensão/corrente do sistema regulada em função da carga a alimentar para que seja encontrado um ponto ótimo de funcionamento para cada situação [3]. A energia necessária em tempo real será convertida em corrente alternada pelo Inversor CC/CA *On-Grid*, sendo o excesso de produção repartido da forma mais conveniente entre as baterias (sistema de armazenamento de energia para utilização num período em que a geração se torne inferior ao consumo) e a rede. Idealmente, toda a energia produzida seria consumida ou armazenada, visto que a remuneração pela venda à rede não é suficientemente atrativa. Portanto, enquanto que cada kWh produzido para consumo próprio resulta na poupança do custo do kWh ao cliente final, no caso de venda energética à rede o retorno é apenas de 90% do preço do mercado ibérico por kWh. Para quantificar essa diferença, comparemos o preço médio de mercado OMIE e o preço de venda ao cliente final (em BTN, >6,9kVA) para o ano de 2014 [10],[11]:

- Preço médio mais alto OMIE de 2014 (Agosto) = 57,23€/MWh = **0,0572€/kWh**
- Preço fixo de venda ao cliente final BTN em 2014 (tarifa simples) = **0,1543€/kWh**

Percebe-se, assim, que mesmo considerando um valor particularmente elevado para o preço de mercado, o valor de venda ao cliente final comum é sempre bastante superior ao primeiro. Entretanto, a contagem da energia injetada e absorvida da rede é feita pelo contador bidirecional.

Como será tratado no subcapítulo do **Dimensionamento**, as baterias para armazenamento da energia produzida em excesso ainda apresentam uma baixa eficiência e custos avultados [12]. A evolução desta tecnologia permitirá que o rendimento retirado destes equipamentos aumente, e possivelmente que o próprio preço dos mesmos desça consideravelmente a curto/médio prazo. A introdução dos carros elétricos e o funcionamento das respetivas baterias como sistemas de armazenamento dinâmicos deverão revolucionar o mercado do autoconsumo e ajudar à sua afirmação definitiva como ponto fulcral no futuro do Sistema Elétrico Nacional [13].

2.2 Dimensionamento de um sistema de Autoconsumo Fotovoltaico

Na atual conjuntura, na qual (pelas razões acima enumeradas) a utilização de sistemas de armazenamento não é ainda muito vulgar, é necessário dimensionar o sistema fotovoltaico de autoconsumo da forma mais vantajosa possível, ou seja, produzindo exclusivamente para consumo próprio, evitando o excesso de geração [8]. Na Figura 2.2 é possível analisar a relação entre a energia consumida, produzida e injetada na rede por parte de um edifício provido de uma Unidade de Produção de Autoconsumo (UPAC):

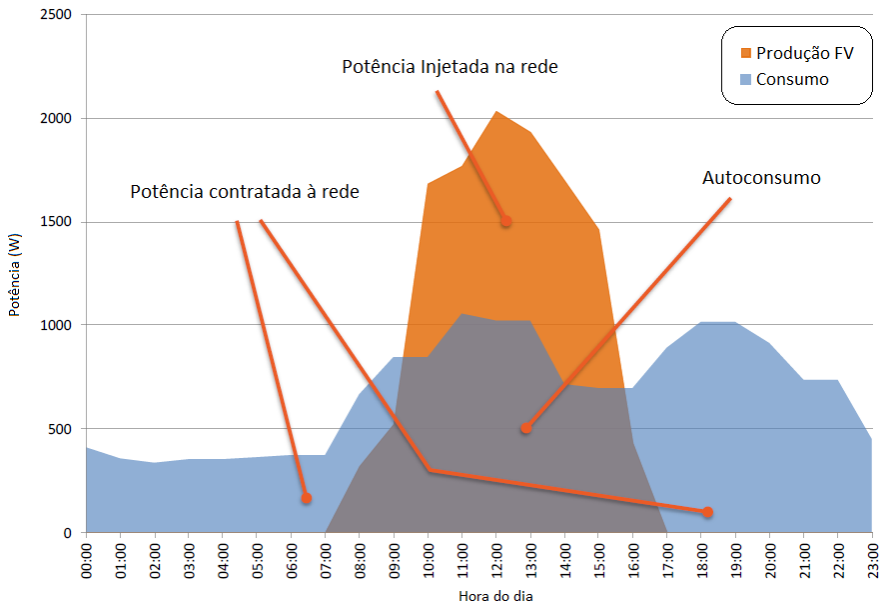

Figura 2.2 - Diagrama diário exemplificativo de consumo/produção de uma habitação com UPAC [14].

Na Figura 2.2, a laranja encontramos a produção fotovoltaica – presente apenas entre as 7 e as 17 horas no diagrama – e a azul é representado o diagrama de consumo ao longo do dia. Assim, até às 7 h e a partir das 17h toda a energia consumida provém da rede; entre as 7h e as 9h15 parte do consumo já é suprido pelo sistema FV, assim como entre as 15h45 e as 17h; finalmente, entre as 9h15 e as 15h45 a produção superioriza-se ao consumo, pelo que esse excedente é injetado na rede e remunerado a 90% do preço do Mercado Ibérico vigente [9].

Tendo em conta o que se afirma anteriormente, o dimensionamento deve ser feito de forma a que toda a energia produzida (ou pelo menos a maior parte) seja consumida, o que permitirá um retorno do investimento com maior brevidade. Tal poderá ser obtido através da minimização do LCOE (*Levelized Cost of Energy*) [15]: este é um indicador que permite quantificar o custo da produção de energia elétrica segundo o método escolhido, contabilizando os gastos relativos à montagem, manutenção, financiamento e combustível utilizado (no caso da energia solar, nulo), tendo ainda em conta os incentivos, tarifas, impostos e até a inflação e desvalorização dos equipamentos [16]. A fórmula simplificada de cálculo do LCOE é a presente na equação 2.2 [17],[18]:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^{n} \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n} \frac{E_t}{(1+r)^t}} \tag{2.2}$$

I_t – investimento no ano t (considerando financiamento)

M_t – custo da manutenção no ano t

F_t – Custo de combustível no ano t

E_t – Energia gerada no ano t

r – taxa de desconto

n – tempo útil de vida do sistema

Para o dimensionamento de um sistema de autoconsumo fotovoltaico há várias etapas que são descritas nas secções seguintes:

2.2.1) Diagrama de consumo diário do edifício

A informação mais importante no dimensionamento de um sistema do género é, sem dúvida, o perfil de consumo da habitação/estabelecimento que aquele deve alimentar. O investimento na instalação será recuperado tanto mais rapidamente quanto menor for o LCOE, sendo que este atinge o seu valor mais baixo para uma situação em que a produção não ultrapasse o consumo, como representado no diagrama da Figura 2.3:

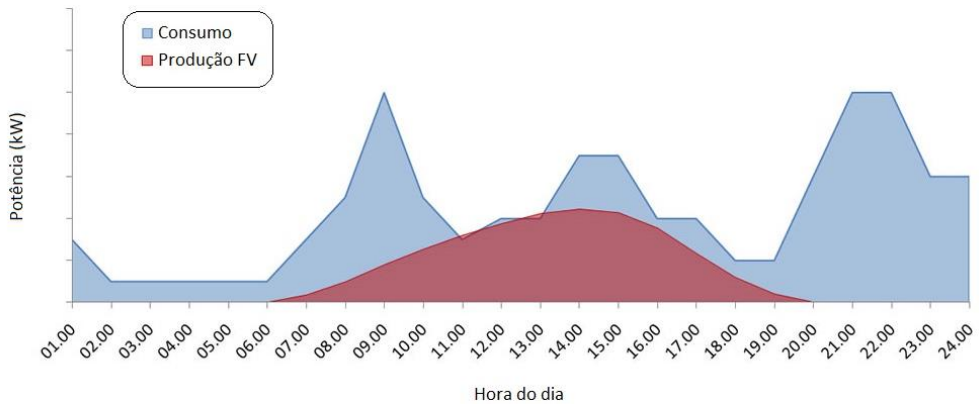

Figura 2.3 - Diagrama de produção/consumo com UPAC para um dimensionamento ajustado.

Como foi explicado no subcapítulo 2.1, é a poupança que advém da minimização da energia precedente da rede que justifica o investimento no autoconsumo. Na tabela 2.1, estão registados os custos da energia comprada à rede (em €/kWh) em Portugal Continental, no período entre 1 de julho e 31 de dezembro de 2016, em regime BTN entre os 2,3 e os 6,9kVA, para tarifários simples, bi e tri-horários [19]:

Tabela 2.1 - Tarifas para venda de energia ao cliente final (€/kWh; dados da ERSE, 2016) [19].

Energia ativa			(EUR/kWh)
	Tarifa simples		0,1342
	Tarifa bi-horária	Horas fora de vazio	0,1617
		Horas de vazio	0,0710
	Tarifa tri-horária	Horas de ponta	0,1877
		Horas de cheias	0,1424
		Horas de vazio	0,0710

Quanto ao valor médio do kWh no Mercado Ibérico nos meses entre janeiro e outubro de 2015 (informação disponibilizada pelo MIBEL), a informação é disposta na Tabela 2.2 [20]:

Tabela 2.2 - Preço médio mensal do MIBEL em 2015 (janeiro – outubro; dados do MIBEL) [20].

Preço médio (€/kWh)	Espanha	Portugal
janeiro	0,05160	0,05182
fevereiro	0,04257	0,04257
março	0,04313	0,04322
abril	0,04534	0,04549
maio	0,04512	0,04518
junho	0,05473	0,05474
julho	0,05955	**0,05961**
agosto	0,05559	0,05559
setembro	0,05188	0,05192
outubro	0,04990	0,04989

Se da tabela retirarmos o valor mais elevado (considerando, assim, o melhor dos casos), verificamos que dificilmente o valor pago por kWh em Portugal, no mercado livre, será superior a **0,05961 €/kWh [**21]. A remuneração será de apenas 90% desse valor [9].

Perante estes preços, podemos concluir que:

- Cada kWh produzido para consumo próprio levará a uma poupança superior a 13,4 cêntimos inerente à sua compra ao comercializador final;
- Por cada kWh injetado na rede, a remuneração será inferior a 5,4 cêntimos.

2.2.2) Caracterização do recurso solar e da temperatura ambiente

O dado mais determinante para a quantidade de energia produzida pelos módulos fotovoltaicos é a irradiância que nestes incide. Desta forma, é fundamental conhecer antecipadamente a exposição solar a que os painéis estão submetidos para se inferir o nível de produção expectável e, consequentemente, a própria rentabilidade do investimento. É importante, em primeiro lugar, definir as grandezas que permitem classificar o recurso solar [22]:

- Irradiância é a potência da radiação solar incidente numa superfície com determinada área (kW/m^2);
- Irradiação é a energia solar incidente numa superfície com determinada área (kWh/m^2).

Ambas as grandezas podem ser dividas em componentes direta (irradiação solar que incide diretamente nos painéis sem sofrer refração ou reflexão, medida com recurso a um pireliómetro) e difusa (irradiação que incide nos painéis sem proveniência direta do Sol, considerando-se inclusivamente a reflexão do albedo; é medida através de um piranómetro com disco de sombra) [22],[23]. É necessário que a soma das duas componentes da irradiância – a irradiância global – apresente um valor suficientemente elevado para que o ponto de funcionamento do sistema FV se aproxime o mais possível da sua potência de pico, o que levará a uma maior produção de energia elétrica.

A Figura 2.4 reflete a Irradiação Global Horizontal (em inglês, GHI) em Portugal Continental – irradiação total incidente na superfície (normal ao plano) [24]:

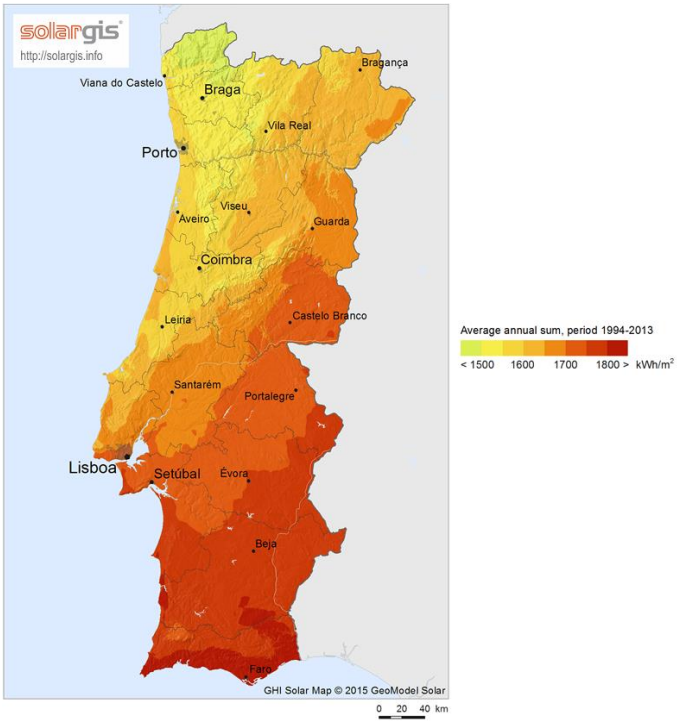

Figura 2.4 - Irradiação Global Horizontal em Portugal Continental [dados da SolarGis [25]].

Como é observável na Figura 2.4, a irradiação é particularmente intensa no sul do país, especialmente no Algarve e no Alentejo. A informação referente ao número médio de horas de Sol anuais, também ela relevante, é apresentada na Figura 2.5:

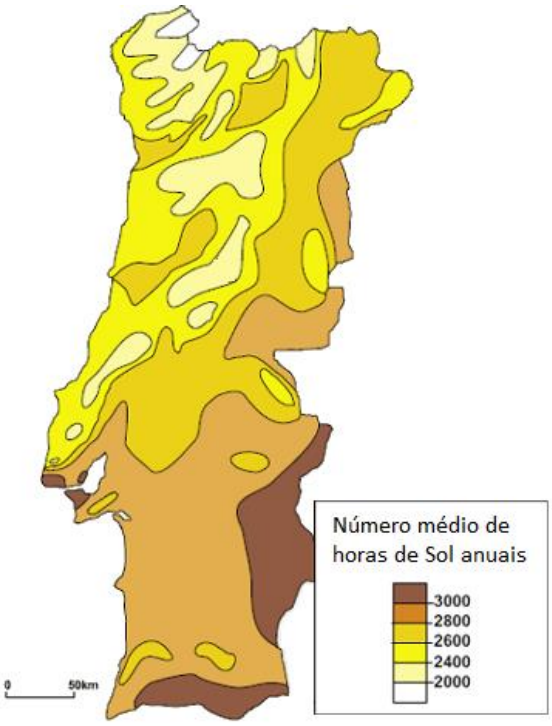

Figura 2.5 - Número médio de horas de Sol anuais em Portugal Continental [25].

Ainda em relação à incidência de irradiação solar em solo português, a Figura 2.6 comprova a grande exposição ao recurso solar por parte do nosso país, quando comparado com o resto do continente europeu, em especial com a Europa do Norte [25]:

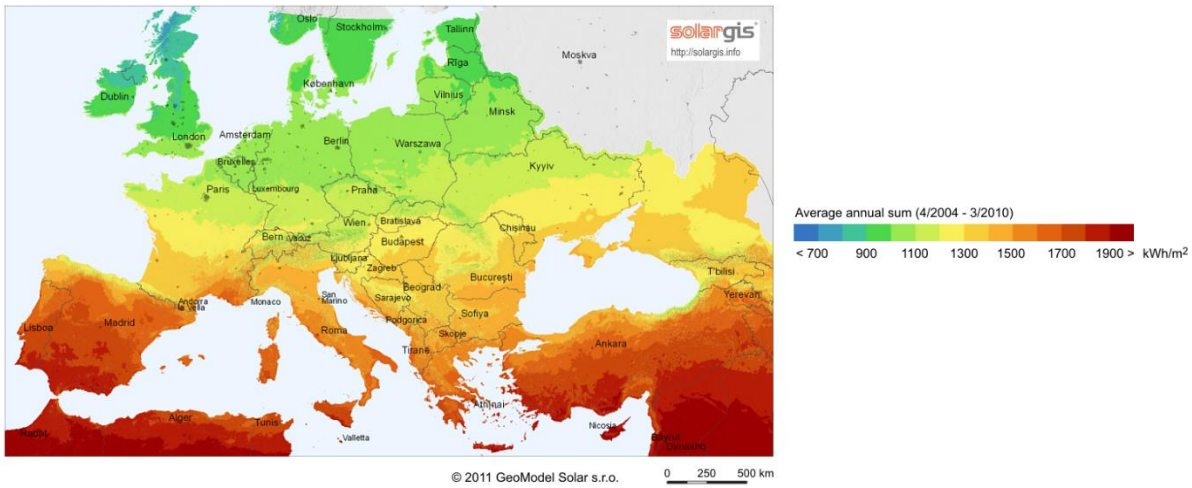

Figura 2.6 - Irradiação Global Horizontal na Europa [dados da SolarGis [25]].

O gráfico da figura 2.7 sintetiza, através de um exemplo simples, a relação entre a irradiância incidente nos painéis solares e a potência produzida:

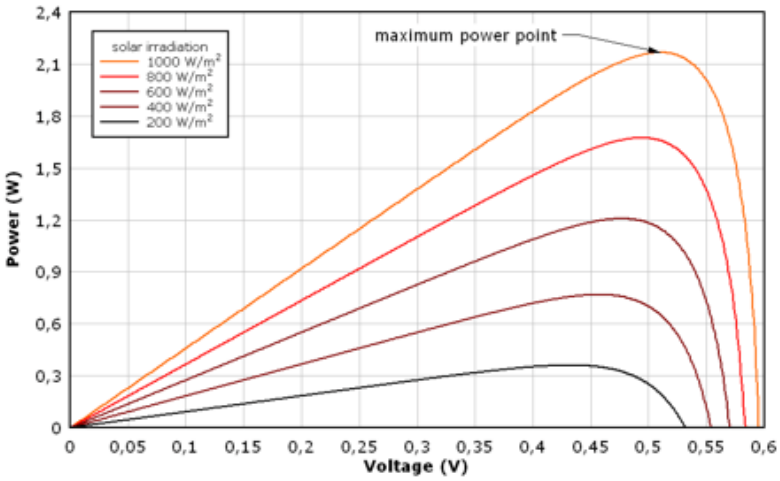

Figura 2.7 - Relação entre a irradiância solar incidente e a potência produzida pelo painel (exemplo) [26].

Esta relação é traduzida pela expressão [29]:

$$E = S \cdot \eta \cdot H_{anual} \cdot PR \tag{2.3}$$

E – energia produzida (kWh)

S – superfície de incidência (m^2)

H_{anual} – irradiação média anual (kWh/m^2)

PR – Performance Ratio (índice representativo das perdas)

A temperatura de funcionamento é outro dos factos que influencia o funcionamento e eficiência de um sistema fotovoltaico [27]. O cálculo da temperatura da célula FV é claramente afetado pela temperatura ambiente [28], tal como se pode ver pela equação 2.4:

$$T_C = T_a + G \cdot \frac{NOCT - 20°C}{800} - \frac{P}{S \cdot (K_C + v_{vento} + K_V)} \tag{2.4}$$

T_C - temperatura da célula FV (ºC)

T_a - temperatura ambiente (ºC)

G - irradiância (W/m^2)

NOCT - *Nominal Operating Cell Temperature* (ºC)

P - potência do painel (W)

S - superfície de incidência (m^2)

v_{vento} - velocidade do vento (m/s)

K_c / K_v - fatores de perdas térmicas do painel

O aumento da temperatura leva a um ligeiro aumento da corrente induzida pelo painel mas também a um decréscimo muito mais acentuado da tensão. Este fenómeno dá-se pela seguinte razão: a incidência dos raios solares carregados de fotões na camada superior do painel fará com que sejam ejetados eletrões, que ao circularem por um circuito externo que alimenta a carga criam uma corrente elétrica. Acontece que, aumentando a temperatura, o número de eletrões ejetados aumentará de forma ténue; no entanto, essa temperatura superior fará também com que os eletrões presentes na mesma camada se encontrem num estado mais energizado, mas não o suficiente para que sejam ejetados - assim, a diferença de potencial entre os eletrões presos na camada superior do painel e os que são libertados é menor: a tensão desce, assim, consideravelmente. Desta forma, e partindo do pressuposto de que a potência é dada pelo produto da tensão pela corrente (P = V x I), concluímos que a potência produzida pelo painel é menor [30]. A relação entre a temperatura de funcionamento da célula/módulo e a potência de *output* é representada graficamente na Figura 2.8 [26]:

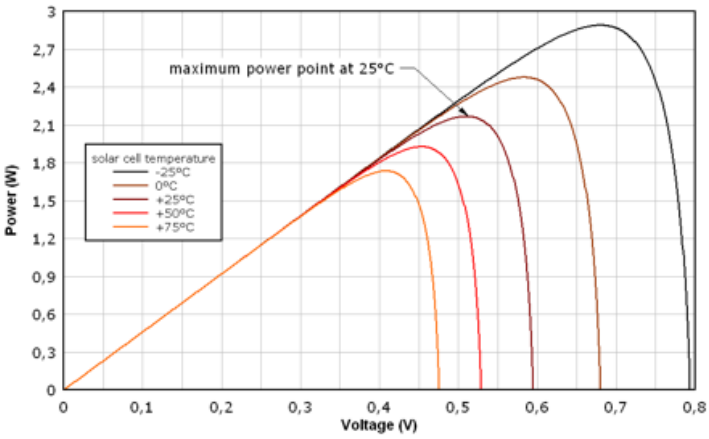

Figura 2.8 - Relação entre a temperatura da célula e a sua potência produzida [26].

Perante esta circunstância, constata-se que é para a menor temperatura apresentada (-25ºC, a azul) que se encontra uma maior potência produzida pela célula fotovoltaica. Por sua vez, à temperatura mais elevada considerada (75ºC, a cor-de-laranja) corresponde a menor produção.

Em Portugal as temperaturas médias não são particularmente elevadas (ver figura 2.9) quando comparadas com as de países de clima tropical ou particularmente seco, dado o seu clima temperado mediterrânico [31],[32], o que faz com que a instalação de painéis não seja problemática segundo esta condicionante.

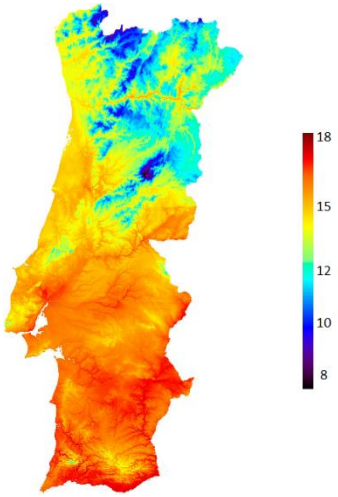

Figura 2.9 - Temperatura média anual em Portugal Continental.

2.2.3) Análise das infraestruturas existentes: inclinação e orientação

Como foi visto atrás, a localização da instalação elétrica é extremamente relevante para antever a produção do sistema de autoconsumo fotovoltaico a si acoplada, tanto em termos de exposição solar como da temperatura ambiente. As características do próprio edifício ou infraestrutura que suportará os painéis são também da maior importância: a inclinação e a orientação são preponderantes no dimensionamento do sistema FV e farão com que o seu funcionamento seja ou não satisfatório em termos de aproveitamento do recurso solar e sua conversão em energia elétrica.

Vejamos, em primeiro lugar, a questão da inclinação: em Portugal, geralmente, privilegia-se uma inclinação de aproximadamente 30º. De forma rigorosa, considera-se que a inclinação ótima para maximizar a produção de um módulo fotovoltaico ao longo de todo o ano é calculada através da subtração de 10º à latitude do país [22]. Assim, a título de exemplo, na cidade do Porto (com uma latitude aproximada de 41º) os painéis deverão ser colocados a 31º.

Figura 2.10 - Latitude da Península Ibérica [33].

Para que a colocação dos módulos fotovoltaicos seja feita de forma a assegurar a máxima eficiência possível do sistema é necessário, em grande parte dos casos, utilizar estruturas de suporte. Como em todos os outros pontos do dimensionamento, é fundamental ter em conta a componente económica: se para um determinado caso o telhado no qual vai ser efetuada a instalação tem uma inclinação ligeiramente superior a 25º, então o investimento adicional na estrutura para obter aproximadamente 30º pode levar a um aumento significativo do *payback* da obra, o que seria contraproducente. Pelo contrário, para uma instalação num telhado plano é fundamental a utilização de uma estrutura que permita a colocação de módulos FV no ângulo correto e garanta a fixação plena dos mesmos à base. A ocorrência de fortes ventos não deverá colocar em causa a integridade da obra, pelo que o conjunto dos painéis e estruturas deve ser fixado de forma robusta ao telhado, seja alicerçando-o convenientemente à estrutura civil, seja através da utilização de blocos de cimento de grande massa. A segunda situação é exemplificada na figura 2.11:

Figura 2.11 - Exemplo de instalação de um sistema FV em telhado plano com utilização de lancis.

A instalação apresentada na Figura 2.11 consiste na ligação de 4 painéis em série suportados por uma estrutura em alumínio, com uma inclinação de 30º, sustentada e baseada sobre lancis de cimento de elevada massa, orientada a Sul. Os painéis e as estruturas encontram-se ligados à terra de forma a precaver eventuais descargas atmosféricas, sendo que é graças aos lancis que toda a estrutura se encontra segura mesmo perante ventos de grande intensidade, relativamente aos quais os painéis se encontram aerodinamicamente expostos devido à inclinação acentuada. Esta é uma solução relativamente simples e abrangente, dada a facilidade com que é implementada em habitações ou edifícios já construídos e sem preparação prévia para o acoplamento de tecnologia fotovoltaica.

Uma outra possibilidade passa pela afixação direta da estrutura ao telhado, como demonstrado na figura 2.12:

Figura 2.12 - Exemplo de instalação de um sistema FV em telhado plano com fixação direta [34].

Neste caso, a instalação é aplicada sobre um telhado metálico que permite a fixação da estrutura de suporte diretamente ao mesmo através de calhas embutidas, apresentando novamente uma inclinação de 30º. Neste caso é expectável que o próprio telhado seja estruturado o suficiente para lidar com as supracitadas condições atmosféricas adversas. Finalmente, é ainda possível firmar o conjunto de painéis a telhados de telha de barro recorrendo a ganchos metálicos que interligam as calhas que suportam os módulos às ripas de madeira estruturantes do edifício, como é exemplificado na Figura 2.13:

Figura 2.13 - Utilização de ganchos para fixação de módulos FV a um telhado de telhas de barro [35].

A nível da orientação, considera-se que os painéis devem estar virados para Sul para instalações concluídas no Hemisfério Norte [36], devido à maior exposição direta ao recurso solar. No entanto, investigações conduzidas ao longo dos últimos anos por investigadores na área das engenharias eletrotécnica e civil indicam que esta pode ser uma simplificação imprecisa: num dimensionamento feito especificamente para uma determinada região, a orientação correta dos módulos fotovoltaicos deve tomar em consideração dados de índole meteorológica, tais como a ocorrência frequente de neblinas matinais, e sobretudo a trajetória relativa do Sol ao longo do dia na localização em análise.

Segundo um estudo relativo ao correto ângulo azimutal a utilizar na instalação de sistemas fotovoltaicos nos Estados Unidos da América, desenvolvido em 2014 na Universidade do Texas (J. D. Rhodes et al, 2014), a orientação a 180º (Sul) nem sempre é a mais indicada; na Figura 2.14 são representados os azimutes ótimos calculados para diversos pontos geográficos dos EUA [37]:

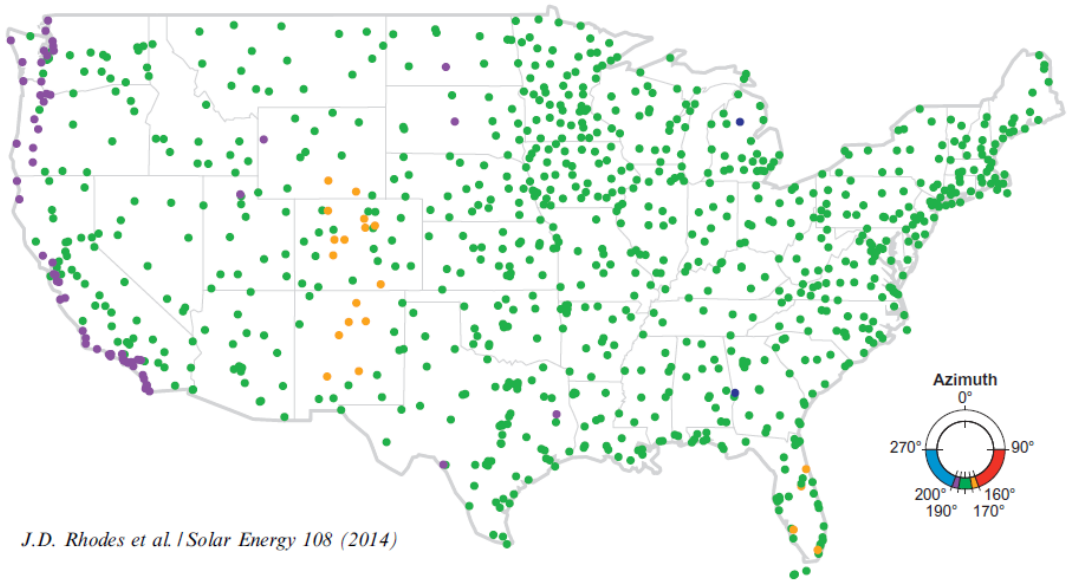

Figura 2.14 - Orientação ótima de um sistema FV nos EUA [37].

Como se pode observar, na costa este e no centro do país a orientação ótima ronda os 180º com margem de desvio máxima de 10º. No entanto, na extremidade oeste deparamo-nos com valores de azimute maximizantes da produção FV compreendidos entre os 190 e os 200º, isto é, com desvios entre os 10 e os 20º relativamente ao Sul. Estes são, assim, os ângulos azimutais que permitem potencializar ao máximo a produção do sistema FV, tornando-o o mais eficiente possível. No entanto, tanto para o autoconsumo doméstico como para o regime de microgeração pode ser de maior interesse considerar os parâmetros económicos: no primeiro caso, "deslocar" níveis de produção elevados para períodos de maior consumo; no segundo, aumentar a energia produzida e vendida à rede em períodos nos quais esta se torna mais cara (mercado estadunidense). Em ambos os casos o retorno do investimento será mais rápido, pelo que será de grande relevância a sua implementação. No gráfico da figura 2.15 é representado o azimute que promoverá um maior aproveitamento da produção do ponto de vista económico:

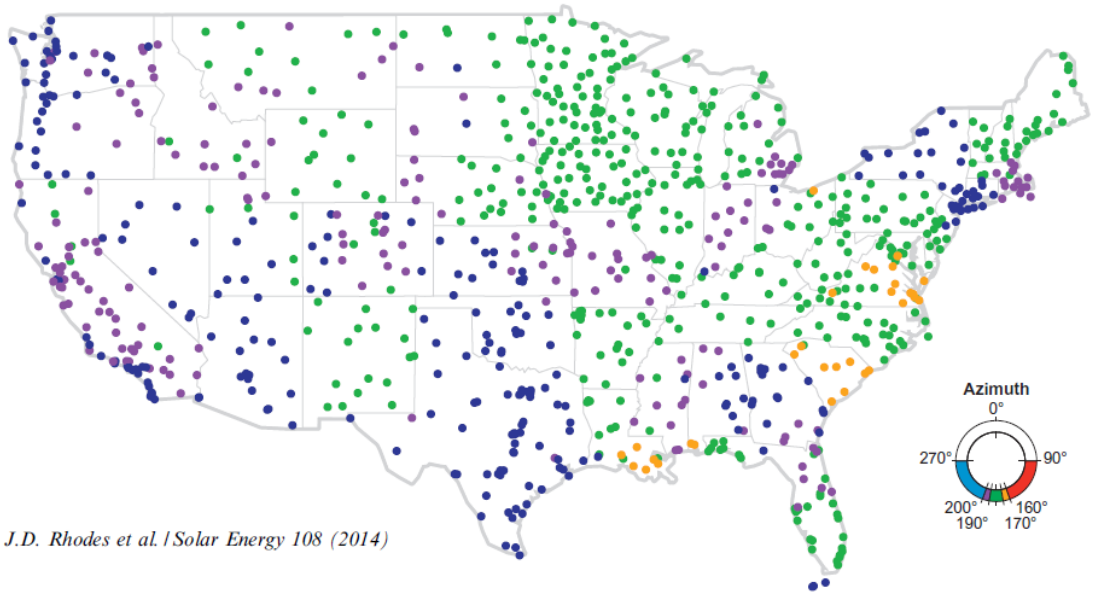

Figura 2.15 - Orientação ótima para produção em horas de cheias [37].

Priorizando a produção em períodos de maior consumo – seja para uma maior redução da energia comprada à rede em regime de autoconsumo, seja para venda de energia em períodos com uma melhor relação procura/oferta em regime de mini ou microgeração nos mercados de preço variável –, verifica-se que a orientação escolhida em grande parte do país, nomeadamente a costa oeste e a região centro/sul, deve ser superior a 190º (a lilás no gráfico) e a 200º (a azul escuro) em muitos dos casos (orientação a sul ligeiramente desviada para oeste). Verifica-se ainda a existência de diversos pontos com orientação recomendável entre os 160 e os 170º (a amarelo), desta feita com um pequeno desvio para este.

Todavia, o desenvolvimento, e consequente trivialização das baterias para armazenamento da energia produzida em excesso, fará com que, a médio prazo, a orientação dos painéis se faça seguindo a regra da maximização de energia gerada, permitindo a utilização posterior da mesma durante a noite ou a sua venda durante períodos de cheias e de ponta [38].

2.2.4) Seleção dos painéis solares

O foco central no dimensionamento e instalação de um sistema de autoconsumo fotovoltaico recai, obviamente, sobre o próprio tipo de painel solar a utilizar. Ao contrário do que seria expectável através de uma análise supérflua, a escolha não se debruça exclusivamente sobre o fator custo inicial ou a sua eficiência; a decisão baseia-se em diversos fatores, tais como a disponibilidade financeira do consumidor, a flexibilidade relativamente ao tempo de recuperação do investimento, o perfil de consumo da habitação/estabelecimento, a área disponível e até a própria localização da instalação [39].

Um painel fotovoltaico é constituído por um determinado número de células fotovoltaicas interligadas, sendo estas responsáveis pela conversão da energia solar em elétrica através do efeito fotovoltaico (ver Apêndice A). Este fenómeno é possível graças à utilização de um material semicondutor, o silício, o qual pode ser utilizado sob a forma de cristais únicos ou fragmentados.

Consideram-se atualmente 4 gerações distintas na tecnologia fotovoltaica [5]:

1ª geração: Células de silício cristalino

Mesmo sendo a mais antiga entre as consideradas, esta tecnologia apresenta ainda um nível de eficiência particularmente elevado (entre os 15 e os 20%), estimando-se que represente ainda mais de 80% do mercado mundial, devido em boa parte à sua durabilidade característica [40],[41]. O decaimento na eficiência verificado para altas temperaturas é, por outro lado, um dos defeitos mais notórios. As células utilizadas podem ser compostas de duas formas distintas:

- **Células de silício monocristalino** – cada célula é composta por um único cristal de silício, o que resulta numa alta eficiência (estando provado laboratorialmente que pode superar os 24% [42]), o que torna esta tecnologia particularmente apta para instalações com área disponível reduzida. Os processos para a obtenção destas células e o facto de ser necessário o corte de finas fatias de cristais inteiros faz com que o custo de produção seja elevado; para além disso, é necessário que o ar circule o mais possível por cima e por baixo dos painéis para que o incremento de temperatura seja minimizado.

Figura 2.16 - Detalhe de células de silício monocristalino [43].

- **Células de silício policristalino** – As células de silício policristalino são obtidas através da junção de vários fragmentos de cristais de silício, pelo que são mais baratas e menos eficientes que as de silício monocristalino (eficiência máxima alcançada em laboratório inferior a 19% [42]).

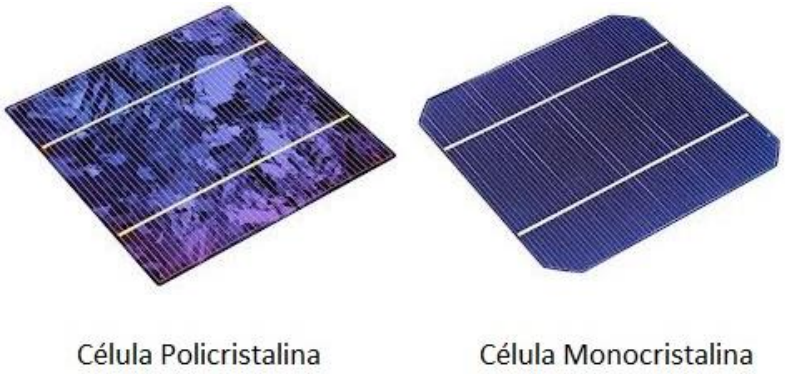

Figura 2.17 - Comparação entre células de silício poli e monocristalino [44].

Para além do silício (Si) – o segundo elemento químico mais abundante na superfície terrestre [45] – são utilizados outros materiais semicondutores na produção de células fotovoltaicas, tais como o telureto de cádmio [5]. No entanto, é o silício (Si) o componente mais usado, sendo importante que este seja o mais puro possível. A produção das células fotovoltaicas de 1ª geração passa pelas seguintes etapas:

- **Obtenção do silício** – partindo do dióxido de silício (SiO_2), matéria encontrada na natureza, é feita uma redução com recurso ao carbono (C) em fornos a altas temperaturas (à volta dos 2000ºC [46],[47]) como sugere a equação 2.5.1 [48]:

$$SiO_2 + C \rightarrow Si + CO_2 \tag{2.5.1}$$

Deste processo resulta o elemento Si com um grau de pureza estimado entre os 98 e os 99% [5], sendo o componente resultante denominado de silício metalúrgico, devido à presença residual de cálcio (Ca) e alumínio (Al) [46]. Com o intuito de purificar o silício, provoca-se uma reação com cloro (Cl) e hidrogénio (H), dando origem ao gás triclorossilano ($SiHCl_3$) [49]:

$$Si + 3HCl \rightarrow SiHCl_3 + H_2 \tag{2.5.2}$$

Finalmente, o gás resultante ($SiHCl_3$) reage a (1000ºC) com hidrogénio (H_2) na proporção correta, sendo este processo de purificação repetido até que o elemento de silício atinja um grau de pureza de 99,9999999% [5]:

$$4SiHCl_3 + H_2 \rightarrow 2Si + SiCl_4 + SiCl_2 + 6HCl \tag{2.5.3}$$

O procedimento descrito dá pelo nome de Método de Siemens.

- **Cristalização do silício** – Obtido o silício na sua forma mais pura, este poderá ser posteriormente tratado de dois modos distintos, dando forma a células mono ou policristalinas. Os processos são díspares:

    - **Método de Czochralski (silício monocristalino):** conhecido também como processo de extração de cadinho, trata-se do método mais comum para a produção de silício monocristalino. Consiste na imersão de um cristal "semente" (*seed*) com orientação predefinida num banho de silício em estado de fusão (cerca de 1500ºC), sendo este retirado lentamente e respeitando um movimento rotativo que permitirá manter a orientação única de todo o cristal cilíndrico (lingote) [5].

Figura 2.18 - Lingote de silício monocristalino [50].

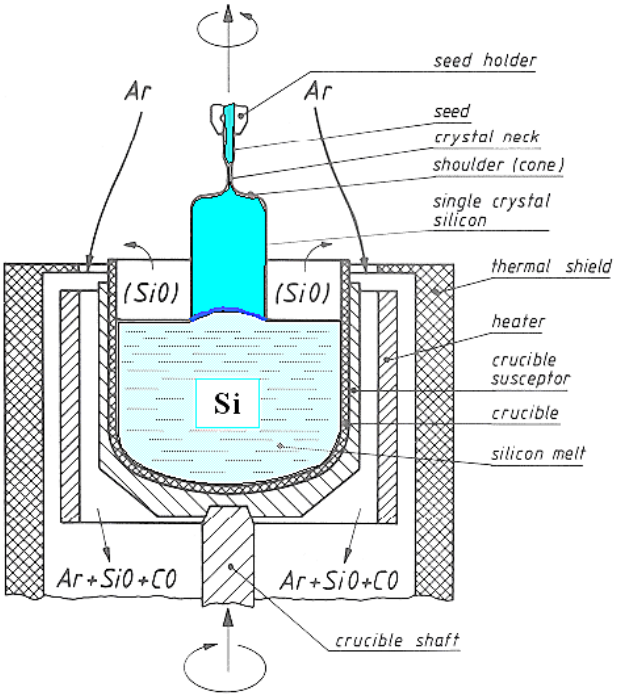

Figura 2.19: Câmara para o processo Czochralski [51].

O lingote é finalmente cortado em fatias (geralmente designadas por bolachas) com uma espessura de 300 mícron que são posteriormente prensadas em torsão até que a espessura final alcance apenas 1 mícron [5]. As bolachas são dopadas de fósforo (camada tipo n) ou de boro (camada tipo p), formando a junção p-n.

- **Método da Fundição de Silício (silício policristalino):** como anteriormente referido, a produção de silício policristalino é menos dispendiosa e simples que a do monocristalino. Neste processo são fundidos a elevada temperatura (cerca de 1500ºC [5]) vários cristais de silício (devidamente purificado) num recipiente de geometria usualmente cúbica, sem controlo da orientação dos cristais [52], ocorrendo o arrefecimento no mesmo local a aproximadamente 800ºC [5].
  As barras subsequentes são cortadas em barras de menor dimensão e, de seguida, em pastilhas com cerca de 300 mícron de espessura, que finalmente serão dopadas com fósforo (P) ou boro (B) [5]. Estas bolachas apresentarão padrões visuais característicos que evidenciam a criação e junção de cristais com diferentes orientações.

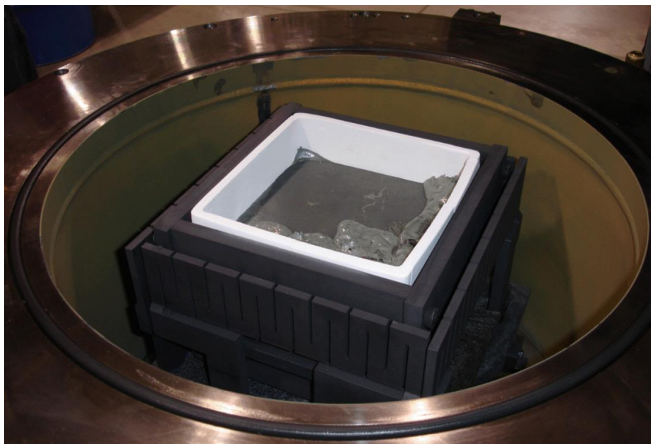

Figura 2.20 - Fundição de silício para a produção de lingotes policristalinos [53].

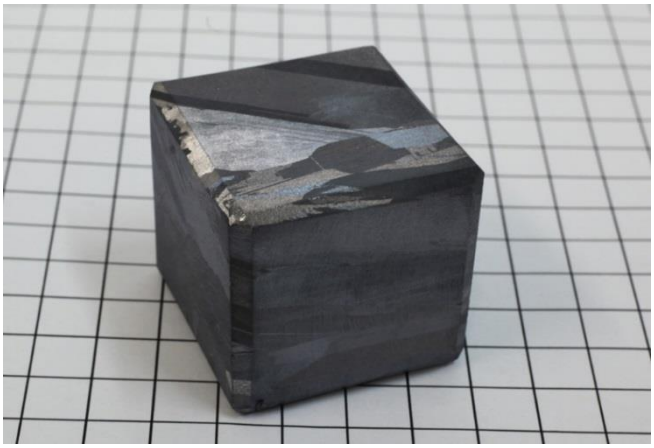

Figura 2.21 - Lingote de silício policristalino [54].

2ª geração: Tecnologia de Películas Finas sobre Substratos Rígidos

Ainda que os painéis fotovoltaicos de 1ª geração dominem o mercado, as tecnologias de 2ª geração assumem também um papel de destaque, representando cerca de 10% das vendas mundiais [5]. Enquanto que no caso dos primeiros o semicondutor utilizado é (quase) exclusivamente o silício, nos painéis de 2ª geração utilizam-se compostos químicos como o telureto de cádmio [5], o disseleneto de cobre-índio-gálio-selénio [55] (habitualmente designado pela sigla CIGS) e silício de película fina [56]. Considera-se comumente que estes apresentam uma eficiência inferior aos de silício cristalino, ainda que laboratorialmente tenha sido já atingido o valor recorde de 20,8% de eficiência para painéis com tecnologia CIGS [57], valor inclusivamente superior ao máximo registado para painéis de silício policristalino. Destacam-se 3 subtipos dentro da tecnologia de películas finas:

- **Silício amorfo** – a tecnologia mais antiga por entre as contabilizadas, datada dos anos 70. Apesar dos custos relativamente baixos na produção (devido à quantidade reduzida de material utilizado e baixa necessidade energética requerida para o efeito) tem uma eficiência muito diminuta, com valores máximos de 13% em ambiente laboratorial e 8% em módulos comercializados [58], que se degradam de forma considerável ao longo das horas de exposição solar (Efeito de Staebler-Wronski – decaimento da fotocondutividade dos semicondutores devido a uma longa exposição luminosa, fazendo com que estes percam algumas das suas propriedades características) [63]. Adequam-se, assim, à aplicação integrada na construção de edifícios, fazendo-se valer das substanciais áreas disponíveis, tanto em telhados como em fachadas.
  O silício amorfo é obtido de forma bastante semelhante ao cristalino, sendo levada a cabo a deposição de películas finas de silício não-orientado sobre um substrato rígido [59]. A combinação de camadas de silício amorfo com camadas de silício microcristalino (bolachas bastante mais finas que de silício cristalino) tem sido aplicada ao longo dos últimos anos, permitindo que estes painéis atinjam os 9% de eficiência [5].

Figura 2.22 – Painéis de películas finas de silício amorfo [60].

- **Disseleneto de Cobre-Índio-Gálio (CIGS)** – tecnologia posicionada sensivelmente entre os painéis de silício cristalino e silício amorfo, tanto em termos de preço como de eficiência, e utiliza quatro diferentes semicondutores policristalinos: cobre, índio, gálio e selénio – sendo uma evolução relativamente ao disseleneto de cobre-índio (CIS) [58]. A máxima eficiência registada em laboratório é inferior aos 20% [5],[58], sendo expectável um valor máximo de cerca de 12% em painéis presentes atualmente no mercado [5]. É, no entanto, uma tecnologia em claro sentido ascendente, prevendo-se que possa atingir em laboratório os 25% [61] e comercialmente os 16% [62] de eficiência a médio prazo. Estes são valores notáveis, tendo em conta de que se trata de tecnologia fotovoltaica de películas finas, com espessuras muito reduzidas. Para além disso, este tipo de células não se deteriora facilmente devido à exposição solar (efeito Staebler-Wronski) [63], ainda que não apresente grande estabilidade em situações de altas temperaturas e/ou humidade relativa elevada [58]; por outro lado, a grande variabilidade nos preços do Índio representa um desafio significativo na produção em grande escala de painéis CIGS [64].

Figura 2.23 - Painel de películas finas de Disseleneto de Cobre-Índio-Gálio [65].

- **Telureto de Cádmio** – a tecnologia fotovoltaica baseada na utilização do semicondutor Telureto de Cádmio (CdTe) detém a maior parcela do mercado dentro da área das películas finas (2ª Geração), e apresenta um valor recorde de eficiência atingida em laboratório de quase 22%, alcançado recentemente [66]. A nível de módulos disponíveis para venda são reportadas eficiências na ordem dos 16 a 17% [67] – tornando-se assim a mais eficiente das tecnologias de painéis de películas finas. A sua maior desvantagem prende-se com os riscos ambientais que acarreta, dada a toxicidade do cádmio: ainda que em condições normais não represente qualquer ameaça ao ambiente, verifica-se uma emissão nociva de cádmio para a atmosfera em caso de incêndio e no processo de reciclagem de módulos [58].

Figura 2.24 - Painéis de películas finas de Telureto de Cádmio [68].

3ª geração: Tecnologias de Películas Finas sobre Substratos Flexíveis

A terceira geração de tecnologia fotovoltaica consiste na deposição de películas finas de material semicondutor sobre substratos flexíveis: em 2003 foi publicada a patente relativa à colocação de uma película fina de telureto de cádmio sobre um substrato plástico, recorrendo a uma deposição a uma temperatura suficientemente baixa para que não ocorresse a cristalização do telureto de cádmio nem que o substrato derretesse [69]. Aliás, uma das grandes vantagens desta tecnologia prende-se com o facto de necessitar de temperaturas relativamente pouco elevadas no processo descrito, o que faz com que este se torne mais barato que os das restantes, aliado ainda à maior facilidade no armazenamento e manipulação dos módulos. Por outro lado, a sua fraca capacidade de absorção – devido à limitada gama do espetro solar captada, que resulta numa taxa de conversão reduzida – é um dos principais entraves à penetração no mercado de grande escala [70]. A eficiência deste tipo de células fotovoltaicas continua a ser muito reduzida, considerando-se que um modelo comercial dificilmente ultrapassa os 6% [71].

Figura 2.25 - Painel de películas finas sobre substrato flexível [72].

Ainda numa fase mais de desenvolvimento do que implementação encontram-se as chamadas células orgânicas, caracterizadas pela colocação de compostos orgânicos semicondutores sobre substratos plásticos flexíveis [5]. Direcionam-se fundamentalmente à aplicação em fachadas de edifícios, sendo valorizada a sua componente estética, visto que apresentam novamente eficiências reduzidas (cerca de 5% [5]).

Figura 2.26: Painel de películas finas sobre substrato flexível de células orgânicas [73].

4ª geração: Tecnologia fotovoltaica de concentração

Ao contrário do que sucede com as três gerações descritas anteriormente, a tecnologia de concentração solar não se baseia exclusivamente na conversão da energia solar através da libertação de eletrões devido à incidência dos fotões na camada superior dos painéis. Neste caso, podem ser utilizadas superfícies refletoras convenientemente dispostas de forma a concentrar a irradiância num só ponto (geralmente uma superfície ou volume metálico) com o intuito de aquecer a água presente num reservatório por condução térmica. O vapor resultante será turbinado e a energia cinética das hélices em rotação será convertida em energia elétrica através de um gerador, fruto de fenómenos eletromagnéticos que induzirão corrente elétrica no freio do mesmo [74].

Existem diversos tipos de conjuntos de superfícies refletoras e recetores, sendo os mais comuns enumerados de seguida:

- **Concentrador plano com recetor plano:** detalhado na Figura 2.27.

Figura 2.27 - Concentrador solar plano [75].

- **Concentrador parabólico:** detalhado na Figura 2.28.

Figura 2.28 - Concentrador solar parabólico [76].

No primeiro caso, são colocados estrategicamente diversas superfícies planas espelhadas que refletem a radiação solar para o recetor central. No segundo caso, cada superfície refletora parabólica tem o seu próprio recetor. A eficiência deste sistema é muito superior à da simples colocação de painéis solares devido à grande convergência de raios solares por reflexão, podendo em certas situações superar os 40% [76].

De seguida são apresentadas duas soluções cujo recetor apresenta uma forma cilíndrica:

- **Concentrador cilíndrico-parabólico com recetor cilíndrico:** detalhado na Figura 2.29.

Figura 2.29 - Concentrador solar cilíndrico-parabólico [77].

- **Concentrador refletor de múltiplos espelhos:** detalhado na Figura 2.30.

Figura 2.30 - Concentrador solar de múltiplos espelhos [78].

- **Concentrador por refração:** detalhado na Figura 2.31.

Figura 2.31 - Concentrador solar por refração [79].

O concentrador por refração é uma das mais inovadoras metodologias aplicadas à energia solar de concentração, sendo utilizada uma Lente de Fresnel capaz de refratar radiação solar proveniente de uma vasta gama de ângulos de incidência de forma a concentrá-la numa área reduzida [80]. É possibilitada neste processo a regulação da densidade luminosa convergente sobre o recetor, permitindo também controlar a temperatura do mesmo (que atinge valores muito elevados).

2.2.5) Escolha do inversor

Os painéis fotovoltaicos são responsáveis pela conversão da irradiância solar em energia elétrica, sendo induzida uma corrente contínua (CC ou DC) no circuito externo dos módulos. Ora, como sabemos, a energia elétrica é utilizada na forma de corrente alternada (CA ou AC), pelo que é necessário que seja feita uma conversão CC/CA entre o conjunto de painéis e a carga a alimentar [81]. Outro aspeto importante deste dispositivo é a capacidade de encontrar, para cada nível distinto de irradiância incidente, o ponto de funcionamento que permite maximizar a produção, definido pela característica tensão-corrente (simplificadamente, a potência de *output*). Esta função é usualmente denominada por MPPT – *Maximum Power Point Tracking* [82] (ver figura 2.32).

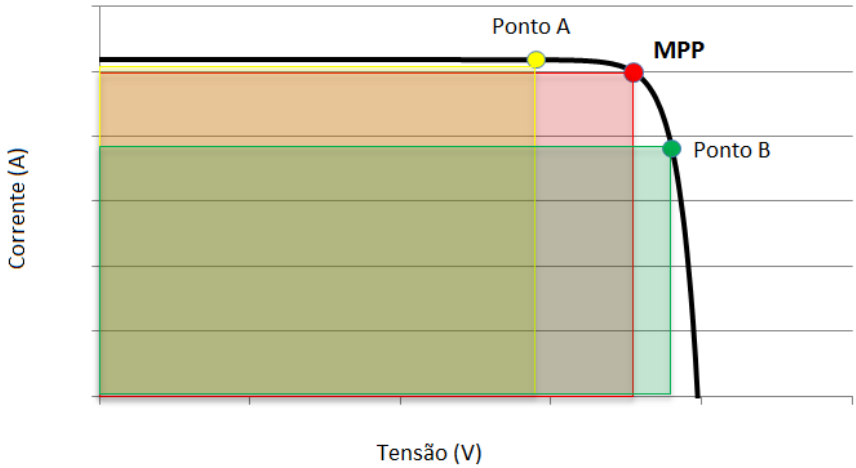

Figura 2.32 - Ponto de Potência Máximo (MPP) [83].

O ponto da curva característica tensão-corrente do sistema que permite alcançar o MPP (*Maximum Power Point*) não é conhecido de antemão, sendo necessário proceder a métodos iterativos para o determinar para cada situação específica. Os mais utilizados são os seguintes [82]:

- ***Perturb-and-Observe*:** É o algoritmo mais simples e comumente aplicado. O seu funcionamento pode ser sinteticamente explicado atentando na Figura 2.32: partindo do ponto A, cuja potência produzida não é a máxima possível, é incrementada a tensão em ΔV, que corresponderá por sua vez a um incremento na potência de ΔP. Se ΔP>0 (isto é, se a variação da potência for positiva), então o inversor passa a funcionar nesse ponto. No caso de ΔP<0 (variação de potência negativa) é retomado o ponto anterior ao da última perturbação, que é o mais próximo do ótimo encontrado. O rigor deste método depende do passo ΔV escolhido, permitindo obter ou não um valor aproximado do verdadeiro MPP. Se a sua simplicidade é uma clara vantagem, a instabilidade resultante da constante procura do ponto ótimo (com mudanças constantes em volta do valor ótimo da tensão) é o seu principal inconveniente.

- **Coeficiente Tensão-Corrente Constante:** Neste método é procurado manter o rácio entre a tensão que permite alcançar o MPP (V_{MPP}) e a tensão em circuito aberto (V_{OC}) constante, como representado na equação 2.6 [82]:

$$\frac{V_{MPP}}{V_{OC}} \approx K \tag{2.6}$$

A medição da tensão em circuito aberto é feita colocando momentaneamente os painéis em vazio, sendo nesse instante calculado o valor da tensão que possibilita alcançar o MPP. Este algoritmo prima também pela simplicidade, ainda que seja de grande dificuldade determinar o valor de K com exatidão, que varia de acordo com a irradiância e a temperatura dos módulos FV. Considera-se que este se deva situar geralmente entre 0,73 e os 0,8 [84].
Este método é teoricamente interessante devido ao facto de a manutenção da tensão não exigir a utilização de dispositivos eletrónicos; no entanto, a sua eficiência é baixa quando comparada com a de outros algoritmos e é necessária a interrupção momentânea do

funcionamento do sistema FV para que sejam efetuados os cálculos. A estes desafios alia-se ainda, como anteriormente mencionado, a dificuldade de determinar o correto valor de K [82].

- **Célula Piloto:** O algoritmo da Célula Piloto assemelha-se ao do Coeficiente Tensão-Corrente Constante, na medida em que é procurada e mantida a razão entre a tensão de MPP máximo e a de circuito aberto (V_{MPP} e V_{OC}) que permite atingir um máximo relativo da produção; no entanto, neste caso as medições são feitas numa célula fotovoltaica de características idênticas às das que compõe os módulos FV [85]. Desta forma são eliminados os períodos nos quais seria necessário colocar o sistema em vazio para proceder às medições da tensão em circuito aberto (V_{OC}). Todavia, ainda que tal desvantagem esmoreça, mantém-se o desafio de encontrar um valor K verdadeiramente satisfatório, ao qual se junta ainda a necessidade de calibrar o conjuntamente a célula piloto e os módulos FV [82].

- **Condutância Incremental:** Observando a Figura 2.7, verifica-se que o MPP surge no ponto da curva característica potência-tensão em que o declive é nulo – isto é, $\frac{dP}{dV} = 0$.

  O método da Condutância Incremental baseia-se exatamente nesse princípio, encontrando o ponto maximizante da produção do sistema FV, à direita do qual o declive se torna negativo e à esquerda do qual o declive é positivo [86]. O *modus operandi* deste algoritmo assemelha-se ao do *Perturb-and-Observe*, na medida em que de, forma iterativa, se procura o ponto de produção máxima, regressando-se ao anterior no caso de a variação da potência ser negativa ($\Delta P<0$). A denominação do método surge exatamente da relação entra a corrente e a tensão que é descrita nas equações 2.7.1, 2.7.2 e 2.7.3 [82],[87]:

  - Da Lei de Ohm retiramos, em primeiro lugar, a expressão da resistência (R):

$$V = R \cdot I \Leftrightarrow R = \frac{V}{I} \tag{2.7.1}$$

  - A condutância (G) é dada pelo inverso da resistência, logo:

$$G = \frac{1}{R} \Leftrightarrow G = \frac{1}{\left(\frac{V}{I}\right)} \Longrightarrow \boldsymbol{G = \frac{I}{V}} \tag{2.7.2}$$

Da expressão que representa o ponto de potência máxima gerada, $\frac{dP}{dV} = 0$, concluímos, finalmente:

$$\frac{dP}{dV} = 0 \Leftrightarrow \frac{d(V \cdot I)}{dV} = 0 \Leftrightarrow I + V\frac{dI}{dV} = 0 \Longrightarrow \boldsymbol{\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V} = -G} \tag{2.7.3}$$

Quando se regista uma variação da corrente ou da tensão de operação do sistema (V ou I), devido a um crescimento ou decréscimo da irradiância incidente, verifica-se uma adaptação do inversor à situação, sendo encontrado o ponto maximizante na curva $\left(\frac{dI}{dV}\right)$.

Assim, ao contrário do que sucede com o *Perturb-and-Observe*, este método tem a vantagem de permitir calcular qual a "direção" a seguir na adaptação do ponto de funcionamento do sistema MPPT, isto é, se é necessário movimentar o ponto atual para a esquerda ou para a direita de modo a maximizar a produção [82].

Falando agora sobre os modos de ligação relativamente aos módulos fotovoltaicos. São usualmente utilizadas cinco soluções distintas [88]:

- **Inversor central:** É a solução mais interessante do ponto de vista do investimento inicial, e que se adapta particularmente bem a instalações de autoconsumo de clientes BT comuns. Nesta, os módulos FV são ligados em série e conectados a um inversor (Figura 2.33), sendo que a corrente do sistema é determinada pelo painel com menor produção [89].

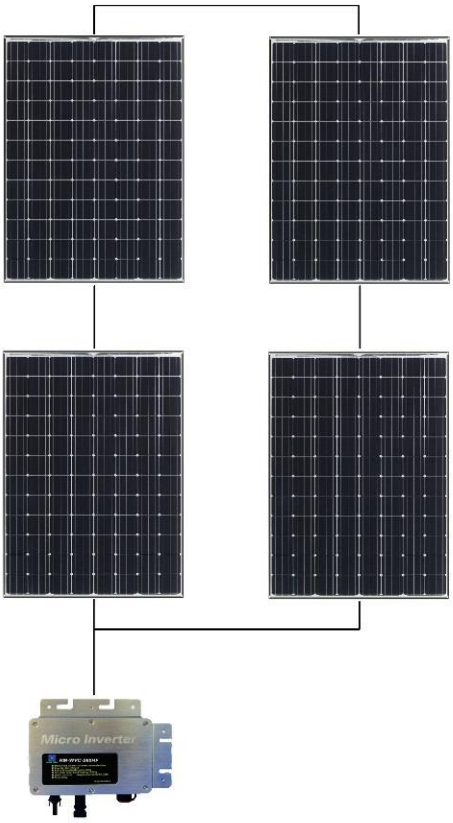

Figura 2.33 - Esquema de ligação de um inversor central.

Neste caso, a principal vantagem é o já mencionado menor investimento inicial, devido à necessidade de usar apenas um inversor; no entanto, não é permitida uma otimização satisfatória do ponto de funcionamento, o que reduz consideravelmente a eficiência do sistema fotovoltaico. Para além disso, torna-se necessário o sobredimensionamento da cablagem DC (que interliga os painéis e os conecta ao inversor) de forma a reduzir as perdas, as quais se agravam devido às elevadas correntes que circulam nos cabos [89].

- **Inversor de fileira:** A utilização de um inversor por fileira (*string*) é amplamente vantajosa devido à possibilidade de atingir um bom nível de otimização do ponto de funcionamento com um investimento moderado. No seguimento do que se verifica na ligação central, anteriormente apresentada, a produção de cada fileira é determinada pelo módulo com menor irradiância incidente (fruto de sombreamentos parciais); no entanto, mesmo que uma das fileiras se encontre com baixo nível de geração as restantes comportam-se de forma independente, o que permite que sejam instaladas diferentes *strings* com ângulo e/ou orientação distintos entre si – dando maior flexibilidade à instalação [90].

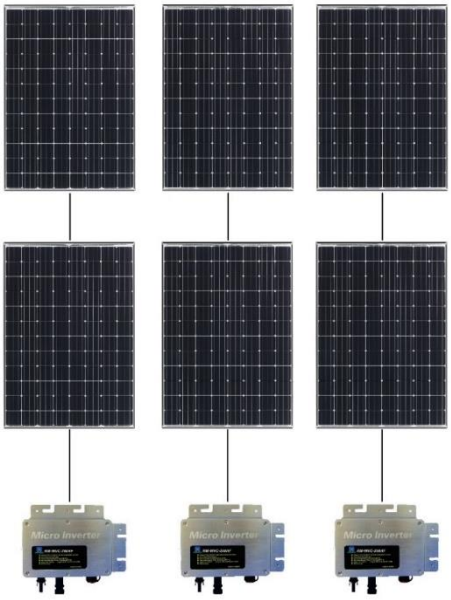

Figura 2.34 - Esquema de ligação de um inversor de fileira.

Comparativamente à ligação centralizada, esta metodologia permite reduzir as correntes injetadas, levando a uma redução das perdas e da secção da cablagem DC.

- **Inversor multi-fileira:** Esta é uma metodologia algo semelhante à de fileira, no sentido em que são ligados diversos painéis em *strings* que, por sua vez, se conectam ao seu respetivo inversor. No entanto, estes inversores são CC/CC e têm o propósito de encontrar o MPP da fileira a que estão conectados, sendo finalmente conectados a um inversor geral CC/CA que alimentará em corrente alternada a carga da habitação/edifício [88]. As perdas do sistema são reduzidas e é otimizado o funcionamento do sistema para diferentes orientações e ângulos de inclinação de cada fileira; o custo inicial, por sua vez, regista um incremento considerável.

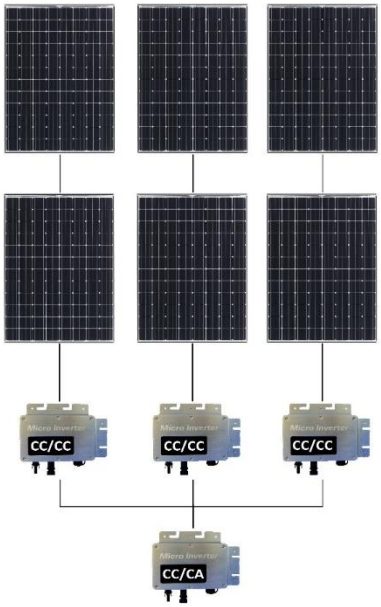

Figura 2.35 - Esquema de ligação de um inversor multi-fileira.

- **Inversor mestre-escravo:** Metodologia que melhor se adapta aos diversos períodos distintos de produção. Neste caso são utilizados diversos inversores, estando apenas um em funcionamento em períodos de baixa irradiância (inversor mestre); quando se verifica um aumento da irradiância e a capacidade do inversor em utilização está prestes a ser ultrapassada entra em funcionamento uma segunda unidade (inversor escravo), e assim sequencialmente. O papel de mestre é ciclicamente passado entre todas as unidades de forma a que o desgaste provocado seja equitativamente dividido por todas elas. Esta solução permite atingir uma eficiência elevada no processo de conversão e uma eficaz e dinâmica procura do MPP, ainda que exigindo um investimento inicial avultado [89].

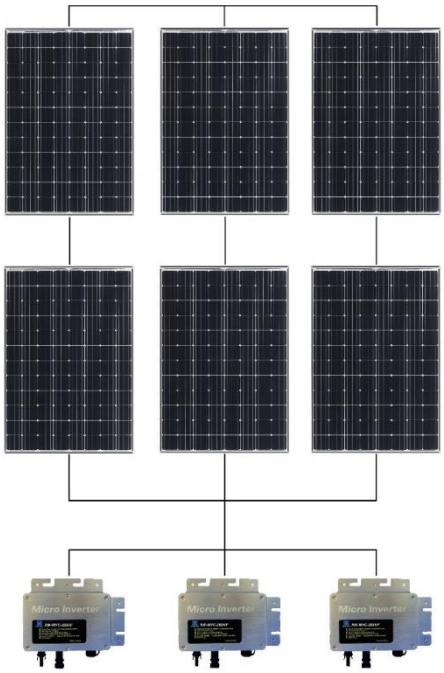

Figura 2.36 - Esquema de ligação de um inversor mestre-escravo.

- **Inversor integrado:** Este é o método que permite retirar a maior eficiência possível do sistema, tendo em conta que cada módulo FV dispõe do seu próprio micro-inversor e, por essa razão, funciona constantemente no seu respetivo MPP; é também particularmente prático a nível de instalação, como será posteriormente comprovado, e permite o acréscimo de novos painéis de forma simples e pouco intrusiva. Em situações de sombreamento apenas nos módulos afetados se verifica uma redução da potência gerada, o que torna estas instalações altamente versáteis; é destacável ainda o facto de, em caso de avaria de um dos inversores ou painéis, o funcionamento do restante sistema não ser colocado em causa [91].

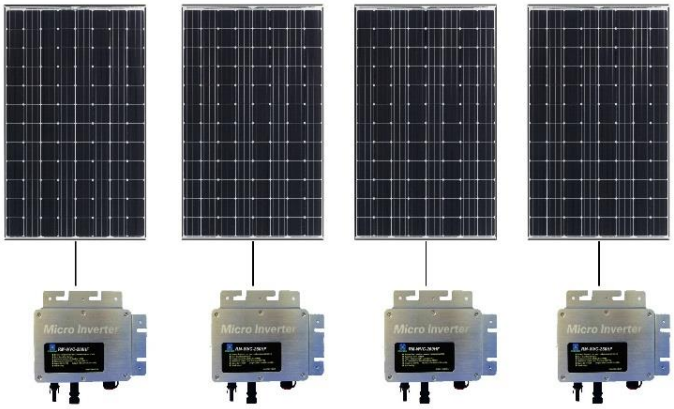

Figura 2.37 - Esquema de ligação de micro-inversores integrados.

Os inversores devem ainda dispor de funções de controlo e proteção através da utilização de dispositivos de eletrónica de potência, especialmente em sistemas fotovoltaicos conectados à rede [92].

Finalmente, a escolha do inversor deve também ter em conta a potência do sistema FV, devendo a sua própria potência situar-se entre os 70 e os 120% da do sistema [88]:

$$0{,}7 \times P_{sistema\ FV} < P_{inversor} < 1{,}2 \times P_{sistema\ FV} \tag{2.8}$$

2.2.6) Dimensionamento do sistema

Tomadas as decisões relativas ao tipo e número de painéis a instalar e à escolha dos inversores que melhor se adaptam à instalação, é necessário dimensionar o resto do sistema:

- **Cablagem:** É necessário que a interligação entre os painéis e a conexão destes ao quadro elétrico (através dos inversores) sejam feitas de forma segura, respeitando valores máximos de corrente e queda de tensão e sobrelevação da temperatura, entre outras condições, e reduzindo ao máximo as perdas [94]. É, ainda, fundamental que o revestimento dos cabos seja capaz de os proteger de condições climatéricas adversas, tais como a humidade e as temperaturas elevadas, para além da resistência ao desgaste provocado pela constante exposição à luz solar [88]. No caso de uma instalação com n painéis ligados em série a um inversor central, há necessidade das seguintes cablagens: cabo de fileira, que interliga os painéis e se estende até à caixa de junção; a partir desta temos o cabo DC, responsável pela

conexão ao inversor (ainda em corrente contínua); finalmente, entre o inversor e o quadro elétrico encontra-se o cabo AC, no qual já circula corrente alternada.
Toda a cablagem deve respeitar as seguintes características [95]:

- No caso de se encontrar exposto ao Sol, o cabo deve apresentar elevados índices de resistência à radiação ultravioleta;
- Deve ser garantida a estabilidade mecânica face a fenómenos de compressão, torção e tensão;
- É fundamental assegurar um funcionamento correto em regime normal a temperaturas elevadas, na ordem dos 60 ou 70ºC;
- Capacidade de suportar correntes de curto-circuito;
- Isolamento elétrico contra contactos diretos ou indiretos.

- **Proteções:** Há diversos dispositivos indispensáveis na proteção de um sistema FV, entre os quais se destacam os seguintes [88]:
  - Fusíveis de fileira para proteção e corte de correntes de curto-circuito;
  - Díodos de bloqueio (especialmente no caso de sistemas com baterias de armazenamento, de forma a que não ocorra uma descarga das mesmas durante períodos com ausência de luz solar), com dimensionamento para o dobro da tensão em circuito aberto ($2 \times V_{oc}$);
  - Interruptor de corte geral a montante do inversor, dimensionado para 125% da corrente de curto-circuito ($1{,}25 \times I_{cc}$);
  - Ligação dos painéis e estruturas à terra, para proteção contra descargas atmosféricas.

Desta forma é assegurado o correto funcionamento e conservação de todos os componentes da instalação fotovoltaica, permitindo que estes apresentam um longo período útil de vida e, consequentemente, um retorno financeiro satisfatório pós-*payback*.

2.2.7) Ligação à rede

O autoconsumo fotovoltaico surge recorrentemente associado à venda do excesso de produção à rede, tal como já foi mencionado. No entanto, para que tal seja possível, é necessário dotar a instalação de um contador bidirecional responsável pela contagem da produção da UPAC e da potência injetada na rede – de forma a calcular a remuneração inerente [8]. Acontece que o custo destes contadores incrementa consideravelmente o investimento inicial na instalação do sistema FV; ora, tendo em conta que o cliente produtor recebe apenas 90% do valor pago por kWh no mercado ibérico [9], o período de retorno financeiro aumenta de forma substancial. Assim, é frequente proceder à implementação de sistemas fotovoltaicos sem ligação à rede – o que resultará num menor custo inicial mas também em menores ganhos a longo prazo, especialmente considerando um tempo de vida útil da instalação superior a 15 anos.

Figura 2.38 - Detalhe de um contador bidirecional utilizado para instalações com venda à rede [96].

No caso da instalação não estar tecnicamente preparada ou licenciada para venda de energia, a potência produzida em excesso será injetada na rede sem qualquer benefício económico. Perante o elevado preço dos contadores necessários para venda da energia excedente (e consequente impacto no investimento inicial) e a baixa remuneração da mesma, a utilização de baterias para armazenamento em períodos em que a produção supera o consumo torna-se ainda mais apelativa [97].

2.2.8) Sistemas de armazenamento

Tal como sucede com outras fontes de energia renovável – sobretudo a eólica e a maremotriz –, a energia fotovoltaica é considerada intermitente, isto é, a produção não é constante ou previsível ao longo de um período alargado de tempo [98]. Desta forma, é comum que os picos de geração não coincidam com os do consumo, especialmente no caso das instalações de autoconsumo, o que leva a que a utilização de baterias para armazenamento da energia produzida em excesso se afigure como uma mais valia tremenda. Como já foi visto anteriormente, o diagrama de cargas de uma habitação caracteriza-se geralmente por picos de consumo a partir do final da tarde ou início de noite, período no qual um sistema fotovoltaico se encontra num regime de baixa ou nula produção. Assim, e considerando também a baixa remuneração associada à venda de energia à rede, a possibilidade de armazenar energia durante o período de maior produção para sua utilização nas horas de maior necessidade justifica em muitos casos a instalação de baterias acopladas ao sistema de autoconsumo FV [99]. Paralelamente, a poupança acentuar-se-ia em tarifas multihorárias [100], tendo em conta que os preços são superiores nos períodos de ponta – nos quais, com recurso a sistemas de armazenamento, seria utilizada a energia acumulada.

Apesar da multitude de opções no mercado – baterias de níquel-cádmio, sódio-enxofre, cloreto de níquel-sódio,… –, as duas tecnologias mais utilizadas atualmente em sistemas fotovoltaicos de autoconsumo são a bateria de chumbo-ácido e a bateria de iões de lítio [101]:

- **Bateria de chumbo-ácido:** É a tecnologia mais antiga e amplamente utilizada, inclusivamente na indústria automóvel, utilizando o dióxido de chumbo (PbO_2) e o chumbo (Pb) como elétrodos e o ácido sulfúrico (H_2SO_4) como o eletrólito [102]. Apresenta como vantagens o seu custo relativamente baixo, uma elevada eficiência (podendo atingir os 90%) e a sua fiabilidade. No entanto, o seu tempo de vida útil reduzido – número de ciclos de carga/descarga é bastante limitado –, as suas grandes dimensões características e a necessidade de um sistema de gestão de temperatura complementar sobressaem como pontos negativos [101],[102].

Figura 2.39 - Exemplo de uma bateria de chumbo-ácido [103].

- **Bateria de iões de lítio:** As baterias de iões de lítio – tecnologia aplicada a uma vasta panóplia de dispositivos, tais como telemóveis ou computadores – são compostas fundamentalmente por hexafluorofosfato ($LiPF_6$) [104] como eletrólito e, como elétrodos, grafite (carbono, C) e por uma de três combinações de oxigénio e lítio: dióxido de lítio-cobalto ($LiCoO_2$), dióxido de lítio-níquel ($LiNiO_2$) ou dióxido de lítio-magnésio ($LiMgO_2$) [102],[105]. Destacam-se por uma eficiência superior à das baterias de chumbo-ácido, pelo maior tempo de vida útil (maior capacidade face a um número elevado de ciclos de carga/descarga) e ainda pelo menor impacto do efeito-memória (perda de capacidade de armazenamento devido a ciclos parciais, isto é, sem que a bateria seja carregada até ao máximo da sua capacidade ou totalmente descarregada) [102],[106]. Apresentam ainda menores dimensões e são caracteristicamente mais leves, o que lhes confere maior portabilidade. Porém, o seu custo é consideravelmente superior e é necessária a gestão integrada dos ciclos de carregamento [101].

Figura 2.40 - Exemplo de uma bateria de iões de lítio [107].

2.3 LEGISLAÇÃO SOBRE O AUTOCONSUMO

Em 2011, a Legislação em vigor (Decreto Lei nº 34/2011, entretanto alterado pelo DL nº25/2013) considerava somente dois regimes para a instalação de unidades de produção com o intuito de venda à rede pública: a mini e a microgeração. Estas unidades caracterizam-se pela associação de um sistema produtor a uma instalação com utilização de energia elétrica contratualmente ligada a um Comercializador, sendo que é suposto entregar toda a energia produzida à rede elétrica de serviço público, mediante remuneração em regime geral ou bonificado [115].

Mais tarde (Outubro de 2014), foi publicado o Decreto de Lei nº153/2014, prevendo a "junção" da mini e microprodução num só regime – a pequena produção – e apresentando a alternativa do **Autoconsumo**. Consolida-se, assim, o conceito de produtor-consumidor em baixa tensão, graças à estipulação de um regime de produção para consumo próprio, convenientemente dimensionado para essa mesma função, que permite a venda do excesso de produção à rede nacional [115].

É feita desta forma a distinção entre dois tipos de unidades produtoras: **UPAC** – Unidade de Produção para Autoconsumo e **UPP** – Unidade de Pequena Produção.

Figura 2.41 - Exemplo de uma UPP [116].

Figura 2.42: Figura exemplificativa de uma UPAC [117].

Passemos agora a referir alguns dos aspetos mais relevantes para a UPAC, contido no mencionado DL nº153/2014 [115]:

Registo e Licenciamento

- A instalação de uma unidade de produção de Autoconsumo requer, na maior parte dos casos, um registo anterior à instalação: no caso de uma potência instalada superior a 1MW são também obrigatórias licenças de produção e exploração; se for inferior a 200W não é necessário qualquer controlo; entre os 200 e os 1500W de potência instalada, e sem ligação à rede elétrica, basta comunicar previamente a instalação da mesma às entidades responsáveis; se a potência instalada for igual ou inferior a 1500W e for vendido o excesso de produção, então é necessário registo prévio e certificado de exploração.
- Um mesmo produtor pode ter mais do que uma unidade de produção (UP) registada em seu nome, desde que cada uma destas unidades disponha de uma só tecnologia para geração de energia.
- Para a consumação do registo é necessário que a instalação de utilização de energia elétrica tenha contrato celebrado com um Comercializador, e que a potência instalada da UPAC seja igual ou inferior a duas vezes a potência contratada.

Deveres do Produtor

- Suportar os custos relacionados com as alterações necessárias à sua instalação para a sua ligação à rede elétrica nacional.
- Custear os contadores necessários para a leitura da energia total produzida pela UPAC e a injetada na rede (para instalações com venda à rede e potência instalada superior a 1,5kW).
- Garantir o dimensionamento da UPAC de forma a adaptar o máximo possível a produção aos consumos expectáveis.
- Providenciar todos os dados técnicos pretendidos à Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) e facultar o acesso à UP às entidades responsáveis (DGEG, Comercializador de Energia e Operador de Rede).
- Obter um seguro de responsabilidade civil relativo à «reparação de danos corporais ou materiais causados a terceiros» em consequência da exploração da UPAC.

Entidades Instaladoras

- Apenas instaladores devidamente qualificados e certificados (segundo a legislação vigente) são elegíveis para a execução da instalação de UPs, devendo estas estar registadas no SERUP (Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção) para que seja efetuada a devida regulação da atividade.
- Todos os equipamentos utilizados pelos instaladores deverão estar convenientemente certificados, sendo imprescindível confirmar atempadamente que a unidade em causa possui autorização para ser instalada.

Realização de Inspeções

- É obrigatória a realização de uma primeira inspeção à instalação de uma UP, devendo esta ser realizada num prazo máximo de 8 meses após a consumação do registo para unidades acopladas a instalações de utilização alimentadas em BTN ou BTE; para as restantes categorias (alimentação em MT ou AT) o prazo é de 12 meses. Em situações específicas, estes prazos estendem-se até aos 18 e 24 meses respetivamente, vigorando também nas regiões autónomas.
- Após comunicação do pedido de inspeção, esta deverá realizar-se num prazo máximo de 10 dias, devendo os intervenientes (produtor e técnico responsável pela mesma) ser informados através da plataforma do SERUP.
- Em caso de deteção de «defeitos ou não conformidades» na unidade de produção aquando da inspeção, o produtor deverá resolver as mesmas num prazo entre 30 e 60 dias (30 dias para o caso de alimentação BTN ou BTE, 60 dias para os restantes).

Alteração da UP

- É possível proceder à alteração das características de uma UP, ainda que tal resulte na obrigatoriedade de um novo registo.
- É também viável alterar a titularidade do contrato associado à unidade.
- A mudança de local da UP é permitida no caso de se manter o produtor, a tecnologia e demais características da instalação, ficando a cargo daquele o custo relativo a esta operação.
- É permitida também a alteração da tecnologia utilizada e da própria potência instalada, ainda que tais modificações exijam um novo registo e nova inspeção de raiz, com todos os custos acrescidos.

Regulamentos Técnicos

- O Regulamento Técnico e de Qualidade contém as regras fundamentais para instalação de UPs: características obrigatórias dos equipamentos, certificação indispensável para os técnicos instaladores, esquemas de proteção e ligação, entre outros.
- O Regulamento de Inspeção e Certificação inclui a descrição dos procedimentos a seguir em situação de inspeção, reinspecção e certificação, para além de instruções para identificação de deficiências reprováveis em contexto de instalação.

Contagem de Energia

- É obrigatória a contagem da energia produzida em UPAC com potência instalada igual ou superior a 1,5kW, devendo esta ser feita através de telecontagem; o contador poderá ser bilateral, medindo assim a produção e o consumo de energia proveniente da rede pública.
- A aparelhagem de proteção do sistema e de contagem devem estar acessíveis ao Operador da Rede de Distribuição (ORD) e restantes entidades competentes.
- Em unidades de autoconsumo não é requerido o controlo da energia reativa entregue à rede.

Venda do Excesso de Produção

- É permitida a venda do excesso de energia produzida à rede (mais concretamente ao Comercializador de Último Recurso (CUR)) a UPACs baseadas em fontes renováveis, com potência instalada igual ou inferior a 1MW e acopladas a uma instalação de utilização ligada à rede.
- A exploração da UPAC é permitida durante um período de 10 anos, havendo a possibilidade de renovar o contrato de venda à rede por intervalos de 5 anos.
- É admissível a revogação de um pedido de renovação dos contratos supracitados em situações em que é colocada em causa a sustentabilidade do Sistema Elétrico Nacional.

Remuneração e Compensação

- A remuneração relativa à energia produzida em excesso e vendida à rede é calculada, em cada mês (m), através da equação 2.11:

$$R_{UPAC,m} = E_m \times Preço\ OMIE_m \times 0{,}9 \tag{2.9}$$

$R_{UPAC,m}$ – remuneração obtida no mês m (€)

E_m – energia injetada na rede no mês m (kWh)

Preço $OMIE_m$ – média aritmética dos preços do OMIE ao longo do mês m (€/kWh)

- Aos produtores titulares de UPACs com potência instalada superior a 1,5kW é imputada uma compensação mensal (incluída na faturação do CUR, trimestral ou anualmente), relativa aos custos associados às políticas energéticas de sustentabilidade e aos Custos de Interesse Económico Geral (CIEG). Esta será calculada recorrendo à equação 2.12:

$$C_{UPAC,m} = P_{UPAC} \times V_{CIEG,t} \times K_t \tag{2.10}$$

$C_{UPAC,m}$ – compensação paga a cada mês m por kW instalado (€)

P_{UPAC} – potência instalada na UPAC (kW)

$V_{CIEG,t}$ – valor relativo aos CIEG (€/kW)

K_t – coeficiente de ponderação [0 a 0,5] de acordo com a representatividade da UPAC no SEN

t – ano

Pagamento de Taxas

- É devido o pagamento de taxas do decorrer das seguintes situações: Registo da UP, inspeções periódicas e pedidos de reinspeção.
- As taxas poderão ser atualizadas anualmente, devendo ser pagas até 10 dias depois da respetiva notificação.

Fiscalização

- É necessária a realização de ações de fiscalização às UPs de forma a confirmar que estas respeitam o Regulamento Técnico. Estas deverão ser desempenhadas por técnicos especializados com competência reconhecida pela DGEG.

Inspeções Periódicas

- UPs com uma potência instalada superior a 1,5kW estão sujeitas à realização de inspeções periódicas, efetuadas de 10 em 10 anos (para unidades com uma potência inferior a 1MW) ou de 6 em 6 anos (para uma potência superior a 1MW).
- É previsto o cancelamento do registo de uma UP na sequência de inspeções desta índole para casos em que sejam detetadas não conformidades não resolvidas no espaço de 30 dias e carentes de avalização por parte da concomitante reinspeção.

Capítulo 3

Desenvolvimento de Relatórios Operacionais e Formulários Dinâmicos

3.1 INTRODUÇÃO

A Divisão de Planeamento e Controlo Operacional (PCO) da Direção de Serviços de Energia B2C (*Business to Consumer*), da EDP Comercial, onde decorreram os trabalhos que conduziram à presente dissertação, tem como função gerir da forma mais eficiente todas as questões relacionadas com a **Casa Inteligente** – conjunto de serviços prestados a clientes finais relacionados com a autossuficiência energética e a adaptação das suas residências à evolução do Sistema Elétrico e das suas próprias necessidades. Neste grupo de funções estão contidos os projetos de Autoconsumo Fotovoltaico, o Re:dy (serviço de monitorização e controlo em tempo real dos consumos e, se aplicável, da produção em regime de autoconsumo), a Mobilidade Elétrica (instalação de postos de alimentação de carros elétricos) e as Baterias para armazenamento.

Aquela divisão atua diretamente entre os fornecedores de equipamentos (painéis solares, micro-inversores, estruturas, cabos,…) e os Prestadores de Serviços (empresas subcontratadas responsáveis – mediante coordenação, gestão e supervisão do PCO – pela instalação dos sistemas fotovoltaicos). Entre as suas funções destacam-se as seguintes:

- Criação de Concursos Públicos para angariação de empresas subcontratadas para desempenho das instalações de sistemas FV, realização de visitas prévias, recolhas de equipamento e assistências técnicas;
- Controlo rigoroso sobre a qualidade do serviço prestado, com monitorização altamente detalhada de todas as intervenções realizadas;
- Planeamento a curto, médio e longo prazo de todas as intervenções e desenvolvimento das mesmas;
- Alocação das intervenções a realizar aos Prestadores e respetivas equipas;
- Controlo da eficácia, da qualidade e da celeridade com que os serviços são efetuados;
- Criação de Concursos Públicos para compra do material necessário à operativa;

- Gestão do *Stock* dos armazéns próprios e dos Prestadores de Serviço (PSE), tendo em conta todas as variáveis associadas, tais como a diferença do número de agendamentos entre áreas, a sazonalidade da procura e a capacidade máxima de cada armazém dos PSE (que limita, em certas situações, a quantidade de equipamento que este pode armazenar);
- Controlo da rede de transportes, com especificação das datas de recolha e entrega, material a deslocar e respetivas quantidades, necessidades particulares para cada transporte e monitorização das condições do material em cada um dos momentos;
- Procura contínua de novas soluções técnicas e organizacionais para agilização de todos os procedimentos;
- Análise técnica e económica de novas soluções técnicas surgentes no mercado e do seu potencial impacto na operativa;
- Articulação com as restantes divisões da empresa, bem como com as restantes empresas do grupo EDP;
- Receção e análise da avaliação do serviço por parte dos clientes, lidando diretamente com as suas reclamações ou comentários, com registo e examinação do *feedback* recebido.

3.2 Funcionamento da Divisão de Planeamento e Controlo Operacional

A principal atividade do PCO é gerir toda a operativa relacionada com a instalação de sistemas fotovoltaicos em residências ou estabelecimentos para produção de energia para consumo próprio, viabilizando e controlando também outras intervenções, tais como: as visitas prévias (deslocação de técnicos à instalação de utilização para conhecer a viabilidade de avançar com uma instalação), as recolhas (em caso de avaria ou insatisfação por parte do cliente, é recolhido o material instalado) e as inspeções (visita de técnicos à instalação para avaliação e eventual correção de não conformidades). Para além do Autoconsumo, a Divisão presta ainda serviços tais como o Re:dy, a instalação de Baterias e a Mobilidade Elétrica.

De forma a metodizar a operativa e melhor definir a articulação entre todos os intervenientes – Equipa do PCO, Gestores Operacionais de Área (GO), PSE e Equipas de cada PSE –, foi decidido, inicialmente, subdividir o país em 8 Áreas Operacionais: Braga, Porto, Aveiro, Coimbra, Leiria, Lisboa, Setúbal e Faro. Cada uma destas áreas era operada por um PSE, que por sua vez contratava equipas para cumprimento das instalações agendadas.

Recentemente, durante as atividades da presente Dissertação, foi tomada a decisão de subdividir novamente o País, mas, desta feita, em apenas **5 grandes áreas**: Zonas 1, 2, 3, 4 e 5 (ver figura 3.1):

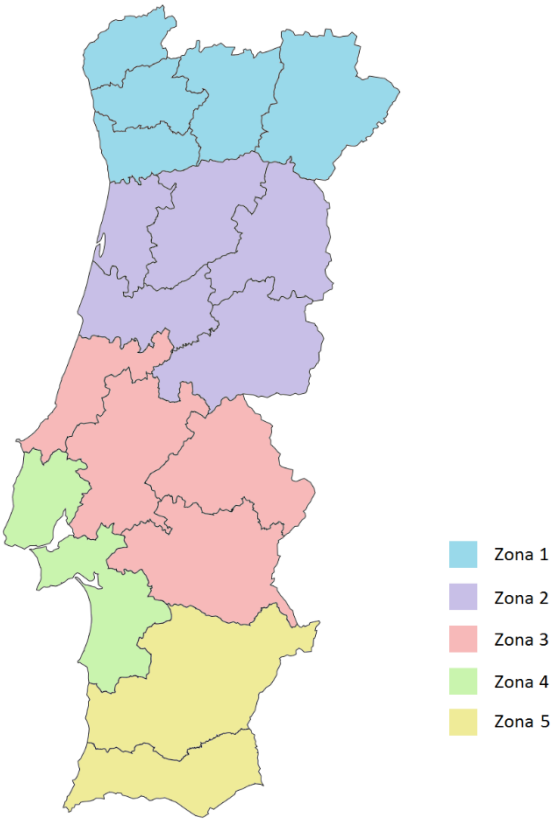

Figura 3.1 - Segmentação Geográfica em 5 grandes Áreas Operacionais.

Cada uma destas áreas é explorada por dois PSE, um do grupo A e outro do grupo B:

- No **Grupo A** são escolhidos PSE com capacidade para lidar com um grande número de instalações e que deverão ser capazes de coordenar equipas por si formadas ou contratadas, atuando em toda a Zona. É da sua responsabilidade garantir a realização de cerca de 70% das instalações para aí agendadas.
- No **Grupo B** encontram-se PSE com menor número de intervenções, funcionando complementarmente aos do Grupo A. Caber-lhes-á uma porção de cerca de 30% das instalações a realizar na sua Zona.

A tutela de cada Zona fica a cargo de um único Gestor Operacional (GO), responsável pela convergência entre os PSE e o PCO, sendo este o primeiro a avaliar a qualidade do trabalho desenvolvido pelos instaladores e a aprovar ou contestar os parâmetros a utilizar na avaliação global dos mesmos; deve ainda atuar de forma a corrigir erros verificados nesse mesmo exercício, aplicando sanções aos Prestadores se necessário.

Ao PSE poderá ser alocada uma qualquer intervenção dentro da Área que lhe foi designada, devendo este efetuar um controlo rigoroso sobre o material presente no seu armazém para que não seja colocada em causa a execução de qualquer agendamento por falta de equipamento. Este deverá ainda respeitar todas as regras técnicas e de segurança em obra, garantindo que os seus técnicos façam uso do colete, estejam na posse de cartões identificativos, utilizem capacete (e, se necessário, luvas), sinalizem convenientemente a área de intervenção e disponham das ferramentas indispensáveis à obra.

Figura 3.2 - Ilustração de alguns dos cuidados fundamentais a ter em obra.

3.3 METODOLOGIA DE SELEÇÃO DOS PSE

Como se referiu atrás, recentemente foi tomada a decisão de dividir o país em 5 grandes áreas, sendo que cada uma terá dois PSE – um do Grupo A, principal responsável pela Área Operacional (AO), e um do Grupo B, que complementará o primeiro.

No âmbito dos trabalhos da presente dissertação, foi-me lançado o desafio de colaborar ativamente na definição da metodologia para seleção dos PSE, a qual é descrita de seguida.

A escolha das empresas que executarão a função de Prestador de Serviço é feita tendo em conta diversos parâmetros que respeitam dois grandes critérios:

- **Componente financeira** – os candidatos a PSE apresentam propostas para a realização das atividades de instalação e restantes intervenções.
- **Componente técnica** – As empresas são avaliadas ponderadamente tendo por base a sua experiência na área e as provas dadas ao nível da qualidade de serviço. São considerados os seguintes fatores:
    - Número de instalações de sistemas FV feitos previamente pela empresa;
    - Número de equipas próprias e subcontratadas;
    - Certificação:
        - Ambiental;
        - Qualitativa;
        - De Segurança.
    - Estrutura da empresa.

Cada um destes pontos é avaliado numa escala variável, favorecendo empresas com vasta experiência na área das energias renováveis, gestoras de um número considerável de equipas e técnicos devidamente qualificados para as tarefas exigidas, e cuja estrutura seja robusta (deixando antever a sua aptidão para se tornarem parceiros comerciais a longo prazo). Desta forma é garantido o conhecimento do mercado e das tecnologias existentes e a capacidade de dar resposta a um grande número de agendamentos e de adaptação a novas medidas e avanços na operativa.

Relativamente ao primeiro grande critério, foi realizado um **Concurso Público** para admissão de propostas para realização das atividades referidas para cada AO, num regime de subcontratação. Estas propostas foram enviadas definindo valores de coeficiente K relativos aos preços propostos pelo PCO para cada zona. Significa isto que, para um determinado valor pré-definido, um prestador pode, por exemplo, atribuir um K de 0,9 à Zona 1 e de 1,1 à Zona 2 – assim, este assume que estará disposto a operar a 90% do valor estipulado pelo PCO na primeira Zona, ao passo que para fazer a segunda exige já 10% acima do valor definido (110%).

Nota breve: Nenhuma das empresas envolvidas, bem como valores das propostas, fórmulas de cálculo específicas, ponderações e decisões tomadas serão apresentadas neste relatório, tendo em conta a confidencialidade requerida. Assim, todos os valores e nomes serão fictícios e servirão apenas para exemplificar os métodos seguidos e abordagem geral.

3.3.1) Avaliação das Empresas

Pegando nos procedimentos já existentes, foi calculada uma Avaliação Qualitativa (AQ) referente a cada uma das Empresas a concurso (no caso exemplificativo apresentado, as Empresas 1 a 10), contabilizando os parâmetros já definidos (número de instalações fotovoltaicas já realizadas, certificação, entre outros). Esta avaliação fictícia é apresentada na tabela 3.1:

Tabela 3.1 - Avaliação Qualitativa das Empresas a concurso.

Av. Qualitativa	
Empresa	**Avaliação**
Empresa 1	90%
Empresa 2	75%
Empresa 3	80%
Empresa 4	75%
Empresa 5	90%
Empresa 6	50%
Empresa 7	70%
Empresa 8	95%
Empresa 9	65%
Empresa 10	70%

Peso AQ
33%

Foi definido um peso para a Avaliação Qualitativa (para o exemplo em análise) de 33%.

3.3.2) Preços atribuídos pelas Empresas a cada Área Operacional

Reunidas todas as propostas, foram contabilizados na tabela 3.2 os coeficientes K multiplicados pelos valores referência em cada uma das áreas.

Tabela 3.2 - Preços atribuídos pelas Empresas a cada AO.

Preço (sem Av. Qualitativa)					
PSE / AO	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**
Empresa 1	-	-	-	200,00 €	80,00 €
Empresa 2	100,00 €	-	-	-	-
Empresa 3	-	-	130,00 €	180,00 €	100,00 €
Empresa 4	-	-	-	210,00 €	-
Empresa 5	120,00 €	95,00 €	-	-	-
Empresa 6	-	100,00 €	140,00 €	190,00 €	-
Empresa 7	-	110,00 €	135,00 €	-	-
Empresa 8	95,00 €	-	150,00 €	-	-
Empresa 9	100,00 €	-	150,00 €	-	-
Empresa 10	-	100,00 €	140,00 €	-	95,00 €

Para melhor compreensão da tabela 3.2, vejamos o exemplo da empresa 3, que se apresentou disponível para operar as Zonas 3, 4 e 5. Pelo código de cores (de vermelho [pior preço] a verde [melhor preço]) é possível constatar que esta apresentou as melhores propostas existentes para as Zonas 3 e 4, ao passo que a proposta submetida para a Zona 5 foi a mais elevada.

Através de uma análise imediata e que considerasse apenas a componente económica, poderíamos concluir que as melhores propostas para cada área seriam as seguintes:

- **Zona 1** – Empresa 8
- **Zona 2** – Empresa 5
- **Zona 3** – Empresa 3
- **Zona 4** – Empresa 3
- **Zona 5** – Empresa 1

No entanto, a Avaliação Qualitativa é determinante na decisão, como ficará patente na próxima etapa.

3.3.3) Preços Ajustados com ponderação da Avaliação Qualitativa

Nesta fase será feito um ajuste aos preços submetidos pelas Empresas tendo em conta a Avaliação Qualitativa já calculada. A ponderação desta, como assinalado na Tabela 3.1, será de 33% e assumirá importância no cálculo dos valores ajustados segundo a fórmula aplicada (equação 3.1):

$$Preço\ Ajustado_{empresa\ x,zona\ y} = Preço\ real_{empresa\ x,zona\ y} \cdot (1 - Peso_{AQ} \cdot AQ_{empresa\ x}) \quad (3.1)$$

Preço ajustado $_{\text{empresa x, zona y}}$ – novo preço ajustado para a zona y da empresa x

Preço real $_{\text{empresa x, zona y}}$ – preço real submetido para a zona y pela empresa x

Peso $_{\text{AQ}}$ – Ponderação da AQ no cálculo do Preço Ajustado (33% no caso)

AQ $_{\text{empresa x}}$ – Avaliação Qualitativa da empresa x

Desta fórmula resultará uma nova tabela relativa ao Preço Ajustado – tabela 3.3:

Tabela 3.3 - Preços Ajustados de acordo com a Avaliação Qualitativa.

Preço (com Av. Qualitativa)					
PSE / Lote	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**
Empresa 1	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	140,60 €	56,24 €
Empresa 2	75,25 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Empresa 3	1.000,00 €	1.000,00 €	95,68 €	132,48 €	73,60 €
Empresa 4	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €	158,03 €	1.000,00 €
Empresa 5	84,36 €	66,79 €	1.000,00 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Empresa 6	1.000,00 €	83,50 €	116,90 €	158,65 €	1.000,00 €
Empresa 7	1.000,00 €	84,59 €	103,82 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Empresa 8	65,22 €	1.000,00 €	102,98 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Empresa 9	78,55 €	1.000,00 €	117,83 €	1.000,00 €	1.000,00 €
Empresa 10	1.000,00 €	76,90 €	107,66 €	1.000,00 €	73,06 €

Na ausência de propostas de uma empresa para uma determinada zona (por exemplo, a empresa 1 não apresenta propostas para as zonas 1, 2 e 3) é atribuído o valor de 1.000,00€ ao elemento PSE-Zona correspondente. Assim, na resolução do problema de Programação Linear de atribuição de cada zona a uma empresa - com **minimização de custo** - estes valores nunca serão escolhidos, uma vez que são muito superiores aos das propostas submetidas.

Considerando agora a Avaliação Qualitativa, é possível denotar algumas diferenças, entre as quais:

- A empresa 6 tinha submetido a segunda melhor proposta para a Zona 4, com o valor real de 190€. Tendo em conta a sua AQ de apenas 50% (a mais baixa entre as empresas a concurso), a sua proposta tornou-se a menos viável para essa mesma zona:

$$Preço\ Ajustado_{emp\ 6,zona\ 4} = Preço\ real_{emp\ 6,zona\ 4} \cdot (1 - Peso_{AQ} \cdot AQ_{emp\ 6})$$

$$\downarrow$$

$$Preço\ Ajustado_{empresa\ 6,zona\ 4} = 190 - 0{,}33 \cdot 0{,}5 \cdot 190 = 158{,}65€ \qquad (3.2)$$

- No sentido inverso, a empresa 8 tinha apresentado a pior oferta para a Zona 3; no entanto, a sua AQ de 95% (a mais elevada entre as empresas consideradas) fez com que a sua proposta se tornasse a segunda melhor entre as 6 apresentadas (graças a um "desconto" muito considerável em relação ao valor real).

A partir deste momento, tendo já sido encontrado um consenso entre as ofertas do ponto de vista financeiro e da qualidade de serviço das empresas, será tomada a decisão final acerca das empresas a selecionar segundo o Sistema de Apoio à Decisão desenvolvido.

3.3.4) Resolução do Problema com Restrições para Decisão dos PSE

Considerando o quadro referente aos Preços Ajustados, é possível construir um pequeno *Ranking* das Propostas (considerando a AQ):

Tabela 3.4 - Ranking das Propostas por Zona.

Ranking		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
1º	Proposta	65,22 €	66,79 €	95,68 €	132,48 €	56,24 €
	Empresa	Empresa 8	Empresa 5	Empresa 3	Empresa 3	Empresa 1
2º	Proposta	75,25 €	76,90 €	102,98 €	140,60 €	73,06 €
	Empresa	Empresa 2	Empresa 10	Empresa 8	Empresa 1	Empresa 10
3º	Proposta	78,55 €	83,50 €	103,82 €	158,03 €	73,60 €
	Empresa	Empresa 9	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 4	Empresa 3

Se fosse selecionada sempre a Empresa com melhor Preço Ajustado, sem necessidade de corresponder a nenhum critério ou restrição, a Empresa 3 ficaria responsável pelas Zonas 3 e 4. No entanto, foi estipulado que cada PSE poderia ficar no máximo alocado a uma só Zona, devendo cada Zona ter a si atribuído um e só um PSE – o que invalida que a Empresa 3 possa operar nas duas áreas simultaneamente. A decisão acerca de qual a área a atribuir à Empresa 3 e de qual a Empresa escolhida para a zona que resta até poderia, num caso com um número pouco significativo de soluções possíveis, ser encontrada manualmente. No entanto, para o caso real, com um número superior de candidatos a PSE (e que foi originalmente resolvido para todos os distritos do País e poderia até ser aplicado a nível dos Concelhos) é imensamente mais eficiente utilizar um *software* capaz de resolver, através da introdução de restrições e das variáveis, o problema apresentado. Assim, este será formulado como um problema de **Programação Linear Inteira**.

A ferramenta utilizada para a resolução computacional é um *add-on* do Microsoft Excel denominado *Solver*. Nesta foram introduzidas as seguintes variáveis, restrições e função objetivo:

Variáveis:

$$A_{x,y}$$

Variável binária que indica se a empresa x ficará responsável pela zona y [1] ou não [0]. Por exemplo, se $A_{5,2} = 1$, então a empresa 5 vence o Concurso Público para a zona 2.

Restrições:

$$A_{x,y} = \{0; 1\}$$

A variável de atribuição da empresa x à área y deverá ser inteira, positiva e binária, assumindo apenas os valores 0 e 1.

$$\sum_{x=1}^{10} A_{x,y} = 1$$

A cada zona y só pode ser atribuída uma empresa x, isto é, o total de empresas a trabalhar em cada zona y é de exatamente 1.

$$\sum_{y=1}^{5} A_{x,y} \leq 1$$

Cada empresa x poderá ter apenas, no máximo, uma área y a si alocada, ou seja, uma empresa pode atuar em 1 ou 0 áreas.

Função Objetivo:

$$\min Custo\ Operacional = \sum_{x=1}^{10} \sum_{y=1}^{5} A_{x,y} \cdot Preço\ ajustado_{x,y}$$

Pretende-se minimizar o Custo Operacional, que é dado pelo produto da variável de atribuição das empresas às áreas operacionais ($A_{x,y}$) pelo Preço Ajustado que cada empresa atribuiu a cada uma das zonas (*Preço Ajustado*$_{x,y}$).

Resolvendo o problema com recurso ao **algoritmo *Simplex*** (o mais rápido algoritmo disponível e que permite atingir a solução ótima), foi obtida a solução apresentada na tabela 3.5:

Tabela 3.5 - Atribuição das Zonas às Empresas segundo o Solver.

Atribuição das Zonas						
PSE / Lote	**Zona 1**	**Zona 2**	**Zona 3**	**Zona 4**	**Zona 5**	
Empresa 1	0	0	0	0	1	1
Empresa 2	0	0	0	0	0	0
Empresa 3	0	0	0	1	0	1
Empresa 4	0	0	0	0	0	0
Empresa 5	0	1	0	0	0	1
Empresa 6	0	0	0	0	0	0
Empresa 7	0	0	1	0	0	1
Empresa 8	1	0	0	0	0	1
Empresa 9	0	0	0	0	0	0
Empresa 10	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	

Valor total:
424,54 €

Valor real:
585,00 €

Como podemos observar, o algoritmo escolheu as primeiras opções do Ranking para as Zonas 1, 2, 4 e 5, tendo escolhido a terceira opção referente à Zona 3; isto deveu-se ao facto da segunda melhor opção para esta área ser a Empresa 8, que já figurava como primeira opção para a Zona 1. No entanto, isto não invalidaria que não fosse mais proveitoso alterar a alocação da Empresa 8 – e é simulando todas estas situações hipotéticas computacionalmente que foi possível alcançar uma solução ótima, com a seguinte atribuição:

- **Zona 1** – Empresa 8
- **Zona 2** – Empresa 5
- **Zona 3** – Empresa 7
- **Zona 4** – Empresa 3
- **Zona 5** – Empresa 1

Este sistema serviu de Apoio à Decisão na escolha dos PSE (tanto para o Grupo A como para o Grupo B), tendo sido posteriormente remetido à chefia para que fosse dado seguimento ao processo.

3.4 RELATÓRIOS DINÂMICOS EM POWER BI

Tendo em conta a abrangência geográfica da operativa, o número de intervenções semanais, a necessidade de sustentar o crescimento do negócio e a articulação imprescindível com os Prestadores de Serviço, torna-se mandatória a criação de ferramentas de controlo e gestão de toda a área de negócio. Alguns dos principais temas sobre os quais se deverá debruçar este controlo operacional são:

- Acompanhamento do Plano de Vendas – conhecer os números referentes às Vendas Brutas, Líquidas e Ativas;
- A percentagem de instalações efetuadas entre todos os agendamentos;
- A justificação atribuída às não-obras;
- O número de falhas de agendamentos dos Prestadores;
- O aproveitamento do tempo livre para agendamento;
- O nível de satisfação dos clientes com o serviço prestado;
- O número de inspeções realizadas com deteção de não-conformidades.

É crucial que esta informação seja tratada de forma a ser o **mais atuável possível**, isto é, que a partir da sua análise sejam detetados os pontos fortes e fracos da operativa, agindo em conformidade para contribuir para o seu constante desenvolvimento e aperfeiçoamento.

Anteriormente ao início das atividades da presente Dissertação, eram partilhados semanalmente relatórios em formato PDF concebidos em Excel e PowerPoint. Ainda que facilmente acessíveis, estes apresentavam diversos inconvenientes, entre os quais:

- Apresentação estanque da informação – a informação é estática, sem possibilidade de a adaptar a casos concretos;
- Período temporal inflexível;
- Necessidade de complementar a informação com tabelas externas;
- Morosidade na conceção (mais do que um dia completo por semana);
- Excessivo número de páginas para abranger toda a informação relevante;
- Capacidade gráfica insuficiente para representação dos dados;
- Informação pouco explícita.

Surgiu, assim, a necessidade de procurar alternativas para a construção dos relatórios, que assumem uma posição central no funcionamento da área de negócio. Atendendo à importância dos dados expostos e à premência de os apresentar de uma forma inteligível, direta mas aprofundada e com capacidade analítica enveredou-se por um *software* de *Business Intelligence* – neste caso, o ***Microsoft Power BI***.

O Power BI é uma ferramenta que permite transformar tabelas provenientes de ficheiros Excel, CSV, Pastas Partilhadas e de muitas outras fontes em *dashboards* ou relatórios altamente interativos, filtráveis em tempo real e partilháveis em diversas plataformas, quer de forma direta (através de uma simples hiperligação), quer através da alocação em páginas *web* já existentes. Estes relatórios podem ser lidos em dispositivos portáteis (telemóveis, *tablets*,…) ou fixos (computador), havendo possibilidade de ajustar a sua visualização a cada um dos equipamentos mencionados.

Antes de explorar os *dashboards* criados para utilização de toda a divisão PCO, serão apresentadas as principais alternativas ao Power BI.

3.4.1) Alternativas ao Power BI

O desenvolvimento de ferramentas de *Business Intelligence* atrai muitas das grandes corporações que se movem no mercado das tecnologias e da informática, especialmente tendo em conta o público alvo – as empresas estão cada vez mais interessadas e dispostas a investir em soluções que lhes permitam aumentar a sua eficiência através de um maior controlo sobre os seus próprios números. Assim, torna-se tangível o porquê de companhias de grande dimensão, tais como a IBM ou a Microsoft, investirem anualmente centenas de milhões de euros na tentativa de aprimorar as suas soluções. Serão aqui apresentadas, de forma extremamente sucinta, as 4 ferramentas equacionadas inicialmente para a realização dos Relatórios Semanais Dinâmicos em alternativa ao Power BI:

Tableau Desktop

Esta solução, desenvolvida pela norte-americana Tableau Software, destaca-se pela simplicidade dos gráficos e a rapidez com que permite gerar um relatório. Em contrapartida, a leitura dos seus *dashboards* exige algum conhecimento prévio sobre a plataforma, sendo inclusivamente mais complexa a partilha dos relatórios. O apoio aos clientes é também considerado insuficiente [118],[119].

Figura 3.3 - Dashboard criado com recurso ao Tableau Desktop [120].

QlikView

A ferramenta concebida pela empresa sueca QlikTech apresenta como pontos fortes o vasto número de soluções visuais e o facto de a informação exposta ser de fácil análise mesmo para utilizadores casuais (isto é, que apenas leem os relatórios). Por outro lado, é um *software* algo limitado no número de Bases de Dados alicerçadas em simultâneo, para além de uma capacidade reduzida para o tratamento analítico dos dados [121],[122],[123].

Figura 3.4 - Dashboards criados com o software QlikView [124].

Domo Data Management

A Domo é uma empresa americana fundada recentemente, mais concretamente em 2010, especializada em ferramentas de Inteligência Empresarial, e que tem no Data Management um dos seus principais produtos. Este destaca-se pela otimização dos *dashboards* para plataformas móveis e pela simplicidade de leitura para o utilizador final. No entanto, é uma solução demasiado orientada para Bases de Dados armazenadas na *Cloud* e a exportação de dados não é tão simples quanto seria de esperar [125],[126].

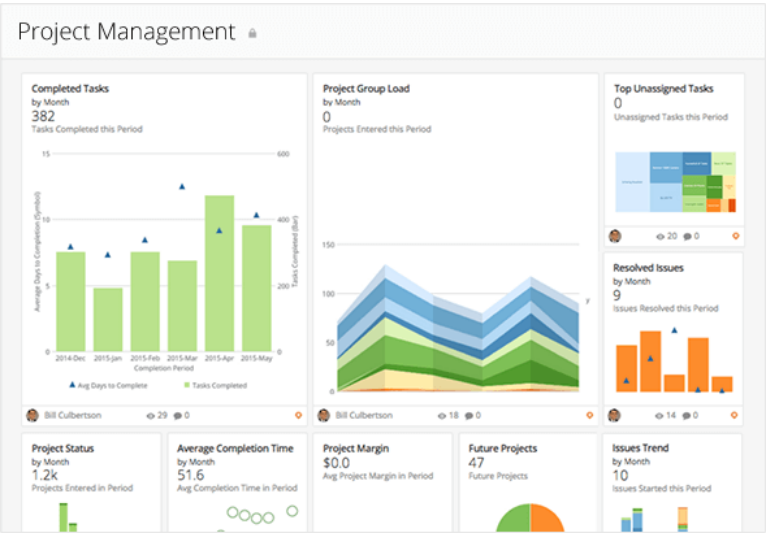

Figura 3.5 - Exemplo de um Dashboard criado a partir do Domo Data Management [127].

InsightSquared

A empresa americana InsightSquared desenvolveu uma plataforma homónima que se foca no tratamento de informação com especial foco em CRM (*Customer Relationship Management*). A vasta oferta de gráficos disponíveis e a facilidade de tratamento dos dados aliada à partilha simplificada dos relatórios contrasta com um controlo bastante limitado por parte do utilizador final e um preço de aquisição e acompanhamento elevado [128],[129].

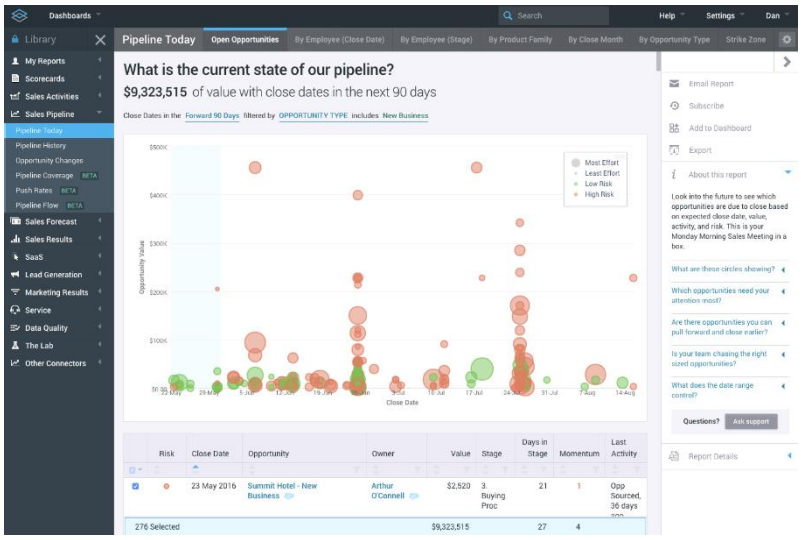

Figura 3.6 - Exemplo de um Dashboard criado com o InsightSquared [130].

Tendo passado em revista as 4 ferramentas alternativas, todas elas muito pertinentes, a escolha final acabou por recair sobre o Power BI da Microsoft. Apesar da dificuldade inerente à sua utilização – utiliza linguagem de programação leve DAX (também utilizada em SQL e *PowerPivot* do Excel) – esta solução apresenta inúmeras vantagens:

- Versatilidade no tratamento de colunas e criação de medidas;
- Grande diversidade de gráficos disponíveis, com loja gratuita *online*;
- Expansão contínua das funções existentes;
- Integração com as restantes ferramentas Microsoft;
- Período *Trial* gratuito superior a um ano;
- Processamento analítico de alto nível;
- Acompanhamento especializado gratuito;
- Dimensão da comunidade de utilizadores contribui para maior partilha de conhecimento;
- Flexibilidade na escolha do Plano Empresarial pretendido.

De seguida será apresentado o trabalho desenvolvido nesta plataforma, o qual possibilitou que, à data da escrita do presente documento, os Relatórios Semanais passassem a ser elaborados em Power BI.

3.4.2) Relatório Semanal

O Relatório Semanal de Autoconsumo referente à divisão PCO é enviado todas as semanas após a receção definitiva da informação de todas as obras e agendamentos programados para a semana anterior, para além dos números de Vendas. Atualmente dispõe já de 8 páginas:

- *Waterfall* (Vendas Brutas, Ativas e Líquidas)
- Real x Plano (Comparação da Previsão de Vendas com as Instalações efetivas)
- Agendamentos & Execução (Confronto entre agendamentos e instalações)
- Motivos para Não-Obra (Explicação das falhas de agendamentos)
- Falhas dos PSE (Comparação do número de falhas imputados a cada PSE)
- Carga Agendada (Análise do tempo disponível para alocação de agendamentos)
- *Surveys* (Avaliação dos clientes ao serviço)
- QAQC (Inspeções realizadas e deteção de não-conformidades)

De seguida serão apresentados todos os *dashboards*, sendo que apenas um – intitulado *Agendamentos & Execução*, o mais determinante – será analisado com particular detalhe. Todas as funções, fontes de informação e filtros utilizados em cada um dos *dashboards* estão presentes no Apêndice C.

Dashboard nº1 - Waterfall

A primeira página do relatório é dedicada ao gráfico em cascata que apresenta os números das Vendas Brutas, Ativas e Líquidas e os respetivos subestados:

- As **Vendas Brutas** resultam de todos os contactos nos quais o cliente mostra interesse na contratação do serviço de instalação de Autoconsumo Fotovoltaico na sua residência, dividindo-se em Vendas de 2017 e Transitado (vendas de 2016 que passam para o ano seguinte por não se terem concretizado no ano em que os processos tiveram início);
- As **Vendas Ativas** subtraem às Brutas todas as desistências e os processos nos quais o cliente se torna incontactável por mais de 90 dias;
- As **Vendas Líquidas** filtram das Ativas todos os processos para os quais ainda não foi consumado o agendamento.

Depois de contabilizados todos os processos já instalados ou agendados, encontramos um 4º estado principal – os processos por agendar. Nestes encontramos casos que requerem novo contacto com o cliente para definir o agendamento, clientes que aguardam ainda essa mesma chamada e os Pendentes EDP (processos tecnicamente exigentes que requerem maior atenção e/ou soluções tecnológicas ainda indisponíveis).

De seguida é apresentado e devidamente legendado o *dashboard*:

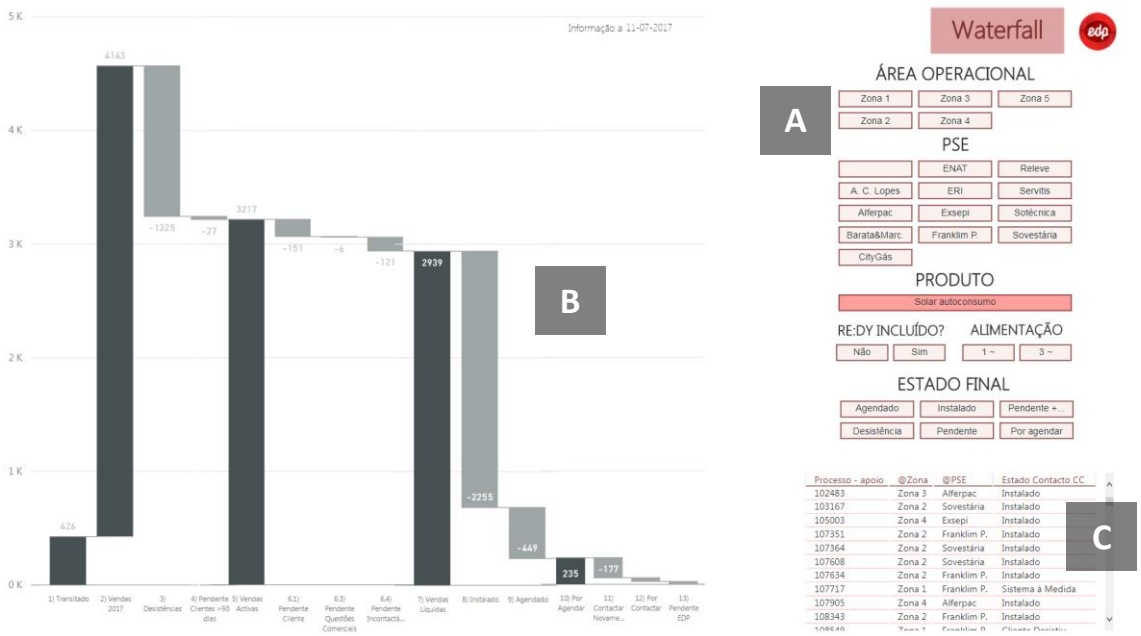

Figura 3.7 - Dashboard nº 1 – Waterfall.

Legenda:

A – Filtros dinâmicos/*Slicers*

B – Gráfico em Cascata (*Waterfall*)

C – Tabela com os Processos

Os filtros dinâmicos [**A**] são um dos principais potenciadores da grande mais valia representada pelos Relatórios de Inteligência Empresarial: a adaptabilidade da informação exposta. Selecionando, por exemplo, a Zona 1 no *slicer* da Área Operacional é possível ao utilizador final ter acesso à informação específica de Vendas atribuídas a essa mesma área. O mesmo se verifica para a seleção de um PSE, se a instalação tem serviço Re:dy ou não ou até pelo número de fases de alimentação da habitação. O gráfico em cascata [**B**] apresenta os números à data da receção dos dados da semana anterior (3ª feira de cada semana), sendo todos os processos enumerados para consulta na tabela [**C**].

Dashboard nº2 - Real x Plano

O segundo *dashboard* permite comparar, de forma sucinta, o ponto de situação das vendas reais com as planeadas no início do ano. São listadas 6 curvas:

- ***Forecast* Inicial de Vendas** – previsão das vendas expectáveis para cada dia do ano, feita ainda no final do ano anterior ao atual;
- ***Reforecast* de Vendas** – nova previsão feita no início do ano de acordo com eventuais alterações de caráter legislativo, comercial, técnico ou organizacional que afetem a atividade;
- **Vendas Líquidas –** todas a vendas efetuadas (quer em 2017, quer as que transitaram de 2016), contabilizando instalações efetuadas, agendamentos ou processos por agendar;
- ***Reforecast* de Instalações** – de acordo com a evolução das instalações no início do ano, é feita uma previsão para o número de instalações expectáveis para cada dia do ano;
- **Instalações** – número real de instalações realizadas com sucesso;
- **Agendamentos** – processos já agendados para instalação futura.

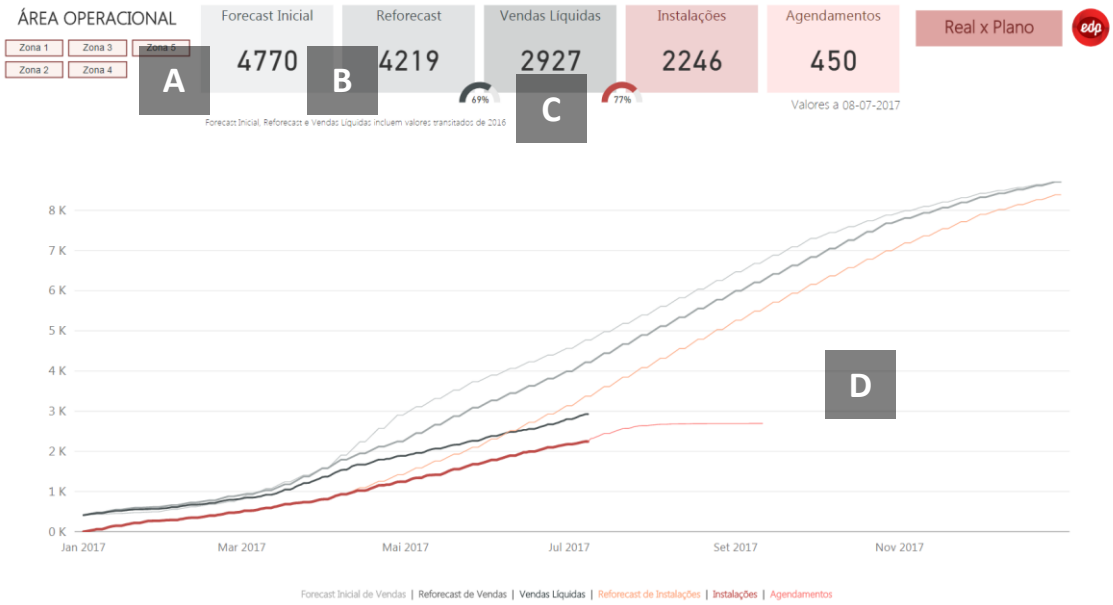

Figura 3.8 - Dashboard nº 2 – Real x Plano.

Legenda:

A – *Slicer*

B – Indicadores das variáveis

C – Gráficos de taxa de concretização

D – Gráfico de linhas de evolução das Vendas

Os indicadores [**B**] mostram os números de cada variável registados no sábado anterior à partilha do Relatório, e através das taxas de concretização [**C**] é possível quantificar em termos práticos a diferença entre os objetivos de vendas (*Reforecast*) e as vendas reais (Vendas Líquidas), e também entre as Vendas Líquidas e o número de instalações já efetuadas. Finalmente, o gráfico de curvas [**D**] demonstra a evolução de cada um dos indicadores.

A partir desta página deverá ser percetível se as campanhas de *marketing* e de aproximação ao cliente têm surtido efeito (comparação entre as vendas reais e as previstas), para além de ficar patente se a operativa tem ou não conseguido acompanhar as vendas (se o número de instalações é bastante inferior ao das vendas líquidas será necessário intensificar o ritmo de agendamentos e agilizar os processos existentes).

Um dos desafios encontrados neste *dashboard* foi juntar informação de duas bases de dados distintas e sem possibilidade de estabelecimento de relação (inexistência simultânea de colunas chave), como ilustrado na Figura 3.9. Pretendia-se que, ao atuar nos *slicers* originais da BD "Enterprise Completo" fosse possível filtrar os componentes dos gráficos retirados da BD "GráficosEvolução D".

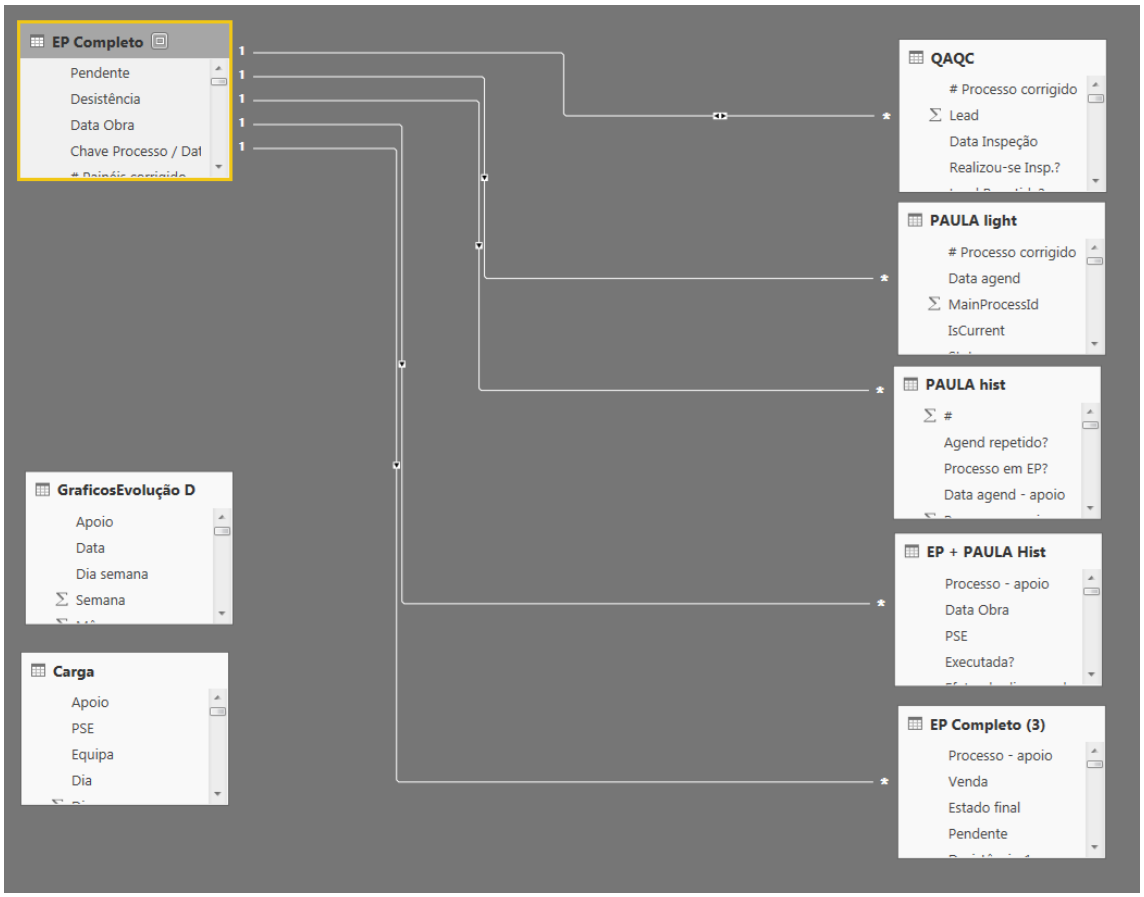

Figura 3.9 - Relações entre as Bases de Dados.

Tendo em conta que apenas as *measures* são transversais a todas as tabelas, foi criada uma que registasse um valor relacionado com a zona selecionada no *slicer* da AO ("Enterprise Completo"). Desta forma, a função criada a partir de uma coluna da BD "GráficosEvolução D" responderá à seleção feita na anterior. O exemplo abaixo exposto refere-se ao cálculo de Agendamentos futuros (apenas a partir do dia atual do gráfico):

```
#AvgZona = calculate(AVERAGE('GraficosEvolução D' [#Zona]))



&AgendFuturos = if( [#AvgZona]=1;calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 1"))-
calculate(max('GraficosEvolução D' [@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 1"));

        if( [#AvgZona]=2;calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 2"))-
calculate(max('GraficosEvolução D' [@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 2"));

                if( [#AvgZona]=3;calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 3"))-
calculate(max('GraficosEvolução D' [@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 3"));

                        if( [#AvgZona]=4;calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 4"))-
calculate(max('GraficosEvolução D' [@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 4"));

                                if( [#AvgZona]=6;calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 5"))-
calculate(max('GraficosEvolução D' [@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 5"));

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona
1"))+calculate(max('GraficosEvolução D' [@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 2"))+calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona
3"))+calculate(max('GraficosEvolução D' [@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 4"))+calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 5"))-
calculate(max('GraficosEvolução D' [@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 1"))-calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 2"))-
calculate(max('GraficosEvolução D' [@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 3"))-calculate(max('GraficosEvolução D'
[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 4"))-
calculate(max('GraficosEvolução D' [@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D' [Zona]="Zona 5")))))))
```

Graças à metodologia colocada em prática, tornou-se possível filtrar informação de duas Bases de Dados independentes simultaneamente.

Dashboard nº3 - Agendamentos & Execução

Provavelmente o mais crítico entre os contidos no Relatório, o *dashboard* de *Agendamentos e Execução* apresenta a informação relativa à taxa de concretização dos agendamentos, comparando o número de instalações concretizadas com o total agendado para cada semana. Tendo em conta a grande importância desta página, será feita uma análise mais pormenorizada a cada um dos gráficos.

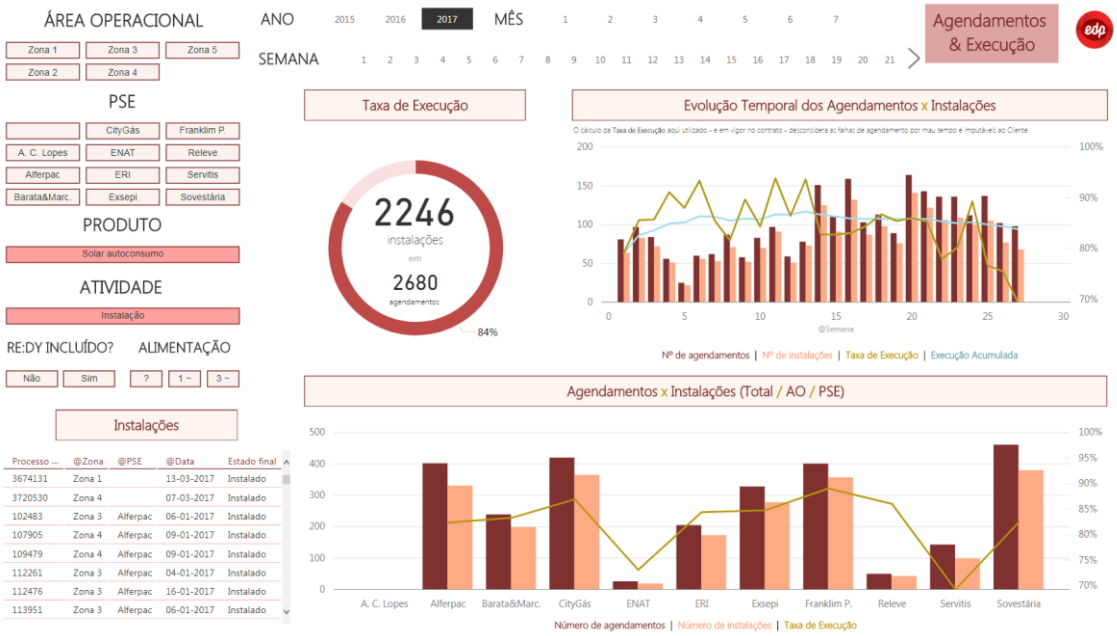

Figura 3.10 - Dashboard nº 3 – Agendamentos & Execução.

a) Taxa de Execução

Figura 3.11 - Detalhe do dashboard nº3 – Taxa de Execução.

O primeiro gráfico indica o número de instalações feitas sobre o número total de agendamentos, e a respetiva percentagem. Atuando sobre os *slicers* é possível filtrar esta informação por semana ou mês e por área ou PSE, simultaneamente. Neste caso, foram criadas colunas para as Instalações (@Instalações) e Agendamentos (@Agendamentos) a partir de colunas existentes no ficheiro Excel que alimenta o Power BI:

```
@Instalações = if('EP + PAULA Hist' [Executada?]="Sim";1;0)

@Agendamentos = if(OR('EP + PAULA Hist' [Efetuado dia agend ou anterior?]="Não";'EP +
PAULA Hist' [Desconsiderar TOTAL?]="Não");1;0)
```

b) Evolução Temporal dos Agendamentos x Instalações

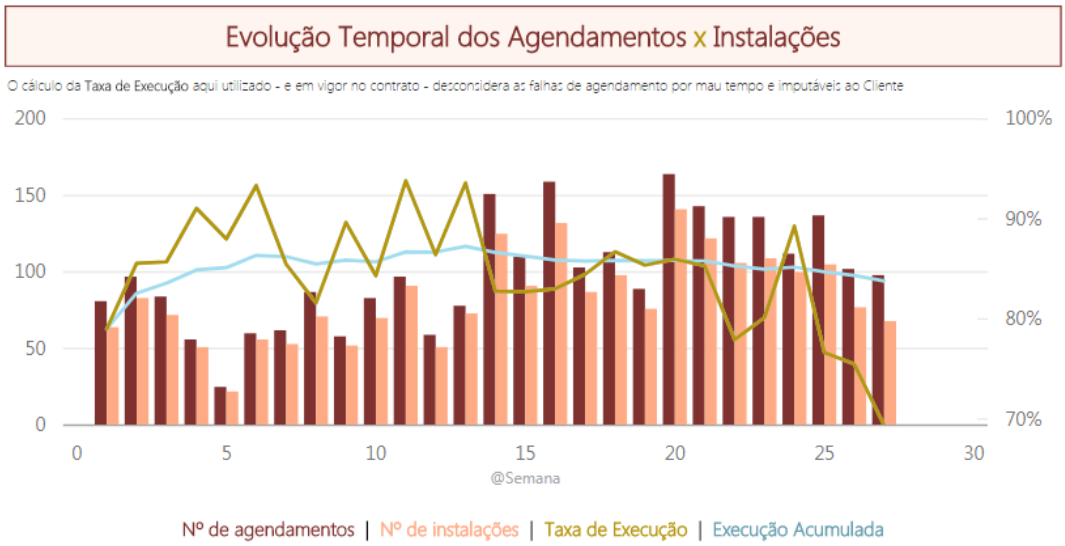

Figura 3.12 - Detalhe do dashboard nº3 – Evolução Temporal da Taxa de Execução.

No gráfico da Evolução Temporal da Taxa de Execução é possível observar o número de agendamentos e de instalações ao longo das semanas (barras vermelha e laranja, respetivamente) e as taxas de execução simples (%2TotalExecução) e acumulada por semana (%0SemanaExecução) e mês (%1MêsExecução). O utilizador final tem acesso à informação por mês subindo um patamar no gráfico (na Figura 3.12 é demonstrada a evolução por semana). O código utilizado para cálculo das taxas (utilização de *measures*/medidas calculadas na linguagem DAX) é apresentado de seguida:

```
%0SemanaExecução = divide( [&0SemanaInstalações]; [&0SemanaAgendamentos])

&0SemanaAgendamentos = calculate(sum('EP + PAULA Hist' [@Agendamentos]);filter(all('EP + PAULA Hist' [@Semana]);'EP + PAULA Hist' [@Semana]<=MAX('EP + PAULA Hist' [@Semana])))

&0SemanaInstalações = calculate(sum('EP + PAULA Hist' [@Instalações]);filter(all('EP + PAULA Hist' [@Semana]);'EP + PAULA Hist' [@Semana]<=MAX('EP + PAULA Hist' [@Semana])))


%1MêsExecução = divide( [&1MêsInstalações]; [&1MêsAgendamentos])

&1MêsAgendamentos = calculate(sum('EP + PAULA Hist' [@Agendamentos]);filter(all('EP + PAULA Hist' [@Mês]);'EP + PAULA Hist' [@Mês]<=MAX('EP + PAULA Hist' [@Mês])))

&1MêsInstalações = calculate(sum('EP + PAULA Hist' [@Instalações]);filter(all('EP + PAULA Hist' [@Mês]);'EP + PAULA Hist' [@Mês]<=MAX('EP + PAULA Hist' [@Mês])))


%2TotalExecução = divide( [&2TotalInstalações]; [&2TotalAgendamentos])

&2TotalAgendamentos = calculate(sum('EP + PAULA Hist' [@Agendamentos]))

&2TotalInstalações = calculate(sum('EP + PAULA Hist' [@Instalações]))
```

c) Taxa de Execução entre Áreas e PSE

O terceiro gráfico da página apresenta uma comparação dos números de agendamentos e instalações e consequente taxa de execução entre PSE (nível representado) ou entre Áreas Operacionais.

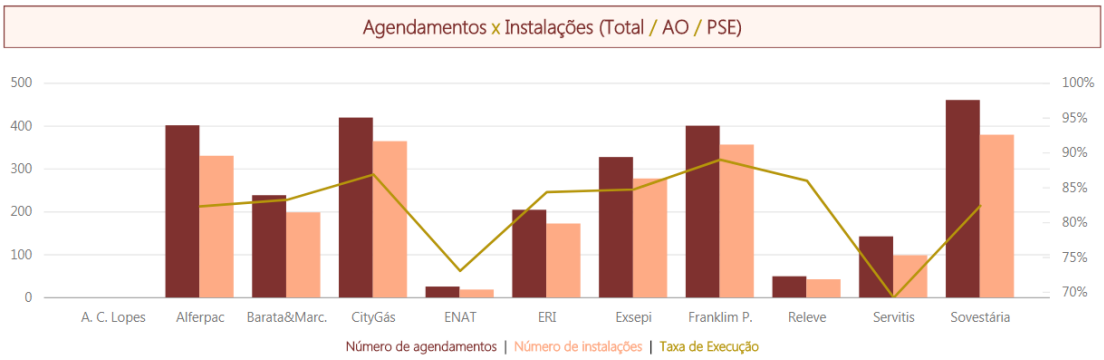

Figura 3.13 - Detalhe do dashboard nº3 – Comparação das Taxas de Execução entre PSE/AO.

As colunas e *measures* utilizadas neste gráfico foram as mesmas que nos dois anteriores, sendo apenas dispostas de forma distinta (disposição espacial, não temporal). É ainda incluída uma tabela com todas as instalações realizadas, sendo dada a informação sobre o nº do Processo, a Zona, o Prestador responsável e a data da obra.

Dashboard nº4 - Motivos para Não-Obra

A 4ª página do Relatório Semanal foca-se na explicação das falhas de agendamento – imputação da responsabilidade da não concretização de uma obra ao PSE, ao Cliente, a Questões Técnicas ou ao Mau Tempo. Contém, para tal, três gráficos e uma tabela com enumeração dos casos reportados:

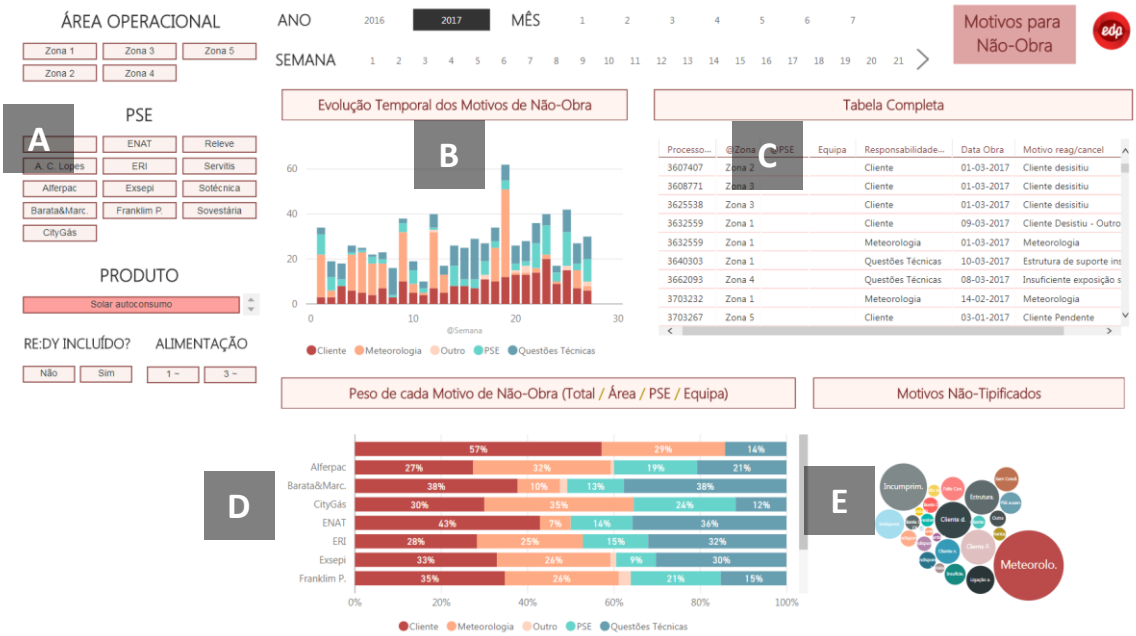

Figura 3.14 - Dashboard nº 4 – Motivos para Não-Obra.

Legenda:

A – *Slicers*

B – Evolução temporal dos motivos de não-obra

C – Tabela com os processos registados

D – Peso de cada motivo no número total de falhas

E – Motivos não-tipificados

A evolução temporal dos motivos de não-obra **[B]** ilustra o número total de falhas (com justificação registada em Ficha de Obra) ao longo das semanas/meses de cada ano, mostrando também o impacto absoluto de cada uma das tipologias de falhas. A representatividade de cada uma dessas tipologias no universo total de não-cumprimentos é demonstrada (em termos relativos) no gráfico dos pesos de cada motivo **[D]**, sendo que a justificação não-tipificada é apresentada ao lado **[E]** – explicação mais pormenorizada das razões que levaram à não-realização dos agendamentos, sendo esta também padronizada. A lista dos processos é consultável na tabela informativa **[C]**.

Dashboard nº5 - Falhas dos PSE

Depois de ser conhecido o número de falhas dos PSE e a sua representatividade entre os motivos para não-obra, é explorada na 5ª página a evolução da percentagem de agendamentos não-cumpridos por responsabilidade do PSE ao longo do tempo, sendo também feita a comparação nestes termos entre os diferentes PSE. Este é um dashboard de enorme relevância, tendo em conta que, a par dos *Surveys* (página nº 7), é aquele que permite avaliar com maior rigor o serviço prestado pelas empresas subcontratadas.

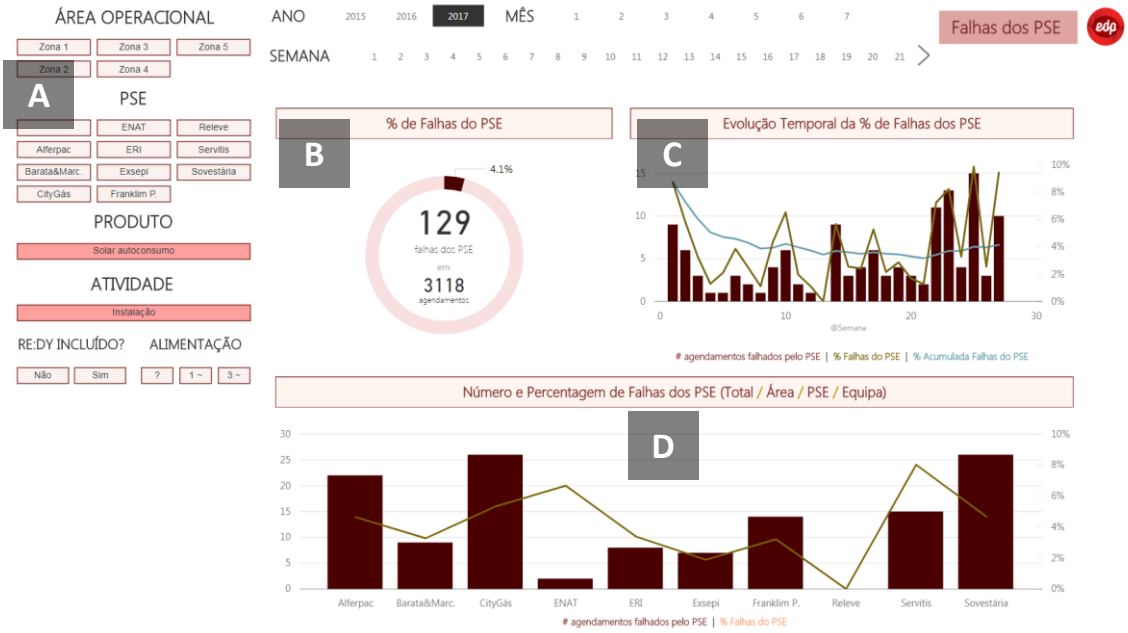

Figura 3.15 - Dashboard nº 5 – Falhas dos PSE.

Legenda:

A – *Slicers*

B – Percentagem de falhas dos PSE

C – Evolução temporal das falhas dos PSE

D – Comparação entre os diversos PSE

Neste *dashboard* é apresentado o número de falhas de agendamento imputáveis aos PSE em relação ao número total de agendamentos (contabilizando mau tempo) [**B**], a evolução temporal no número de falhas e respetivo peso em todos os agendamentos [**C**] e a comparação do número de não cumprimentos e percentagem respeitante entre os Prestadores [**D**]. Encontra-se definido no contrato qual o máximo percentual de falha de agendamentos permitido aos PSE; se este for ultrapassado serão aplicadas sanções aos Prestadores, e no caso desta percentagem ser baixa os mesmos serão beneficiados. Assim, a análise deste *dashboard* viabiliza uma gestão concreta e ativa do serviço prestado, saindo valorizadas as empresas cumpridoras e sendo colocadas em questão as piores executantes.

Dashboard nº6 - Carga Agendada

Tal como foi visto no primeiro *dashboard*, existem constantemente processos por agendar – clientes que já requereram a instalação da UPAC mas aos quais, por questões comerciais ou técnicas, ainda não foi atribuída uma data para a realização da obra, ou então que ainda não foram contactados para proceder a essa mesma marcação. Surge daí a necessidade de evidenciar os períodos livres das equipas pertencentes aos PSE para alocação de agendamentos. Na página nº6 do Relatório Semanal é apresentada grafica e numericamente essa mesma disponibilidade face ao número de processos por agendar, tendo em conta os 30 dias seguintes à elaboração do relatório:

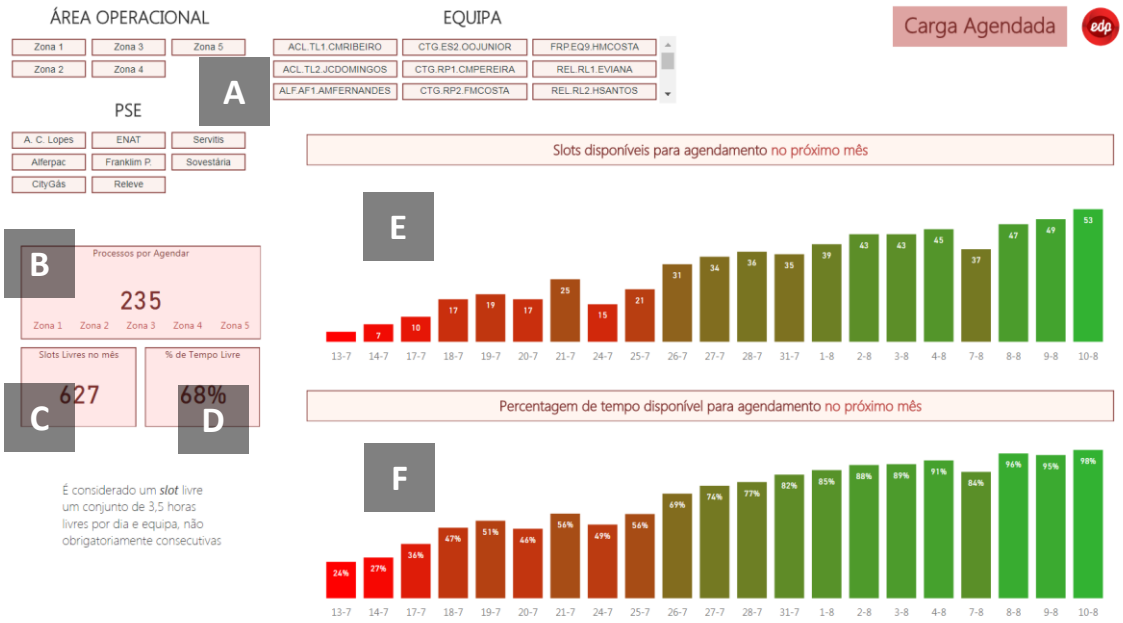

Figura 3.16 - Dashboard nº 6 – Carga Agendada.

Legenda:

A – *Slicers*

B – Processos por Agendar

C – Número de *slots* livres

D – Percentagem de tempo disponível

E – Número de *slots* disponíveis por dia

F – Percentagem de tempo livre por dia

A análise deste *dashboard* permite conhecer, por zona, o número de processos que ainda aguardam data para realização da obra [**B**], sendo este número confrontado com o número total de slots livres por dia e por equipa ao longo dos próximos 30 dias [**C**]. Uma *slot* livre corresponde a um período de 3,5 horas disponível para alocação de uma intervenção de uma determinada equipa num dia específico; quer isto dizer que, se há uma slot disponível, então a equipa a que esta se encontra atribuída poderia hipoteticamente executar uma obra. Esta informação é disposta individualmente para cada um dos 30 dias seguintes, tanto na forma quantitativa (*slots* livres) [**D**] como a nível percentual absoluto – percentagem das horas mensais definidas contratualmente às equipas que se encontram vagas para agendamentos [**E**].

Dashboard nº7 - Surveys

A avaliação da qualidade de serviço prestado pelos PSE subcontratados assenta sobretudo em dois parâmetros: a taxa de execução e o *feedback* dos clientes. Ainda que tal não seja totalmente cumprido (como veremos de seguida), todas as instalações deverão dar origem a uma ficha de obra (preenchida pela equipa do PSE) e a um *Survey* – neste, o cliente deverá expressar o seu nível de satisfação relativamente ao comportamento dos instaladores, à qualidade do serviço prestado e ao funcionamento do produto adquirido. Todas as notas inferiores a 7 merecem particular atenção, sendo analisadas as razões para atribuição desse valor; se for apurada responsabilidade dos instaladores, essa avaliação é considerada válida. Se, pelo contrário, a justificação para esse parecer não estiver ligada à atividade do instalador (em casos de alegada falta de informação, por exemplo) o *feedback* será desconsiderado. Casos com nota inferior a 5 são destacados, dando regularmente origem à reavaliação da equipa e, em casos extremos, à sua saída da operativa.

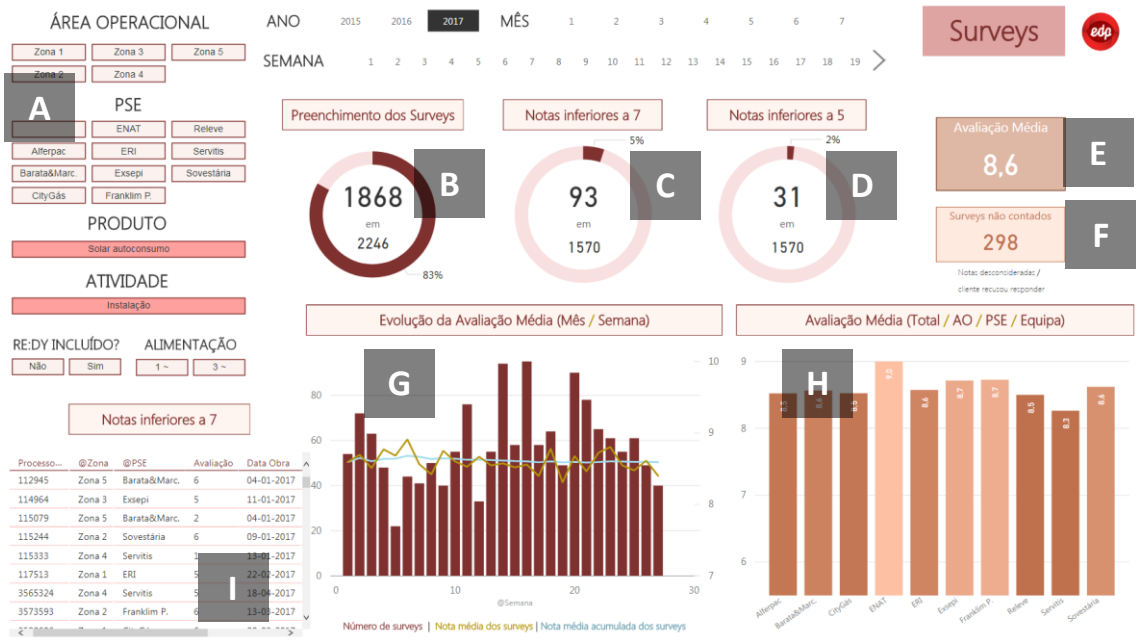

Figura 3.17 - Dashboard nº 7 – Surveys.

Legenda:

A – *Slicers*

B – % de Preenchimento dos *Surveys*

C – % de Notas inferiores a 7

D – % de Notas inferiores a 5

E – Avaliação Média

F – *Surveys* não contabilizados

G – Evolução temporal dos *Surveys* Preenchidos e Nota

H – Comparação de notas médias entre PSE

I – Tabela com os processos com nota inferior a 7

Os gráficos que constituem o sétimo *dashboard* são relativos à taxa de preenchimento de *surveys* (número de *surveys* sobre o número total de instalações) [**B**], a percentagem e número de notas inferiores a 7 [**C**] e a 5 [**D**] entre todos os *surveys* contabilizados, sendo os processos correspondentes a estas avaliações enumerados na tabela [**I**]. A Avaliação Média [**E**] e o número de *surveys* não contabilizados [**F**] – notas desconsideradas e casos em que o cliente não quer ou não se considera apto para responder – são também dispostos. As variações do número de *surveys* preenchidos ao longo das semanas/meses e da nota média (simples e acumulada) [**G**] figuram na página juntamente com a comparação das notas médias entre AO/PSE/Equipas. [**H**].

Dashboard nº8 - QAQC

Finalmente, o último *dashboard* do relatório está relacionado com a realização de inspeções às instalações realizadas (segundo o regime delineado na Legislação do Autoconsumo) e respetiva deteção (e eventual correção imediata ou posterior) de não conformidades (NC). São apresentados e detalhados os números de inspeções com registo de NC e a percentagem simples e acumulada de NC por número de inspeções ao longo do tempo e comparativamente entre PSE ou AO.

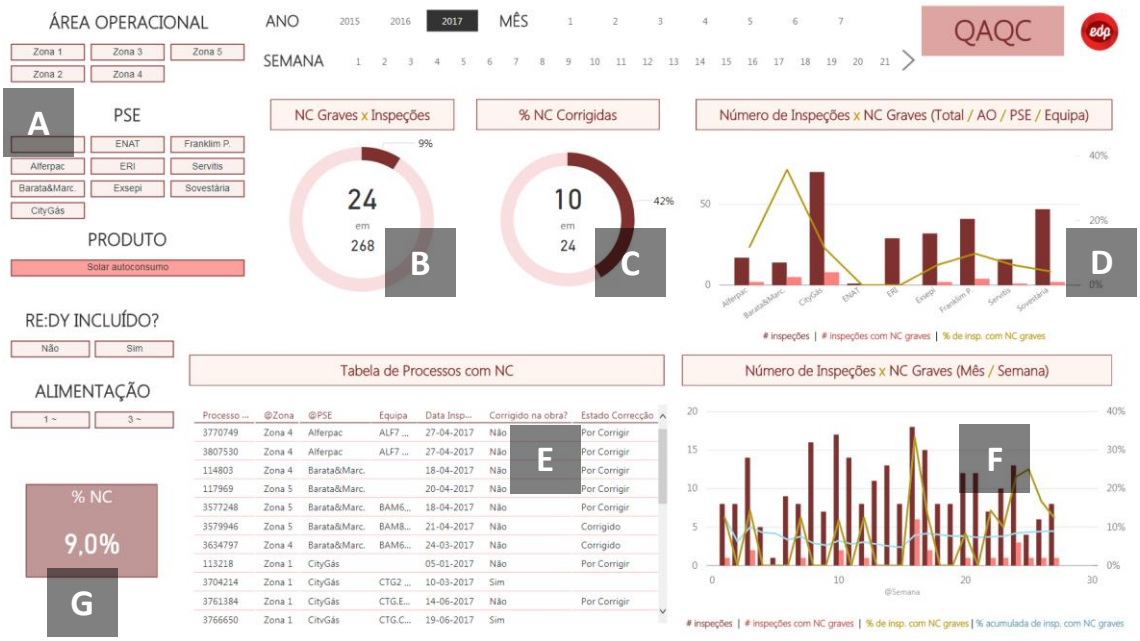

Figura 3.18 - Dashboard nº 8 – QAQC.

Legenda:

A – *Slicers*

B – Percentagem de inspeções com NC

C – Percentagem de NC corrigidas

D – Comparação de Inspeções com NC entre PSE

E – Tabela com os processos das inspeções com NC

F – Evolução temporal das Inspeções com NC

G – Indicador geral da percentagem de inspeções com NC

O número de inspeções com deteção de não conformidades assinaláveis é comparado com o número total de inspeções realizadas em termos absolutos e percentuais [**B**], juntamente com a taxa de NC já corrigidas [**C**], quer tenham sido retificadas na própria intervenção ou posteriormente (informação essa acessível na tabela [**E**]). É também apresentada a evolução temporal (por semana/mês) do número de inspeções executadas e com deteção de incongruências [**F**], e comparada a ocorrência destes por PSE/AO [**D**].

3.4.3) Considerações gerais

O Relatório Semanal da Casa Inteligente foi partilhado pela primeira vez no dia 16 de Junho de 2017, contando, na altura, com apenas 5 páginas: *Waterfall*, Agendamentos & Instalações, Motivos para Não-Obra, *Surveys* e QAQC. Entretanto foram sendo adicionados os restantes *dashboards* e aprimorados os já existentes, com a introdução de novos gráficos e tabelas – resultando, finalmente, no Relatório aqui apresentado, que continuará a sofrer alterações.

A sua implementação trouxe vantagens concretas à operação do PCO:

- O processo de criação semanal dos relatório tornou-se incomparavelmente mais ágil (tendo em conta que os Relatórios Dinâmicos necessitam apenas de ser atualizados a partir do momento em que têm todos os gráficos elaborados, o tratamento BI dos dados está automatizado e as bases de dados que o alimentam se encontram corretamente interligadas);
- Com o Relatório Dinâmico, a informação é, ao contrário do que sucedia anteriormente, totalmente adaptável e consultável até ao mais pequeno detalhe, sem ser necessária a consulta de outros documentos;
- Através da hiperligação partilhada inicialmente (que se mantém inalterada ao longo do tempo) é possível consultar o relatório em qualquer local e plataforma, sem que seja necessário fazer *download* (consulta *online*).

Abaixo é transcrito o parecer do Coordenador da Direção de PCO e meu orientador interno – Dr. Miguel Maia da Silva -, acerca do trabalho que desenvolvi e da relevância do projeto elaborado:

> *"A área de Planeamento e Controlo de Operações que coordeno é responsável, entre outras funções, pela produção de informação de gestão da Casa Inteligente EDP. Mais do que produzir informação, pretende-se evidenciar tendências e pontos que carecem de atuação, por forma a despoletar a sua correção pelos operacionais e equipas instaladoras, num processo de melhoria contínua.*
>
> *Por outro lado, dado o dinamismo apresentado pelo negócio, com mudanças frequentes de parceiros instaladores, de áreas de atividade e até de produtos, tornava-se necessário implementar uma metodologia de produção de informação de gestão mais flexível e dinâmica, que desse resposta a uma envolvente em permanente mudança e que respondesse às necessidades dos vários stakeholders (direção, coordenação, operacionais, parceiros instaladores).*

Foi neste enquadramento que foi decidido elaborar e disponibilizar a informação de gestão através da plataforma Power BI, da Microsoft, tendo o João Machado se revelado o elemento ideal para a sua implementação pela vontade, determinação e dinamismo evidenciados. Mais do que saber de antemão todas as valências da ferramenta, o João Machado procurou proativamente novas características que melhor se adequavam às necessidades do negócio, tendo conseguido entregar dentro dos timings propostos dashboards customizados para utilização pela direção.

Além de ter possibilitado a libertação de recursos pela facilidade de apresentação da informação em Power BI, o trabalho do João Machado permitiu dotar a Casa Inteligente EDP de informação de gestão mais rigorosa, flexível e intuitiva, contribuindo decisivamente para a melhoria dos indicadores de atividade e, dessa forma, para uma maior satisfação dos nossos clientes."

3.5 FORMULÁRIOS DINÂMICOS

Numa área de negócio com a dimensão da que está em causa, o registo de todas as obras efetuadas assume um papel de enorme relevo. A localização geográfica das instalações, as suas características técnicas (número de fases de alimentação, avaliação da qualidade de ligação à terra, estrutura de suporte), os detalhes específicos (número de painéis e micro-inversores utilizados, respetivos modelos e atributos) e comerciais (venda à rede, necessidade de trabalhos adicionais) são dados fulcrais para toda a gestão efetuada, tanto operacional como de controlo.

É também através da recolha de toda esta informação que se torna possível ter conhecimento da quantidade de material utilizado, o que afetará intimamente a gestão do *stock* dos armazéns – é essencial garantir que a quantidade real disponível de cada tipo de equipamento cruza com o *stock* contabilizado, de forma a assegurar que não se verificam quebras e que a frequência das encomendas (e quantidade respeitante) se coaduna com as necessidades efetivas da operativa.

O método utilizado para reunir toda esta informação é, até à data, o preenchimento de uma **Ficha de Obra *Online*** (FOO), que tem por base um formulário Google universal: de acordo com a intervenção realizada – instalação, recolha de equipamento, assistência técnica ou visita prévia – são preenchidas as questões a si referentes, devendo ser deixadas em branco as desconsideráveis. Como seria expectável, tal procedimento conduz à introdução de erros de preenchimento e registo de informações contraditórias. Outra das grandes limitações associadas é a impossibilidade de acoplar fotografias da instalação ao processo; também os números de série (NS) dos equipamentos seriados têm necessariamente de ser introduzidos à mão, o que acarreta naturalmente erros na sua transcrição. Todas estas questões levam a que o processo de anotação dos detalhes da obra se torne moroso, redundante e errático.

De forma a aligeirar o processo e a torná-lo menos vulnerável a erros de preenchimento, surgiu o desafio de desenvolver internamente uma nova ferramenta para a criação de **Formulários Dinâmicos**, particularmente em contexto de Obra: os ***Dynamic Forms*** foram concebidos por uma empresa pertencente ao Grupo EDP responsável pela elaboração de soluções informáticas de apoio a todas as secções, e visam a criação de formulários próprios para cada situação necessária, através de código na linguagem do *Ultradox*. Estes formulários são posteriormente acessíveis através de uma aplicação móvel, de acordo com o nível de acesso do utilizador final.

Algumas das vantagens enumeráveis desta solução são:

- Preenchimento consideravelmente mais rápido e intuitivo, graças à adaptação do formulário às respostas já introduzidas (por exemplo, se é indicada uma instalação no solo, todas as perguntas sobre suportes utilizados no telhado são automaticamente ocultadas);
- Leitura de códigos de barra embutida substitui registo dígito-a-dígito dos NS de todos os equipamentos seriados;
- Possibilidade de anexação de fotografias da instalação;
- Reconhecimento instantâneo da localização geográfica pelo serviço GPS (georreferenciação);
- Entrada para assinatura do cliente;
- Acesso a todos os contratos e documentos informativos relacionados com a intervenção realizada.

O acompanhamento ao desenvolvimento da aplicação, a realização de testes fictícios e em ambiente de obra e a criação de raiz e programação dos formulários representam uma das principais atividades que tive a oportunidade de realizar no âmbito da presente dissertação. De seguida serão apresentadas as diversas etapas que levaram à construção do **Formulário Dinâmico de Instalação de Autoconsumo Fotovoltaico**.

3.5.1) Desenvolvimento do Formulário Dinâmico de AC FV

A ferramenta de construção de Formulários Dinâmicos é acessível *online*, mediante autenticação, permitindo criar os Formulários e todos os respetivos detalhes associados:

- Criação das Áreas Geográficas, Serviços e Prestadores de Serviço;
- Associação de Prestadores às áreas e serviços;
- Atribuição de equipas aos Prestadores;
- Introdução em sistema dos processos agendados;
- *Upload* dos manuais e regulamentos.

Por exemplo: O Prestador A desempenha na Zona 1 funções de instalação e assistência técnica de autoconsumo fotovoltaico, e tem a si atribuídas as Equipas A1 e A2.

A partir do momento em que determinada intervenção tem a si associado um ou mais PSE para uma área em específico, poderão começar a ser-lhe alocados processos (agendamentos), sendo de imediato cedidos os dados essenciais: Morada, nome, telefone, NIF *e-mail* do titular do contrato; Distrito, Concelho e Área Geográfica da obra/assistência; PSE e Equipa atribuídos; Data e hora para a realização do processo; Notas (opcional).

Vejamos agora de que forma é criado um Formulário Dinâmico:

Componentes

A ferramenta disponibiliza 10 tipos diferentes de itens para a elaboração de questões e campos de preenchimento:

- Componentes *Default*:
  - *Text Input* – campo para resposta aberta com número limitado de carateres;
  - *Text Area* – campo para adicionar comentários ou descrições (texto livre);
  - *Check Box* – seleção única ou múltipla de opções;
  - *Radio* – seleção de uma única opção;
  - *Select* – lista de opções previamente estipuladas para seleção única.
- Componentes específicos:
  - Fotografias – campo para anexação de uma ou mais fotos;
  - Código de Barras – leituras de códigos de barras ou *QR Codes*;
  - Assinatura – campo para escrita à mão com georreferenciação e registo da hora de assinatura;
  - Título – cabeçalhos das páginas/grupo de questões;
  - Agrupador – utensílio para agrupamento de várias componentes.

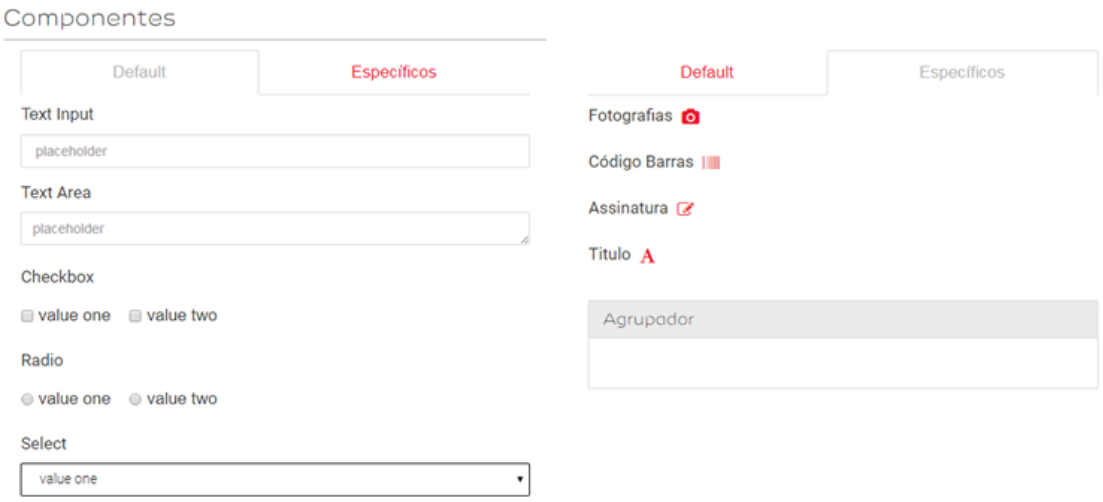

Figura 3.19 – Componentes *Default* e Específicos.

Keys

As respostas dadas a cada uma das perguntas são registadas para dois efeitos: averiguação das seguintes perguntas a colocar e, sobretudo, registo em sistema da informação. As chaves (ou *keys*) atribuídas a essas respostas respeitam um código:

- *i_* - código referente à intervenção (neste caso, instalação)
- *ac_* - código referente ao produto (neste caso, autoconsumo)
- *aa_* – código para ordenação (aa, ab, ac,…, ba, bb, bc,…)

Por exemplo: a *key* relativa à orientação dos painéis chama-se *i_ac_bx_orientacao*.

Checklist

Os formulários são compostos pelos diversos componentes referidos e respeitando uma sequência conveniente para registo em sistema e impressão final do relatório que será enviado ao titular do contrato. Para eliminar a redundância nas questões colocadas e evitar o lançamento de dados contraditórios, grande parte das questões é devidamente programada para ser escondida condicionalmente, como ficará patente na 3ª página do Formulário I_AC (Instalação de Autoconsumo). De seguida são apresentados todos os passos da *Checklist*:

Página nº1 – Visita Prévia

Na primeira página existe apenas uma questão, relativa à realização ou não realização de uma visita prévia (visita opcional que serve para confirmar a existência de condições técnicas para instalação do sistema FV). No caso da resposta ser positiva é assumido que toda a informação sobre o Local da Instalação se encontra já em sistema, pelo que se pode passar imediatamente para a 3ª página.

Página nº2 – Local da Instalação

Se a resposta à questão colocada na 1ª página for negativa, são feitas as perguntas referentes à colocação dos painéis fotovoltaicos: se serão colocados num telhado plano ou inclinado, com ou sem necessidade de inclinação e orientação, ou se será feita a instalação no solo; dependendo da resposta, serão ou não colocadas perguntas sobre o material e orientação das vigas do telhado – o código aplicado à última é o seguinte:

```
"hide":"model.i_ac_aa_visita.value=== 'Sim' || model.i_ac_ab_local.value!=='Solo ou
terraço/placa (são necessários lancis)' || !model.i_ac_ab_local.value ||
model.i_ac_ae_estrutura.value=== 'Terreno sólido' || model.ia_ac_ae_estrutura.value===
'Terreno mole' "
```

O significado da expressão é o seguinte: a questão sobre a orientação das vigas do telhado é escondida se a resposta guardada no endereço i_ac_aa_visita for "Sim" (*model.i_ac_aa_visita.value===’Sim’*), se a i_ac_ab_local for diferente de "Solo ou terraço (…)" (*model.i_ac_ab_local.value!=="Solo ou terraço(…)"*), se i_ac_ab_local.value ainda estiver em branco (*!model.i_ac_ab_local.value*) ou se i_ac_ae_estrutura for "Terreno sólido" ou "Terreno mole".

Página nº3 – Ligações Elétricas

Na 3ª página é recolhida toda a informação acerca do número de fases de alimentação da instalação de utilização: se é mono ou trifásica; no caso de ser trifásica, se foi ou não feita a conversão e, se sim, por que entidade; se a injeção é feita em 1, 2 ou 3 fases e qual o esquema de ligação.

Página nº4 – Instalação

Esta é a página na qual assume maior importância a possibilidade de filtrar as questões seguintes através das respostas já dadas: é registada a informação sobre os painéis e micro-inversores utilizados, tanto em número como em modelo e NS. Em jeito de exemplo, a questão sobre o modelo do painel nº6 a instalar (ou não) é escondida nas seguintes situações:

```
"hide":"!model.i_ac_ap_npaineis || model.i_ac_ap_npaineis.value=== '1' ||
model.i_ac_ap_npaineis.value=== '2' || model.i_ac_ap_npaineis.value=== '3' ||
model.i_ac_ap_npaineis.value=== '4' || model.i_ac_ap_npaineis.value=== '5' "
```

Para ajudar ao controlo por parte dos instaladores sobre o que já foi registado, reduzindo as hipóteses de colocar informação insuficiente, foi colocado um aviso de NS repetidos tanto para os micro-inversores como para os painéis. No primeiro caso, o código tem o seguinte aspeto:

```
"hide:"!model.i_ac_bd_smum || model.i_ac_bd_smum!==model.i_ac_bf_smdois &&
model.i_ac_bd_smum!==model.i_ac_bh_smtres &&
model.i_ac_bd_smum!==model.i_ac_bj_smquatro &&
model.i_ac_bd_smum!==model.i_ac_bl_smcinco &&
model.i_ac_bd_smum!==model.i_ac_bn_smseis &&
model.i_ac_bf_smdois!==model.i_ac_bh_smtres &&
model.i_ac_bf_smdois!==model.i_ac_bj_smquatro &&
model.i_ac_bf_smdois!==model.i_ac_bl_smcinco &&
model.i_ac_bf_smdois!==model.i_ac_bn_smseis &&
model.i_ac_bh_smtres!==model.i_ac_bj_smquatro &&
model.i_ac_bh_smtres!==model.i_ac_bl_smcinco &&
model.i_ac_bh_smtres!==model.i_ac_bn_smseis &&
model.i_ac_bj_smquatro!==model.i_ac_bl_smcinco &&
model.i_ac_bj_smquatro!==model.i_ac_bn_smseis &&
model.i_ac_bl_smcinco!==model.i_ac_bn_smseis"
```

A pergunta é escondida sempre que não se verifique uma igualdade entre o NS registado para dois micro-inversores distintos. Desta forma, se o instalador por engano fizer a leitura do NS de um equipamento seriado duas vezes será informado desse erro por forma a corrigi-lo antes da submissão do formulário. Nesta página será ainda necessário indicar o número de perfis, triângulos, travamentos e ganchos utilizados.

Página nº5 - Características

São reunidos nesta página os dados relativos a eventuais diferenças no número de painéis instalados em comparação com o que tinha sido contratualizado, bem como a orientação e inclinação dos painéis, o comprimento da cablagem, como é feita a contagem da energia produzida, qual a corrente injetada e se é ou não vendido à rede o excesso de produção. Esta última questão afetará toda a página seguinte.

Página nº6 – Venda à Rede

As questões sobre o pagamento da taxa SERUP, o nº do registo da UPAC, modelo e NS do contador e do módulo de comunicação e se são respeitados o esquema elétrico definido pela DGEG e a proteção necessária junto do Quadro Elétrico são respondidas na 6ª página.

Página nº7 – Questões Adicionais

Registo de eventuais trabalhos adicionais, em que quantidade e de que tipos.

Página nº8 – Finalização

Na última página é possível selecionar se a instalação foi ou não corretamente concluída, e justificar convenientemente em caso de insucesso. São também anexadas fotografias e a própria assinatura do cliente, com o serviço de georreferenciação e registo da data e hora.

Ligação ao Enterprise

A principal função dos Formulários Dinâmicos é registar em sistema os dados recolhidos em obra, submetendo-os em *Enterprise* – plataforma *online* transversal a todo o grupo EDP onde são colocadas todas as informações fundamentais da operativa, entre as quais todos os agendamentos marcados, instalações feitas e equipamentos carregados em armazém, movimentados entre o armazém EDP e os dos PSE ou utilizados em obra.

Enquanto que, até ao momento, o preenchimento da ficha de obra não substitui a introdução manual dos NS de material instalado no EP (*Enterprise*), os Formulários Dinâmicos permitirão que estes sejam automaticamente carregados, reduzindo consideravelmente o tempo necessário para a atualização da informação em sistema. Por sua vez, o material sem NS (cabo, estruturas, triângulos,…) deverá ser declarado apenas em quantidade.

Relatório para o Cliente Final

Para que o consumidor disponha da informação completa relativa ao serviço que contratou, assim que o processo é submetido ser-lhe-á enviado um relatório a partir dos dados recolhidos. Estes funcionam autonomamente a partir de um *template* pré-definido e automatizado; de seguida serão revelados alguns trechos do código utilizado:

Visita Prévia (1ª parte)**:**

```
Foi realizada visita prévia? ${i_ac_aa_visita.name}
${if i_ac_aa_visita.name=Não}
Em que local serão instalados os painéis? ${i_ac_ab_local.name}

Foto do local de instalação:
        ${foreach i_ac_ac_Foto_localdeinstalacao photo}
                ${photo;image(width=8cm;height=5cm)}
        ${end}
Os painéis ficam à sombra em alguma altura do dia? ${i_ac_ad_sombra}
Qual a estrutura de suporte da superfície? ${i_ac_ae_estrutura.name}
        ${if !i_ac_ab_local.name;string(startsWith=Solo ou terraço)}
                ${if !i_ac_ae_estrutura.name;string(startsWith=Terreno)}
Orientação das vigas? ${i_ac_af_vigas}
                ${end}
        ${end}
Ligação à terra existente e bem dimensionada? ${i_ac_ag_terra}
${end}
```

Instalação (a partir do final do registo dos NS dos micro-inversores):

```
${if i_ac_ap_npaineis.name;number(gte=6)}
Modelo do micro-inversor 6: ${i_ac_bm_mmseis.name}
Código de barras do micro-inversor 6: ${i_ac_bn_smseis}
${end}
Sistema de ligação dos micro-inversores: ${i_ac_bo_ligmicro}
Número de perfis utilizados: ${i_ac_bp_numperfisut.name}
${if !i_ac_ab_local.name;string(startsWith=Telhado com 20 a 40)}
Número de triângulos utilizados: ${i_ac_bq_numtriang.name}
Foram instalados travamentos? ${i_ac_br_travamentos}
${end}
${if !i_ac_ab_local.name;string(startsWith=Solo ou terraço)}
Número de ganchos/salva-telhas utilizados: ${i_ac_bs_ganchos.name}
${end}
Tipo de gancho utilizado? ${i_ac_bt_tipogancho}
```

Finalização da Obra:

```
Instalação concluída? ${i_ac_ct_conclusao}
${if i_ac_ct_conclusao=Não}
        Motivo(s) para não conclusão da instalação? ${i_ac_cu_motivosnaoconclusao}
${end}
${if i_ac_ct_conclusao=Sim}
Fotografias da instalação:
        ${foreach i_ac_cv_fotos photo}
                ${photo;image(width=8cm;height=5cm)}
        ${end}
${end}
Assinatura do cliente:
${SIGMARK;image(width=15cm;height=6cm)}
Lisboa ${now;datetime(op=short)}
```

3.5.2) Considerações Gerais

À data de escrita deste documento, os Formulários Dinâmicos encontram-se já na fase final de aprimoramento das suas funções, estando perto da conclusão o desenvolvimento da comunicação entre a ferramenta e o *Enterprise*. Assim, é expectável que a curto prazo o Formulário para Instalação de Autoconsumo seja utilizado em contexto de obra para a recolha de toda a informação referida ao longo deste subcapítulo. Foram já feitos, aliás, dois testes práticos em obra para receber *feedback* junto dos instaladores - o que se refletiu em pequenos aperfeiçoamentos do próprio formulário e da aplicação móvel, com o intuito de otimizar o serviço e assegurar que este cumpre todos os requisitos.

Em baixo é transcrito o parecer do Eng. Fábio Loureiro, técnico superior da divisão PCO, que acompanhou e supervisionou a implementação da ferramenta:

> *"Os Formulário Dinâmicos apresentam-se com uma ferramenta core no futuro de todo acompanhamento e reporte das operações após a realização de um agendamento das diferentes intervenções com os clientes. De forma assegurar o robustez e toda aplicabilidade da ferramenta, o João participou ativamente na parametrização realizada*

em backoffice. A sua parametrização envolveu trabalho de programação para construção do front-end da aplicação a utilizar pelos instaladores, assim como da geração de relatórios automáticos após a submissão de processos de intervenção. O João participou ainda na realização das várias baterias de testes dos vários releases da ferramenta, nomeadamente em campo, onde acompanhou algumas intervenções piloto com a utilização por parte dos instaladores da versão final do aplicativo desenvolvido."

Capítulo 4
Conclusões

Tirando proveito da contínua descida dos preços do material fotovoltaico e de anos de uma legislação favorável à sua instalação, a pequena produção e o autoconsumo fotovoltaicos têm ganho expressão no panorama da produção energética em Portugal. Ainda que muito longe da representatividade de outras energias renováveis no Sistema Elétrico de Energia – nomeadamente a eólica e a hídrica –, a utilização da irradiância solar como fonte de energia tem a seu favor a sua enorme versatilidade e adaptabilidade aos mais diversos regimes, quer para venda da totalidade da energia gerada, quer para consumo próprio.

É neste paradigma que surge a forte aposta na instalação de Unidades de Produção para Autoconsumo, tanto a nível industrial ou empresarial (*Business to Business*) como do consumidor comum (*Business to Consumer*). Os menores incentivos governamentais atuais são compensados por preços cada vez mais baixos dos painéis solares e uma oferta cada vez maior, tanto ao nível da conceção dos equipamentos como da própria instalação. A eficiência dos sistemas FV aumenta, as suas dimensões diminuem e (mesmo sem tarifas bonificadas) torna-se cada vez mais rentável investir em tecnologia fotovoltaica.

Focando na oferta B2C, as soluções apresentadas ao cliente final tornam progressivamente o Autoconsumo mais acessível, democratizando definitivamente as energias renováveis e colocando-as à disposição do consumidor. Garantindo a qualidade do serviço, o correto dimensionamento e a adequação do sistema às necessidades energéticas, o período de retorno é consideravelmente reduzido e, pós-*payback*, representa uma poupança mensal significativa.

Surge, assim, uma oportunidade de negócio para as empresas que atuam no setor energético. Entre elas encontra-se a EDP Comercial, que entra na área em meados de 2015 com um plano de negócio escalável e abrangente, padronizado para assegurar a normalização da operativa mas adaptado às necessidade de cada cliente.

A atuação em todos os distritos de Portugal Continental obriga, segundo o modelo estipulado, à subcontratação de empresas e atribuição destas às áreas operacionais delineadas. Para que a qualidade do serviço prestado seja homogénea, pautada pela regularidade e plenamente satisfatória, assume sobeja importância controlar detalhada e rigorosamente a operação destes Prestadores de Serviço e respetivas equipas. Deste modo, a organização e apresentação dos dados recolhidos que quantificam e avaliam a sua prestação é preponderante na gestão da área de negócio – função da Divisão de Planeamento e Controlo Operacional da EDP Comercial.

O desenvolvimento de relatórios com recurso a técnicas de Inteligência Empresarial permite aprofundar o conhecimento sobre a forma como a operativa decorre e enseja a atuação sobre a melhoria dos pontos fracos, otimizando o funcionamento do negócio e, consequentemente, aumentando o nível de satisfação dos clientes. Perante este enquadramento, foi implementado um novo relatório dinâmico semanal, com utilidades incomparáveis às de qualquer outra plataforma, através da utilização de um *software* de *Business Intelligence* – o Microsoft Power BI. Desta forma tornou-se possível aceder a informação anteriormente inabordável, possibilitando uma atuação perentória que visa reduzir a taxa de incumprimento nas intervenções e melhorar a qualidade de execução.

Outro dos principais desafios enfrentados prendia-se com o controlo do material adquirido e enviado aos Prestadores. A dificuldade inerente a este procedimento provoca a existência de desvios entre os *stocks* virtual e real, afetando a qualidade das previsões e do próprio funcionamento da operativa. Assim, a criação de uma ferramenta que permitisse dar saída instantânea do *stock* do material utilizado em obra diminuiria drasticamente as hipóteses da ocorrência de lapsos.

Neste sentido, o desenvolvimento de um Formulário Dinâmico para contexto de obra com registo não só dos equipamentos (seriados ou não) utilizados como das próprias características da instalação veio agilizar os procedimentos – diminuindo o número de documentos a preencher por parte dos instaladores -, reduzir o número de erros submetidos em sistema e aumentar a informação reunida sobre cada obra realizada.

TRABALHO FUTURO

A experiência dos últimos 5 meses revelou-se imensamente gratificante e, sobretudo, repleta de aprendizagens. Os desafios colocados trouxeram maior capacidade de raciocínio e resolução de problemas, para além de um conhecimento sólido sobre o funcionamento de uma área de gestão, controlo e mediação de esforços e interações. O trabalho desenvolvido no âmbito da presente Dissertação deverá ser retomado no futuro, estando prevista a continuidade na Divisão em regime profissional. A ordem de trabalhos contemplará, entre outros, os seguintes pontos:

- Otimização do Relatório da Casa Inteligente – introdução de novos gráficos e utensílios que facilitem a leitura dos mesmos e aprofundem mais ainda a informação disposta;
- Criação do Relatório do PCO – um novo conjunto de *dashboards* com informação orientada apenas à direção, com uma visão geral sobre outros pontos da área de negócio (tal como o tratamento da informação comercial – vendas, previsões de crescimento,…;
- Introdução de capacidade analítica nas ferramentas presentes nos Relatórios, tornando-os ainda mais influentes no apoio à decisão;
- Criação de novos Formulários Dinâmicos – elaboração de formulários relativos a outras intervenções de autoconsumo fotovoltaico (recolha, assistência técnica,…) e fora do autoconsumo (mobilidade elétrica, Re:dy,…).

Está prevista a publicação de um artigo em revista da especialidade, versando sobre o tema desta dissertação. Por outro lado, tenciono debruçar-me sobre o assunto da maximização da potência produzida pelos sistemas fotovoltaicos de autoconsumo em função de uma correta (e minuciosa) orientação e inclinação dos painéis, bem como da otimização do seu dimensionamento para potencializar a produção em períodos de maior consumo.

Apêndice A

Efeito Fotovoltaico: Aspetos Técnicos

O efeito fotovoltaico é o fenómeno físico-químico no qual se baseia o processo de conversão da luz solar em energia elétrica pelo qual são responsáveis os painéis fotovoltaicos. De uma forma sucinta, este pode explicar-se da seguinte forma:

Uma célula fotovoltaica é constituída, na sua génese, por duas camadas de um determinado material semicondutor – geralmente o silício (Si), que apresenta na sua estrutura química 4 eletrões de valência (isto é, 4 eletrões presentes na última *layer* da distribuição eletrónica) [108], tal como representado na Figura A.1:

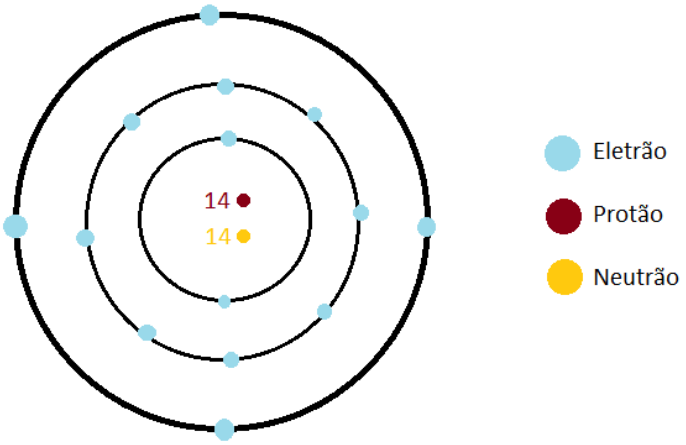

Figura A.1 - Distribuição elétrica de um átomo de silício.

Desta forma, os átomos de silício têm facilidade em partilhar eletrões e criar ligações covalentes (8 eletrões partilhados na última *layer*), formando cristais estáveis. Por esta razão, as duas camadas mencionadas da célula são dopadas com elementos distintos, criando um necessário desequilíbrio: a camada tipo N será constituída por silício dopado de fósforo (P), tornando-se negativamente carregada (com excesso de eletrões) devido aos 5 eletrões de valência do fósforo; por sua vez, a camada tipo P obtém-se dopando o silício com boro (B), que a torna positivamente carregada (défice de eletrões, resultando na criação de lacunas [109]) graças aos 3 eletrões de valência do boro.

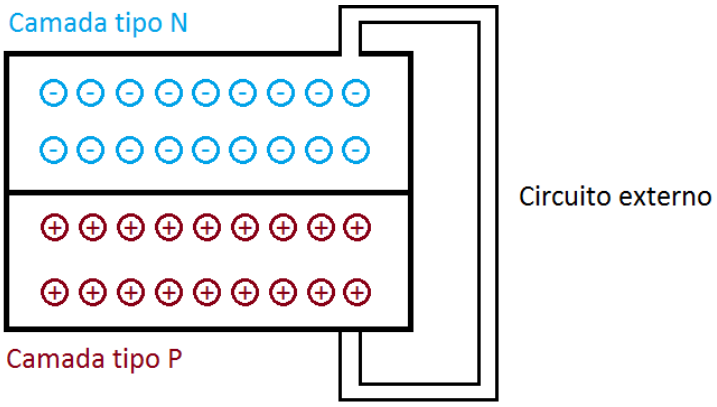

Figura A.2 - Esquema simplificado de uma célula FV.

Poder-se-ia, erradamente, concluir que sucederia uma transição direta de eletrões entre as camadas de tipo N e P através do contacto entre ambas, combinando os eletrões com os buracos. No entanto, desta junção P-N resulta um campo elétrico que apenas permite a transição de eletrões entre a camada P e a N: considerando uma densidade de dadores (eletrões em excesso) do lado N idêntica à de aceitadores (lacunas em excesso) do lado P temos uma junção simétrica, que apresenta características retificadoras, semelhantes à de um díodo, e que permite que apenas fluam eletrões no sentido P → N [110].

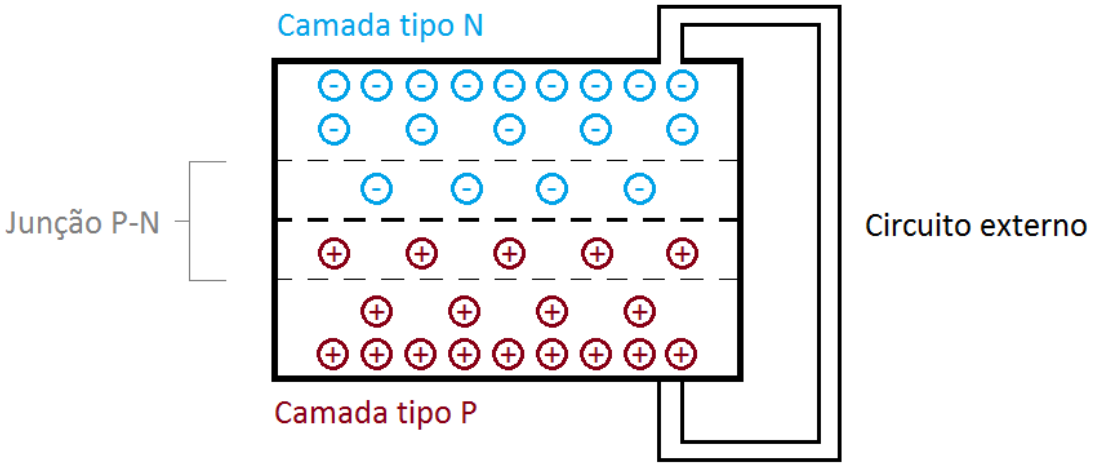

Figura A.3 - Criação da junção P-N.

O fluxo de eletrões, todavia, não se dá instantaneamente: A irradiância solar que incide sobre as células FV transporta fotões [111], que, no caso de possuírem um nível suficiente de energia, excitarão os eletrões de valência da camada N, arrancando-os; de seguida, os eletrões seguirão pelo circuito externo – gerando uma corrente elétrica que alimentará a carga acoplada ao sistema [112] – e serão combinados com as lacunas da camada P, sendo novamente soltos na junção PN e reabsorvidos pela camada N, dando origem a um processo cíclico.

Como referido, é necessário que a energia dos fotões absorvida pela camada de tipo N seja intensa o suficiente para que os eletrões sejam libertados; se a energia absorvida pelo

semicondutor for de baixo nível, tal causará apenas a vibração dos átomos de silício sem que a ligação aos eletrões seja quebrada, aquecendo o material [113]. Acontece que, perante o aumento da temperatura, a potência produzida pelo sistema FV diminui. Este facto pode explicar-se através das expressões matemáticas que relacionam a intensidade da corrente de curto-circuito (I_{cc}) e a tensão de circuito aberto (V_{OC}) com as variações de temperatura (ΔT) a que é exposto o módulo fotovoltaico:

A corrente de curto-circuito I_{CC} é dada a partir do seu valor de referência ICC 0 através da equação A.1:

$$I_{CC} = I_{CC_0} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \tag{A.1}$$

α – coeficiente de temperatura para I_{CC}

$I_{CC\,0}$ – corrente de curto-circuito referência

ΔT – variação da temperatura

Por sua vez, a tensão em circuito aberto V_{OC} é calculada relativamente ao seu valor referência $V_{OC\,0}$ pela equação A.2:

$$V_{OC} = V_{OC_0} \cdot (1 - \beta \cdot \Delta T) \tag{A.2}$$

β – coeficiente de temperatura para V_{OC}

Examinando as fórmulas apresentadas para cada uma das grandezas, verificamos que a corrente I_{CC} aumenta para uma determinada sobrelevação da temperatura ΔT, enquanto que a tensão V_{OC} diminui. Considerando que β > α, conclui-se que a queda de tensão é maior em módulo do que o incremento da corrente; assim, sendo que a potência é dada pelo produto da corrente pela tensão (P = V x I) verifica-se que a potência produzida pelo sistema diminui quando a temperatura aumenta [114].

Apêndice B

Realização e Acompanhamento das Obras

Tive também a oportunidade de acompanhar diversos pontos da área de negócio, visitando os armazéns dos Prestadores e acompanhando obras em diversos pontos do País. Para melhor descrever as metodologias práticas e técnicas utilizadas, é de seguida documentada uma das obras acompanhadas.

Neste caso, a instalação foi feita numa casa com telhado inclinado de telhas de cerâmica, como fica patente na Figura B.1:

Figura B.1 - Instalação num telhado inclinado.

Em primeiro lugar é montada a estrutura que suportará os painéis fotovoltaicos no telhado. Tendo em conta que este é de telha cerâmica suportada por vigas metálicas, foram utilizados ganchos salva-telha para sustentar a estrutura. A inclinação e suporte dos painéis é garantida pelo perfil já colocado (e o que virá posteriormente) e pelos triângulos:

Figura B.2 - Estrutura de suporte dos painéis e fixação ao telhado.

Legenda:

A – Perfil

B – Triângulos

C – Gancho Salva-Telha

D – Fixadores de Extremidade

E – Fixador Intermédio

Enquanto a estrutura é montada no telhado, em baixo são fixados ao outro perfil os micro-inversores; é também feita a ligação destes ao perfil de forma a precaver eventuais descargas atmosféricas ou ocorrência de defeitos (ligação esta feita através do fio de terra).

Figura B.3 - Fixação dos micro-inversores ao perfil.

Tendo em conta que as instalações de Autoconsumo Fotovoltaico B2C (para clientes finais comuns) utilizam apenas de 1 a 6 módulos FV, desde o início da operativa ficou estipulado que seriam utilizados micro-inversores – ao invés de inversores de fileira, por exemplo. Esta decisão prende-se com a necessidade de uniformizar o mais possível os procedimentos, independentemente do número de painéis, e permite também retirar o maior rendimento possível do sistema.

Finalmente, são montados os painéis fotovoltaicos à estrutura:

Figura B.4 - Montagem dos Painéis sobre a estrutura de suporte.

Figura B.5 - Montagem dos Painéis (já com os micro-inversores acoplados) na estrutura.

Para simplificar a obra e proceder ao mínimo de alterações possível na instalação elétrica da residência/estabelecimento, reduzindo os custos e o tempo necessário para a sua conclusão, a solução de Autoconsumo providenciada pela EDP Comercial prevê a ligação direta do sistema ao circuito elétrico da habitação. Para que seja feita a medição da energia produzida é utilizada uma de duas opções: sistema Re:dy completo ou tomada com wattímetro.

- **Sistema Re:dy** – para instalações de utilização com ligação à internet é utilizado um sistema Re:dy composto por uma Re:dy Box, duas Plugs comuns e uma Plug Solar:
    - A Re:dy Plug Solar faz a contagem da energia injetada no circuito da habitação;
    - As Re:dy Plugs comuns fazem a medição dos consumos de eletrodomésticos a si ligados, permitindo um controlo à distância dos mesmos (podem ser ligados ou desligados remotamente);
    - A Re:dy Box é responsável pela receção dos dados recolhidos pelas Plugs e sua comunicação à aplicação disponível no *smartphone* do cliente, para que este possa ter informação em tempo real sobre a produção do seu sistema de Autoconsumo e controlar remotamente alguns dos seus eletrodomésticos;
    - O cliente tem a possibilidade de adquirir separadamente Plugs A/C que permitem o controlo de dispositivos de Ar Condicionado, graças à conexão através de Infravermelhos com os equipamentos supracitados.
- **Tomada com wattímetro** – no caso das instalações de utilização que não dispõem de ligação à internet, é utilizada uma tomada com contagem da produção do sistema FV. No entanto, esta medição não se encontra disponível à distância, sendo necessário consultar o mostrador do próprio engenho.

Figura B.6: Pack inicial do Re:dy.

Legenda:

A – Re:dy Box

B – Re:dy Plug (Solar/comum)

C – Re:dy Plug A/C

No caso da instalação aqui descrita, o facto de haver ligação à internet tornou possível a instalação do sistema Re:dy para monitorização instantânea do funcionamento do sistema FV. Foi feita uma ligação a partir do circuito convergente dos micro-inversores até à tomada mais próxima do telhado, como ilustra a Figura B.7:

Figura B.7: Ligação entre o sistema FV e a tomada mais próxima.

Finalmente é concluída a ligação e, como é percetível pela sinalização luminosa, há produção do sistema e injeção no circuito elétrico da residência:

Figura B.8 - Ligação do sistema FV a uma tomada através de uma Re:dy Plug Solar.

A recolha da informação de todo o material utilizado é, à data da redação deste trecho, realizada ainda com recurso à **Ficha de Obra *Online* (FOO)**, que consiste num formulário Google genérico com questões relativas a cada tipo de instalação. O preenchimento desta ficha é moroso e demasiado abrangente, sendo necessário ignorar alguns campos em situações para as quais algumas questões não se aplicam (por exemplo, no caso de uma instalação num cliente com alimentação monofásica não se adequam perguntas acerca da conversão de trifásico para monofásico). Tal facto conduz à introdução de erros em sistema, tornando a informação pouco fiável em alguns casos.

Pelas razões enumeradas, foi desenvolvida internamente uma nova ferramenta para a criação de **Formulários Dinâmicos** para contexto de obra que tem como intuito agilizar e enriquecer o levantamento de dados no âmbito das instalações. A sua implementação e a realização de testes para averiguação do seu correto funcionamento foram-me maioritariamente incumbidas, tendo este processo representado a segunda principal tarefa que desempenhei no Estágio Curricular. Tal como no caso dos Relatórios em Power BI, será dedicado um subcapítulo a este tema.

Apêndice C

Procedimentação do Relatório da Casa Inteligente

Waterfall

Fonte de informação:

EP Completo (com colunas dinamizadas)

Filtros da página:

@PSE <> “Formação 2017” (Todos os PSE exceto “Formação 2017”)

Venda = “Transitado” || Venda = “Venda 2017” (Só são contabilizadas vendas de 2017 ou vendas de 2016 que ainda não foram concretizadas)

Tipode intervencao = “Instalação” (A única intervenção disponível é “Instalação”)

Tipode Processo = “Solar autoconsumo” (O único produto disponível é “Solar autoconsumo”)

Gráficos:

Waterfall:

Inicialmente foram criadas colunas no ficheiro Excel com 0 e 1 para cada um dos estados principais (Vendas Brutas, Ativas e Líquidas) e 0 e -1 cada um dos subestados (desistências, pendentes, agendados, por agendar,…). Essas colunas foram depois dinamizadas, isto é, transformadas em apenas duas para que fosse possível criar o gráfico de cascata: “Atributo” (nome do estado/subestado) e “Valor” (valor de 1, 0 ou -1).

```
@num = if('EP Completo (3)'[Atributo]="Transitado";"1) Transitado";if('EP Completo
(3)'[Atributo]="Venda 2017";"2) Vendas 2017";if('EP Completo
(3)'[Atributo]="Desistência";"3) Desistências";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Pendente
cliente +90 dias";"4) Pendente Clientes >90 dias";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Vendas
Activas";"5) Vendas Activas";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Pendente Cliente";"6.1)
Pendente Cliente";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Pendente Icontactável";"6.2) Pendente
Incontactável";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Pendente Questões Comerciais";"6.3)
Pendente Questões Comerciais";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Pendente
Incontactável";"6.4) Pendente Incontactável";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Vendas
Líquidas";"7) Vendas Líquidas";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Instalado";"8)
Instalado";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Agendado";"9) Agendado";if('EP Completo
(3)'[Atributo]="Por Agendar";"10) Por Agendar";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Contactar
Novamente";"11) Contactar Novamente";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Por Contactar";"12)
Por Contactar";if('EP Completo (3)'[Atributo]="Pendente EDP";"13) Pendente EDP";'EP
Completo (3)'[Atributo])))))))))))))))))
```

@num é a atribuição de números sequenciais (pela ordem pretendida) a cada um dos "Atributos" (estados e subestado)

```
@PSE = if(or('EP Completo (3)'[PSE]="[redacted] - PSE";'EP Completo
(3)'[PSE]="[redacted].STCI");"[redacted]";if('EP Completo (3)'[PSE]="[redacted] -
PSE";"[redacted]";if(or('EP Completo (3)'[PSE]="[redacted] - PSE";'EP Completo
(3)'[PSE]="[redacted].STCI");"[redacted]";if('EP Completo (3)'[PSE]="[redacted] - PSE";"[redacted]";if('EP
Completo (3)'[PSE]="[redacted] - PSE";"[redacted]";if(or(or('EP Completo (3)'[PSE]="[redacted] -
PSE";'EP Completo (3)'[PSE]="[redacted].STCI");'EP Completo (3)'[PSE]="[redacted]
[redacted].STCI");"[redacted] [redacted]";if(OR('EP Completo (3)'[PSE]="[redacted] - PSE";'EP Completo
(3)'[PSE]="[redacted].STCI");"[redacted]";if(OR('EP Completo (3)'[PSE]="[redacted] - PSE";'EP
Completo (3)'[PSE]="[redacted] - Redy");"[redacted]";if(OR('EP Completo
(3)'[PSE]="[redacted] - PSE";'EP Completo
(3)'[PSE]="[redacted].STCI");"[redacted]";if(OR('EP Completo (3)'[PSE]="[redacted]
Energia";'EP Completo (3)'[PSE]="[redacted].STCI");"[redacted]";if('EP Completo
(3)'[PSE]="[redacted].STCI";"[redacted]";if('EP Completo (3)'[PSE]="[redacted].STCI";"[redacted]
[redacted]";'EP Completo (3)'[PSE])))))))))))
```

À semelhança do que se passa em praticamente todos os *dashboards*, foi criada uma coluna com o nome dos PSE a partir dos códigos introduzidos no Enterprise. Exemplo: [redacted].STCI → [redacted]

Real x Plano

Fonte de informação:

GraficosEvolução D

Filtros da página:

Tipode intervencao = “Instalação” (A única intervenção disponível é “Instalação”)

Tipode Processo = “Solar autoconsumo” (O único produto disponível é “Solar autoconsumo”)

Gráficos:

Gráfico de linhas:

O eixo é colocado por “Data” (não hierarquizada) e as linhas são simplesmente a transposição das colunas provenientes do ficheiro excel: “Forecast Inicial”, “Reforecast”, “Vendas Líquidas”, “Instalações Reforecast”, “Agendamentos” e “Instalações”.

Mostradores:

Tanto para este mostrador como os restantes, é necessário utilizar uma fórmula de cálculo da última 3ª feira (ou eventualmente a atual 3ª feira se for nesse dia que o ficheiro BI é aberto ou o relatório consultado):

```
@DataPós3ªfeira = if('GraficosEvolução D'[Data]>if(weekday(today())=3;today();today()-weekday(today()-3));"data futura";"")
```

Para que nos mostradores a informação seja filtrável por Zona, foi criada uma técnica na qual é atribuído um algarismo a cada zona; uma *measure* (“#AvgZona”) independente faz a média desses algarismos. Quando uma zona é selecionada, o valor médio calculado pela *measure* é o algarismo correspondente a essa mesma zona (por exemplo, se a Zona 1 tem a si atribuída o algarismo 1 e a 2 o algarismo 2, quando se seleciona a Zona 1 são filtrados apenas os casos dessa mesma área, que têm a si atribuídos “1”. Se todos os valores são 1, a média (*measure*) é 1 também). Na fórmula de cálculo de cada mostrador é utilizada esta técnica, adaptando-se o cálculo ao valor da *measure*:

```
#AvgZona = calculate(AVERAGE('GraficosEvolução D'[#Zona]))
```

```
#Zona = if('GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 1";1;if('GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 2";2;if('GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 3";3;if('GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 4";4;if('GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 5";6;0)))))
```

Calculada a coluna do algarismo corresponde a cada zona e a *measure* necessária, é então feito o cálculo necessário para o mostrador do “Forecast Inicial” à última 3ª feira:

Forecast Inicial

```
&ForecastInicial = if([#AvgZona]=1;calculate(max('GraficosEvolução D'[Forecast
Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
1");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

        if([#AvgZona]=2;calculate(max('GraficosEvolução D'[Forecast
Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
2");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                if([#AvgZona]=3;calculate(max('GraficosEvolução D'[Forecast
Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
3");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                        if([#AvgZona]=4;calculate(max('GraficosEvolução D'[Forecast
Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
4");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                                if([#AvgZona]=6;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Forecast Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
5");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Forecast
Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
1");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Forecast
Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
2");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Forecast
Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
3");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Forecast
Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
4");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Forecast
Inicial]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
5");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura")))))))
```

Reforecast

Semelhante ao processo anterior:

```
&Reforecast = if([#AvgZona]=1;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
1");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

        if([#AvgZona]=2;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
2");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                if([#AvgZona]=3;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
3");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                        if([#AvgZona]=4;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
4");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                                if([#AvgZona]=6;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
5");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                                        calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
1");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
2");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
3");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
4");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução
D'[Reforecast]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
5");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura")))))))
```

Vendas Líquidas

```
&Vendas Líquidas = if([#AvgZona]=1;calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
1");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

        if([#AvgZona]=2;calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
2");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                if([#AvgZona]=3;calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
3");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                        if([#AvgZona]=4;calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
4");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                                if([#AvgZona]=6;calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
5");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"));

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
1");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
2");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
3");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
4");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data futura"))+

                                        calculate(max('GraficosEvolução D'[Vendas
Líquidas]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
5");filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[@DataPós3ªfeira]<>"data
futura")))))))
```

Instalações

```
&Instalações = if([#AvgZona]=1;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 1"));

        if([#AvgZona]=2;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 2"));

                if([#AvgZona]=3;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 3"));

                        if([#AvgZona]=4;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 4"));

                                if([#AvgZona]=6;calculate(max('GraficosEvolução
D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 5"));

                                        calculate(max('GraficosEvolução
D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
1"))+calculate(max('GraficosEvolução D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 2"))+calculate(max('GraficosEvolução
D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
3"))+calculate(max('GraficosEvolução D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 4"))+calculate(max('GraficosEvolução
D'[Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 5")))))))
```

Agendamentos

No caso dos agendamentos queremos que seja apresentados apenas os agendamentos futuros e não os que já foram executados ("Instalações"). Por essa razão é subtraído o número de instalações ao número de agendamentos de forma dinâmica ao longo do tempo. A expressão que permitiu a apresentação desta informação é a seguinte:

```
&AgendFuturos = if([#AvgZona]=1;calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 1"))-
calculate(max('GraficosEvolução D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 1"));

        if([#AvgZona]=2;calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 2"))-
calculate(max('GraficosEvolução D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 2"));

                if([#AvgZona]=3;calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 3"))-
calculate(max('GraficosEvolução D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 3"));

                        if([#AvgZona]=4;calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 4"))-
calculate(max('GraficosEvolução D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 4"));

                                if([#AvgZona]=6;calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 5"))-
calculate(max('GraficosEvolução D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 5"));

                                        calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
1"))+calculate(max('GraficosEvolução D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 2"))+calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona
3"))+calculate(max('GraficosEvolução D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 4"))+calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Agendamentos]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 5"))-
calculate(max('GraficosEvolução D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 1"))-calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 2"))-
calculate(max('GraficosEvolução D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 3"))-calculate(max('GraficosEvolução
D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 4"))-
calculate(max('GraficosEvolução D'[@Instalações]);filter(all('GraficosEvolução
D');'GraficosEvolução D'[Zona]="Zona 5")))))))
```

Agendamentos & Execução

Fonte de informação:

EP + PAULA Hist

Filtros da página:

@Ano ≥ 2015 (Para despistar erros de introdução dos dados são aceites só dados posteriores a 2015)

@Data futura = não (registos mal introduzidos, com datas futuras, são desconsiderados)

@PSE <> “PSEDiogo” || @PSE <> “Formação 2017” (desconsidera-se PSE de processos de teste)

@PSE <> “Sotécnica” (desconsideram-se os processos da Sotécnica)

Agend repetido? <> “Sim” (se o agendamento é repetido só se contabiliza o primeiro)

Tipode intervencao = “Instalação” (A única intervenção disponível é “Instalação”)

Tipode Processo = “Solar autoconsumo” (O único produto disponível é “Solar autoconsumo”)

Gráficos:

Gráfico circular (Taxa de Execução):

A parte gráfica é apenas calculada pela divisão das Instalações pelo número de agendamentos desconsiderando falhas por Mau Tempo e imputáveis ao cliente. Os dados numéricos também representam diretamente estes dois indicadores:

```
@Instalações = if('EP + PAULA Hist'[Executada?]="Sim";1;0)
```

```
@Agendamentos = if(OR('EP + PAULA Hist'[Efetuado dia agend ou anterior?]="Não";'EP + PAULA Hist'[Desconsiderar TOTAL?]="Não");1;0)
```

Gráfico de linhas e colunas agrupadas (evolução temporal):

É mostrada a evolução temporal do número de agendamentos (sem falhas por mau tempo e do cliente) e das instalações com as mesmas fórmulas já apresentadas. O eixo é composto pela hierarquia “Ano”/”Mês”/”Semana”.

```
@Ano = mid('EP + PAULA Hist'[@DataObraCorr];7;4)

@Mês = mid('EP + PAULA Hist'[@DataObraCorr];4;2)

@Dia = left('EP + PAULA Hist'[@DataObraCorr];2)

@Data = date('EP + PAULA Hist'[@Ano];'EP + PAULA Hist'[@Mês];'EP + PAULA Hist'[@Dia])

@Semana = weeknum('EP + PAULA Hist'[@Data])
```

São também acrescentadas as percentagens simples e acumulada da taxa de execução. Abaixo são enumeradas as fórmulas correspondentes à percentagem simples, à acumulada por mês e à acumulada por semana:

```
%0SemanaExecução = divide([&0SemanaInstalações];[&0SemanaAgendamentos])

&0SemanaAgendamentos = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Agendamentos]);filter(all('EP + PAULA Hist'[@Semana]);'EP + PAULA Hist'[@Semana]<=MAX('EP + PAULA Hist'[@Semana])))

&0SemanaInstalações = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Instalações]);filter(all('EP + PAULA Hist'[@Semana]);'EP + PAULA Hist'[@Semana]<=MAX('EP + PAULA Hist'[@Semana])))
```

```
%1MêsExecução = divide([&1MêsInstalações];[&1MêsAgendamentos])

&1MêsAgendamentos = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Agendamentos]);filter(all('EP + PAULA Hist'[@Mês]);'EP + PAULA Hist'[@Mês]<=MAX('EP + PAULA Hist'[@Mês])))

&1MêsInstalações = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Instalações]);filter(all('EP + PAULA Hist'[@Mês]);'EP + PAULA Hist'[@Mês]<=MAX('EP + PAULA Hist'[@Mês])))
```

```
%2TotalExecução = divide([&2TotalInstalações];[&2TotalAgendamentos])

&2TotalAgendamentos = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Agendamentos]))

&2TotalInstalações = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Instalações]))
```

Gráfico de linhas e colunas agrupadas (comparação):

No gráfico anterior era descrita a evolução temporal da taxa de execução; neste será feita a comparação entre “Zona”/”PSE”/”Equipa”. São utilizadas as colunas “@Instalações” e “@Agendamentos” para as barras e a linha é dada por “%2TotalExecução”.

Motivos para Não-Obra

Fonte de informação:

PAULA Hist

Filtros da página:

@Ano ≥ 2000 (Para despistar erros de introdução dos dados são aceites só dados posteriores a 2000)

@Data futura = não (registos mal introduzidos, com datas futuras, são desconsiderados)

@PSE <> (Blank) || @PSE <> (PSE fictícios de teste) (desconsidera-se PSE de processos de teste e em vazio)

Area Operacional <> (Blank) (desconsideram Áreas não identificadas)

Responsabilidade falha <> "Não considerável" (os casos em que não há falha ou que falta a justificação para a mesma são desconsiderados nesta página)

Tipode intervencao = "Instalação" (A única intervenção disponível é "Instalação")

Tipode Processo = "Solar autoconsumo" (O único produto disponível é "Solar autoconsumo")

Gráficos:

Gráfico de colunas empilhadas (evolução temporal):

O eixo x é composto por uma hierarquia temporal "@Ano"/"@Mês"/"@Semana" e são empilhados em barras os números de falhas imputados ao Mau Tempo, ao PSE, ao Cliente, a Questões Técnicas e Outro motivo. Para tal é simplesmente utilizada a coluna original "Responsabilidade falha".

Gráfico de barras 100% empilhadas (comparação):

Este gráfico funciona de forma semelhante ao anterior, mas é mostrado o impacto relativo de cada tipologia de falhas em função do total de falhas. O eixo (desta vez y) respeita a hierarquia "País"/"@Zona"/"@PSE".

Gráfico de bolhas:

São apresentados os motivos não tipificados, com dimensão proporcional ao número de ocorrências. A coluna original utilizada é "Motivo reag/cancel" e são utilizados filtros específicos para este visual:

ReschedulingReason <> "undefined"

Responsabilidade falha <> "ADICIONAR MOTIVO" & Responsabilidade falha <> "sem motivo" (são desconsiderados processos que foram concluídos ou que não foram e a que ainda é necessário atribuir um motivo)

Falhas dos PSE

Fonte de informação:

EP + PAULA Hist

Filtros da página:

@Ano ≥ 2015 (Para despistar erros de introdução dos dados são aceites só dados posteriores a 2015)

@Data futura = não (registos mal introduzidos, com datas futuras, são desconsiderados)

@PSE <> (PSE fictícios de teste) (desconsidera-se PSE de processos de teste e em vazio)

Tipode intervencao = “Instalação” (A única intervenção disponível é “Instalação”)

Tipode Processo = “Solar autoconsumo” (O único produto disponível é “Solar autoconsumo”)

Gráficos:

Gráfico circular (% de falhas do PSE):

É utilizado o valor de “@Falhas PSE” num total de “@AgendEXTRA”: respetivamente, o número de agendamentos falhados por culpa do PSE e o número de agendamentos total, isto é, sem desconsiderar nenhum motivo. As fórmulas para a criação destas colunas são:

```
@Falha PSE = if('EP + PAULA Hist'[Responsabilidade falha]="PSE";1;0)


@AgendEXTRA = if(OR('EP + PAULA Hist'[Efetuado dia agend ou anterior?]="Não";'EP + PAULA Hist'[Desconsiderar TOTAL?]="Não");1;

    if(AND('EP + PAULA Hist'[Desconsiderar TOTAL?]="Sim";OR(OR(OR('EP + PAULA Hist'[Responsabilidade falha]="Meteorologia";'EP + PAULA Hist'[Responsabilidade falha]="PSE");OR('EP + PAULA Hist'[Responsabilidade falha]="Cliente";'EP + PAULA Hist'[Responsabilidade falha]="Questões Técnicas"));'EP + PAULA Hist'[Responsabilidade falha]="EDP Distribuição"));1;0))
```

Gráfico de linhas e de colunas agrupadas (evolução temporal):

Desta feita, é apresentado nas barras o número de agendamentos falhados por culpa dos PSE ao longo de cada semana/mês (“@FalhasPSE”) e das percentagens simples e acumulada (por semana e por mês) destas falhas sobre o número total de agendamentos marcados. O cálculo destas taxas é demonstrado de seguida:

```
%3SemanaFalhaPSE = divide([&3SemanaFalhaPSE];[&3SemanaAgendEXTRA])

&3SemanaAgendEXTRA = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@AgendEXTRA]);filter(all('EP +
PAULA Hist'[@Semana]);'EP + PAULA Hist'[@Semana]<=MAX('EP + PAULA Hist'[@Semana])))

&3SemanaFalhaPSE = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Falha PSE]);filter(all('EP + PAULA
Hist'[@Semana]);'EP + PAULA Hist'[@Semana]<=MAX('EP + PAULA Hist'[@Semana])))
```

```
%4MêsFalhaPSE = divide([&4MêsFalhaPSE];[&4MêsAgendEXTRA])

&4MêsAgendEXTRA = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@AgendEXTRA]);filter(all('EP +
PAULA Hist'[@Mês]);'EP + PAULA Hist'[@Mês]<=MAX('EP + PAULA Hist'[@Mês])))

&4MêsFalhaPSE = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Falha PSE]);filter(all('EP + PAULA
Hist'[@Mês]);'EP + PAULA Hist'[@Mês]<=MAX('EP + PAULA Hist'[@Mês])))
```

```
%5TotalFalhaPSE = divide(calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Falha PSE]));calculate(sum('EP
+ PAULA Hist'[@AgendEXTRA])))

&5TotalAgendEXTRA = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@AgendEXTRA]))

&5TotalFalhaPSE = calculate(sum('EP + PAULA Hist'[@Falha PSE]))
```

O eixo x é composto pela hierarquia “@Ano”/”@Mês”/”@Semana”.

Gráfico de linhas e de colunas agrupadas (comparação):

Este gráfico contempla também o número total de falhas do PSE (“@FalhasPSE”) mas de forma comparativa entre áreas, PSE e equipas (“@Zona”/”@PSE”/”Equipa”), para além da taxa de falhas do PSE (“&5TotalFalhaPSE”).

Carga Agendada

Fonte de informação:

Carga

Filtros da página:

Dia semana <> 7 || Dia semana <> 1 (Os sábados e domingos são desconsiderados)

Tipode intervencao = “Instalação” (A única intervenção disponível é “Instalação”)

Tipode Processo = “Solar autoconsumo” (O único produto disponível é “Solar autoconsumo”)

Gráficos:

Gráfico de colunas (slots disponíveis):

Disposição ao longo dos próximos 30 dias do número de slots livres para agendamento. A fórmula que permite contabilizar o número de agendamentos é a seguinte:

```
@SlotsDisp = if(Carga[Nova obras]="não considerável";"1000";Carga[Nova obras])
```

O eixo x é composto por “@Date”, que difere de “Dia” apenas na forma como é exposta a informação (apenas dia e mês), sendo idêntica em termos de informação. É aplicado o filtro @Data Considerável = “sim”, que faz com que apenas sejam mostrados os 30 dias seguintes.

```
@DataConsiderável = if(AND(Carga[Dia]>today();Carga[Dia]<today()+30);"sim";"não")
```

Gráfico de colunas (% de tempo disponível):

É calculada a percentagem do tempo que os PSE e respetivas equipas têm disponível para agendamentos, que consiste simplesmente na divisão das horas livres pelas horais totais acordadas com cada equipa. Devido a um problema do próprio Power BI em relação à leitura de casos em que há apenas meia hora livre (0,5 horas), que eram assumidas como sendo de 50 horas, foi necessário recorrer a cálculos auxiliares (“@MeiaHoraLivre”):

```
%Disponibilidade =
divide(calculate(sum(Carga[@HorasLivres]));calculate(sum(Carga[@HorasTotais])))

@HorasLivres =
if(Carga[&HorasLivres]>10;Carga[&HorasLivres]/10;if(Carga[@MeiaHoraLivre]="sim";0,5;Ca
rga[&HorasLivres]))

@MeiaHoraLivre = if(Carga[Horas livres]="0,5";"sim";"")

@HorasTotais = if(Carga[&HorasTotais]>10;Carga[&HorasTotais]/10;Carga[&HorasTotais])
```

O eixo é idêntico ao verificado no caso anterior, assim como o filtro “@Data considerável”.

Mostradores:

São apresentados 4 mostradores: Processos por Agendar (casos que ainda não têm associados datas para execução mas que o aguardam), Slots livres nos próximos 30 dias (conjuntos de 3,5 horas por dia por equipa disponíveis para agendamento), % de tempo livre e número de equipas disponíveis (equipas que estão ativas e prontas a instalar):

Processos por Agendar

```
&PorAgendar = if([#AvgZonaCarga]=1;calculate(sum('EP Completo'[@Por
Agendar]);filter(ALLSELECTED('EP Completo');'EP Completo'[@Zona]="Zona 1"));

        if([#AvgZonaCarga]=2;calculate(sum('EP Completo'[@Por
Agendar]);filter(ALLSELECTED('EP Completo');'EP Completo'[@Zona]="Zona 2"));

                if([#AvgZonaCarga]=3;calculate(sum('EP Completo'[@Por
Agendar]);filter(ALLSELECTED('EP Completo');'EP Completo'[@Zona]="Zona 3"));

                        if([#AvgZonaCarga]=4;calculate(sum('EP Completo'[@Por
Agendar]);filter(ALLSELECTED('EP Completo');'EP Completo'[@Zona]="Zona 4"));

                                if([#AvgZonaCarga]=5;calculate(sum('EP Completo'[@Por
Agendar]);filter(ALLSELECTED('EP Completo');'EP Completo'[@Zona]="Zona 5"));

                                        calculate(sum('EP Completo'[@Por Agendar])))))))


@Por Agendar = if('EP Completo'[Estado final]="Por agendar";1;0)


#AvgZonaCarga = average(Carga[#Zona])


#Zona = if(Carga[@Zona]="Zona 1";1;if(Carga[@Zona]="Zona 2";2;if(Carga[@Zona]="Zona
3";3;if(Carga[@Zona]="Zona 4";4;if(Carga[@Zona]="Zona 5";5;0)))))
```

Tal como aconteceu em *dashboards* anteriores, é necessário recorrer ao método da média da zona. O cálculo dos Processos por Agendar é filtrável a partir das zonas, sendo atribuído um algarismo a cada zona e, posteriormente, feito o cálculo dos processos a partir da média de algarismos filtrados. Para que tal suceda em “&PorAgendar” é necessário contabilizar os processos nesse estado em “@Por Agendar” e o valor a mostrar é obtido de acordo com a *measure* “#AvgZonaCarga”. É mais uma vez utilizado o filtro de “@Data considerável”.

Slots livres nos próximos 30 dias

Utiliza-se simplesmente a coluna previamente criada “@SlotsDisponíveis” com o filtro de “@Data considerável” positivo.

% de Tempo Livre

Idêntico ao caso anterior, sendo utilizado “%Disponibilidade”.

 # Equipas Disponíveis

O número de equipas disponível nos 30 dias seguintes é dado pela contabilização de todas as equipas dos prestadores que têm uma carga superior a 0 (equipas ativas). É depois feita uma contagem distinta para que seja dado apenas o número de equipas sem repetições.

```
@Equipa Livre? = if(Carga[Carga (h)]<>"0";Carga[Equipa];"")

#EquipasLivres = DISTINCTCOUNT(Carga[@Equipa Livre?])-1
```

Volta a utilizar-se o filtro da “@Data considerável”.

Surveys

Fonte de informação:

EP Completo

Filtros da página:

@Ano > 2014 (para que não sejam mostrados processos com erro de introdução em sistema)

@Data futura? = não (desconsiderados casos em que a data de execução seja futura)

Tipode intervencao = “Instalação” (A única intervenção disponível é “Instalação”)

Tipode Processo = “Solar autoconsumo” (O único produto disponível é “Solar autoconsumo”)

Gráficos:

Gráfico circular (Preenchimento):

O preenchimento dos Surveys identifica o número de inquéritos que foram preenchidos sobre o número total de casos em que seria expectável ter sido atribuída uma classificação (todas as instalações). Este gráfico é feito simplesmente a partir das colunas “@Surveys” e “@Instalações” (esta última já demonstrada anteriormente):

```
@Surveys = if('EP Completo'[Avaliação]<>"sem survey";1;0)

@Instalações = if('EP Completo'[Estado final]="Instalado";1;0)
```

Gráfico circular (Notas <7):

São contrapostos os números de surveys com nota inferior a 7 (considerada abaixo do razoável) com o número total de surveys, com o filtro de nível visual:

Avaliação <> “nota desconsiderada” || Avaliação <> “sem survey” || Avaliação <> “N.a. – Cliente não quer ou não se sente capaz de avaliar intervenção”

```
@Surveys < 7 = if(AND('EP Completo'[@Avaliação]>0;'EP Completo'[@Avaliação]<7);1;0)
```

Gráfico circular (Notas <5):

Idêntico ao anterior, mas considerando notas inferiores a 5.

```
@Surveys < 5 = if(AND('EP Completo'[@Avaliação]>0;'EP Completo'[@Avaliação]<5);1;0)
```

Gráfico de linhas e colunas empilhadas (evolução temporal):

Neste gráfico é contabilizado o número de surveys preenchidos, nas barras, através da coluna já vista "@Surveys", bem como a nota média a cada semana/mês e a nota média acumulada. A nota média simples é feita automaticamente com a coluna "@Avaliação", que é filtrada dos casos em que o survey não é preenchido, a nota é desconsiderada ou o cliente não responde (casos assinalados a 1000 em "@Avaliação"):

```
@Avaliação = if(OR(OR('EP Completo'[Avaliação]="n.a.";'EP Completo'[Avaliação]="N.a. -
Cliente não quer ou não sente capaz de avaliar intervenção");OR('EP
Completo'[Avaliação]="nota desconsiderada";'EP Completo'[Avaliação]="sem
survey"));"1000";'EP Completo'[Avaliação])
```

O cálculo da nota média acumulada é feita da seguinte forma:

```
«Nota/Surveys = divide([«NotaAcumulada];[«SurveysAcumulados])

«NotaAcumulada = calculate(sum('EP Completo'[@Avaliação]);filter(ALLSELECTED('EP
Completo');'EP Completo'[@Data]<=max('EP Completo'[@Data])&&'EP
Completo'[@Avaliação]<11))

«SurveysAcumulados = calculate(sum('EP
Completo'[@SurveysNota]);filter(ALLSELECTED('EP Completo');'EP
Completo'[@Data]<=max('EP Completo'[@Data])&&'EP Completo'[@Avaliação]<11))
```

Gráfico de colunas agrupadas (nota média):

Identificação da média de avaliação atribuída a cada zona/PSE/Equipa. É usada a coluna "@Avaliação" e o mesmo filtro já mencionado.

Mostradores:

São indicados em mostradores dedicados a avaliação média (mesmo fundamento dos pontos anteriores, média de "@Avaliação" com o filtro previamente indicado) e o número de surveys não contados (desta feita é utilizada a coluna original "Avaliação" e o filtro considera apenas os casos em que a nota é desconsiderada ou o cliente se recusa a avaliar o serviço.

QAQC

Fonte de informação:

QAQC

Filtros da página:

Lead repetida? = “Não” (se a mesma lead surgir mais de uma vez, só aparece a primeira)

@Data futura? = não (desconsiderados casos em que a data de execução seja futura)

Tipode intervencao = “Instalação” (A única intervenção disponível é “Instalação”)

Tipode Processo = “Solar autoconsumo” (O único produto disponível é “Solar autoconsumo”)

Gráficos:

Gráfico circular (inspeções e não-conformidades):

O primeiro gráfico refere-se à comparação entre o número total de inspeções realizadas (“@AuxInsp”) e o número de inspeções nas quais foi detetada a ocorrência de pelo menos uma não-conformidade (“@AuxNC”).

```
@AuxInsp = if(QAQC[Realizou-se Insp.?]="Sim";1;0)

@AuxNC = if(QAQC[NC Grave?]="Sim";1;0)
```

Gráfico circular (não-conformidades corrigidas):

Neste são identificados os casos de inspeções com NC detetadas que já foram corrigidas (“@AuxCorr”) no universo de todas as intervenções em que se verificou pelo menos uma ocorrência (“@AuxNC”).

```
@AuxCorr = if(AND(QAQC[NC Grave?]="Sim";OR(QAQC[Estado
Correcção]="Corrigido";QAQC[Corrigido na obra?]="Sim"));1;0)
```

Gráfico de linhas e de colunas agrupadas (comparação):

Gráfico com o número de inspeções realizadas em cada zona, por PSE ou por equipa e número destas em que se registaram não-conformidades e a percentagem de ocorrência relativa:

```
&calcNC/insp = divide([&CalcNC];[&CalcInsp])

&CalcNC = calculate(SUM(QAQC[@AuxNC]))

&CalcInsp = calculate(SUM(QAQC[@AuxInsp]))
```

Gráfico de linhas e colunas agrupadas (evolução temporal):

Enquanto que no gráfico anterior o eixo era composto pela hierarquia "País"/"@Zona"/"PSE"/"Equipa", neste caso o eixo acompanha a evolução temporal do número de inspeções realizadas, inspeções com NC e a taxa de ocorrência simples e acumulada (por mês e por semana). Estas última é calculada da seguinte forma:

```
&MêsPercentagem = divide([&MêsNC];[&MêsInsp])

&MêsNC =
calculate(sum(QAQC[@AuxNC]);filter(all(QAQC[@Mês]);QAQC[@Mês]<=max(QAQC[@Mês])))

&MêsInsp =
calculate(sum(QAQC[@AuxInsp]);filter(all(QAQC[@Mês]);QAQC[@Mês]<=max(QAQC[@Mês])
))


&SemanaPercentagem = divide([&SemanaNC];[&SemanaInsp])

&SemanaNC =
calculate(sum(QAQC[@AuxNC]);filter(all(QAQC[@Semana]);QAQC[@Semana]<=max(QAQC[
@Semana])))

&SemanaInsp =
calculate(sum(QAQC[@AuxInsp]);filter(all(QAQC[@Semana]);QAQC[@Semana]<=max(QAQC
[@Semana])))
```

Referências

[1] Rede de Distribuição de Energia Eléctrica. Disponível em http://www.edp.pt/pt/fornecedores/seguranca/redededistribuicao/Pages/RededeDistribui%C3%A7%C3%A3o.aspx. Acesso em 21/fevereiro/2017.

[2] EDP Distribuição, "Evolução QS da rede de distribuição MT em Portugal continental e próximos desafios", *Ciclo Sessões Técnicas da Ordem dos Engenheiros* (2012)

[3] Carlos Moreira, "Distributed Generation: The Change of Paradigm", *Produção Dispersa* (2016)

[4] Energias Renováveis. Disponível em http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/o-que-sao. Acesso em 22/fevereiro/2017.

[5] Cláudio Monteiro, "Energia Solar Fotovoltaica: Tecnologias Fotovoltaicas", *Energia Eólica e Solar* (2016)

[6] How do Photovoltaics Work?. Disponível em https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2002/solarcells. Acesso em 22/fevereiro/2017.

[7] Bosch Solar Energy, "Self-consumption of Solar Energy" (2012)

[8] Cláudio Monteiro, "Energia Solar Fotovoltaica: Autoconsumo Fotovoltaico", Eng. Cláudio Monteiro, *Energia Eólica e Solar* (2016)

[9] Decreto-Lei nº153/2014, Diário da República

[10] ERSE, "Tarifas Transitórias de Venda a Clientes Finais em Portugal Continental em 2014" (2014)

[11] OMIE, "Relatório de Resultados do Mercado Ibérico" (2014)

[12] CalBatt, "Storage Efficiency: the Dividing Line Between Consumption and Self-Consumption", *How to maximize the efficiency and profitability of your energy storage system* (2016)

[13] Casa Inteligente EDP. Disponível em https://energia.edp.pt/particulares/casa-inteligente. Acesso em 24/fevereiro/2017.

[14] EPIA, "Self Consumption of PV Electricity", *Self Consumption* (2013)

[15] E. Franco, N. Monteiro, L. Machado, "Autoconsumo Fotovoltaico - exemplo de dimensionamento e estudo económico", *Renováveis Magazine*, 2015

[16] Ueckerdt, Falko, et al. "System LCOE: What are the costs of variable renewables?." *Energy 63*, p. 61-75, 2013

[17] DOE Office of Indian Energy, "Levelized Cost of Energy (LCOE)", *Office of Indian Energy* (2015)

[18] Project Decision Metrics: Levelized Cost of Energy (LCOE). Disponível em https://www.e-education.psu.edu/eme801/node/560. Acesso em 24/fevereiro/2017.

[19] ERSE, "Preços das Tarifas de Venda a Clientes Finais dos Comercializadores de Último Recurso em Portugal Continental" (2016)

[20] Mercado Ibérico de Eletricidade. Disponível em http://www.erse.pt/pt/mibel/relatoriosmensais/2015/Paginas/2015.aspx. Acesso em 26/fevereiro/2017.

[21] MIBEL/CMVM/CNMC/CNMV/ERSE, "Informação Mensal do MIBEL: Julho de 2015" (2015)

[22] Cláudio Monteiro, "Energia Solar Fotovoltaica: Irradiação Solar", *Energia Eólica e Solar* (2016)

[23] A. Souza, J. Escobedo, "Estimativas das radiações direta e difusa em superfícies inclinadas com base na razão de insolação", Ciência Agrária, Recife, v.8 , nº3, p. 492-502, 2013

[24] What is Global Horizontal Irradiance?. Disponível em http://www.3tier.com/en/support/solar-prospecting-tools/what-global-horizontal-irradiance-solar-prospecting. Acesso em 27/fevereiro/2017.

[25] Mapas de Radiância Solar. Disponível em https://www.electronica-pt.com/mapas-radiacao-solar. Acesso em 28/fevereiro/2017

[26] Maximum Power Point. Disponível em https://i1.wp.com/solarlove.org/wp-content/uploads/2013/08/solarcells2.png?resize=450%2C278. Acesso em 27/fevereiro/2017

[27] R. Michels, J. Santos, E. Gnoatto, E. Kawanagh, M. Fischborn, M. Halmeman, "Influência da temperatura sobre a potência de saída de um painel de silício policristalino na Região Oeste Parananense", *Cong. Int. sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural*, Fortaleza, v. 7, nº 34, 2008

[28] Cláudio Monteiro, "Energia Solar Fotovoltaica: A Célula FV", *Energia Eólica e Solar* (2016)

[29] How to calculate the annual solar energy output of a photovoltaic system?. Disponível em http://photovoltaic-software.com/PV-solar-energy-calculation.php. Acesso em 28/fevereiro/2017.

[30] How Temperature Affects Solar Panel Performance. Disponível em https://www.revolvesolar.com/how-temperature-affects-solar-panel-performance/. Acesso em 28/fevereiro/2017

[31] M. Maia, P. Russo-Almeida e J. Pereira, "Caracterização do Espectro Polínico dos Méis de Alentejo, Portugal", *Silva Lusitana*, 13(1), p. 95-103, 2005

[32] Jorge Marques, Sílvia Antunes. "A perigosidade natural da temperatura do ar em Portugal continental: a avaliação do risco na mortalidade." *Territorium 16*, p. 49-61, 2009

[33] Mapa Interativo da Península Ibérica. Disponível em http://www.montesdetoledo.org/mapa-interactivo/. Acesso em 12/março/2017

[34] Tilt Frame PV Mounting System. Disponível em http://www.choosesolar.com.au/shop/mounting/customized-tilt-frames/tilt-frame-pv-mounting-system. Acesso em 26/março/2017.

[35] Estrutura de Suporte para Fixação de Painel Solar Fotovoltaico. Disponível em http://www.portalsolar.com.br/guia-rapido-estrutura-de-suporte-para-fixacao-de-painel-solar-fotovoltaico.html. Acesso em 26/março/2017.

[36] Which direction should solar panels face?. Disponível em https://solarpowerrocks.com/solar-basics/which-direction-should-solar-panels-face. Acesso em 25/março/2017.

[37] J. Rhodes, C. Upshaw, W. Cole, C. Holcomb, M. Webber, "A multi-objective assessment of the effect of solar PV array orientation and tilt on energy production and system economics", *Solar Energy*, 108, p. 28-40, 2014

[38] E se o painel solar da sua casa estiver mal direcionado?. Disponível em http://expresso.sapo.pt/sociedade/e-se-o-painel-solar-da-sua-casa-estiver-mal-direcionado=f883842. Acesso em 25/março/2017.

[39] Solar Installer Insight: What Is the Best PV Panel for Your Roof?. Disponível em https://www.greentechmedia.com/articles/read/Solar-Installer-Insight-What-is-the-Best-PV-Panel-for-Your-Roof. Acesso em 8/abril/2017.

[40] Glunz, Stefan W. "Crystalline silicon solar cells with high efficiency." Advanced Concepts in Photovoltaics. Royal Soc. Chem., p. 1-29, 2014

[41] Understand the Advantages, Disadvantages of Different Solar Cells and Who the Market Leaders Are. Disponível em http://www.solar-facts-and-advice.com/solar-cells.html. Acesso em 15/abril/2017.

[42] J. Zhao, A. Wang, M. A. Green, "High-efficiency PERL and PERT silicon solar cells no FZ and MCZ substrates", *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 65(1), p. 429-435, 2001

[43] Monocrystalline Silicon PV Cells. Disponível em http://www.globalsources.com/gsol/I/Solar-cell/p/sm/1148404888.htm#1148404888. Acesso em 15/abril/2017

[44] Commercial Solar Cells. Disponível em http://www.siliconsolar.com/commercial-solar-cells.html. Acesso em 15/abril/2017.

[45] Goetzberger, Adolf, Joachim Knobloch, and Bernhard Voss. Crystalline silicon solar cells. Chichester: Wiley, 1998.

[46] How Products are Made. Disponível em http://www.madehow.com/Volume-6/Silicon.html. Acesso em 15/abril/2017.

[47] From sandy beach to Kaby Lake: How sand becomes silicon. Disponível em http://www.techradar.com/news/computing-components/processors/how-sand-is-transformed-into-silicon-chips-599785. Acesso em 15/abril/2017.

[48] M. Santoro, F. A. Gorelli, "High Pressure Solid State Chemistry of Carbon Dioxide", *Chemical Society Reviews*, 35(10), p. 918-931, 2006

[49] Materials and Processes for Silicon Technology. Disponível em https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/elmat_en/kap_6/backbone/r6_1_1.html. Acesso em 15/abril/2017.

[50] How Are Solar Panels Made?. Disponível em http://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/12/how-are-solar-panels-made. Acesso em 15/abril/2017.

[51] Czochralski Crystal Growth Process. Disponível em http://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/elmat_en/kap_6/illustr/i6_1_1.html. Acesso em 15/abril/2017.

[52] Arno Smets, "Si Solar Cells: Manufacturing of Crystalline Silicon", *Appl. Phys.* (2013)

[53] ALGOR FEA helps Engineers Energize Solar Cells. Disponível em http://www.algor.com/news_pub/cust_app/SPI_minicaster/default.asp. Acesso em 16/abril/2017.

[54] Polycrystalline Silicon Ingot. Disponível em http://evaluatesolar.com/2012/01/26/how-to-evaluate-a-solar-power-proposal/polycrystalilne-silicon-ingot. Acesso em 16/abril/2017.

[55] Joaquim Carneiro, "Módulos Fotovoltaicos: Características e Associações", *Electromagnetismo*, 2010

[56] Materiais e Tecnologias para Energia Fotovoltaica de Silício de Película Fina. Disponível em http://www.linde-gas.pt/pt/industries/electronics/photovoltaics/materials_technologies_for

_thin_film_silicon_photovoltaics/index.html. Acesso em 23/abril/2017.

[57] F. H. Alharbi, S. Kais, "Theoretical limits of photovoltaics efficiency and possible improvements by intuitive approaches learned from photosynthesis and quantum coherence", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, p. 1073-1089, 2015

[58] A. Shah, P. Torres, R. Tscharner, N. Wyrsch, H. Keppner, "Photovoltaic Technology: The Case for Thin-Film Solar Cells", *Science*, 285.5428, p. 692-698, 1999

[59] What Is Thin Film Deposition?. Disponível em http://www.semicore.com/news/81-what-is-thin-film-deposition. Acesso em 23/abril/2017.

[60] Solar Energy Products. Disponível em http://ample-sun.company.weiku.com/item/100W-thin-film-amorphous-silicon-solar-cell-20691936.html. Acesso em 23/abril/2017.

[61] Dr. Stefan Paetel, "Roadmap CIGS towards 25% Efficiency", *7th International Workshop on CIGS Solar Cell Technology* (2016)

[62] http://www.tsmc-solar.com/technology/cigs-technology [25/04/2017]

[63] R. Prasad, S. R. Shenoy, "Staebler-Wronski effect in hydrogenated amorphous silicon", *Physic Letters A*, 218.1-2, p. 85-90, 1996

[64] Strategic Metal Report. Disponível em http://strategic-metal.typepad.com/strategic-metal-report/2011/05/indium-germanium-forum-2011.html. Acesso em 25/abril/2017.

[65] Honda Soltec develops one of world's most efficient CIGS-based thin-film solar cells. Disponível em http://www.greenlaunches.com/gadgets-and-tech/honda-soltec-develops-one-of-worlds-most-efficient-cigsbased-thinfilm-solar-cells.php. Acesso em 25/abril/2017.

[66] Cadmium Telluride Solar Cells. Disponível em https://www.nrel.gov/pv/cadmium-telluride-solar-cells.html. Acesso em 25/abril/2017.

[67] First Solar Sets Thin-Film Module Efficiency World Record of 17.0 Percent. Disponível em http://investor.firstsolar.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=833971. Acesso em 25/abril/2017.

[68] First Solar Sets Thin Film CdTe Solar Cell Efficiency World Record. Disponível em https://cleantechnica.com/2011/07/27/first-solar-sets-thin-film-cd-te-solar-cell-efficiency-world-record. Acesso em 25/abril/2017.

[69] Lawrence Sverdrup Jr, Norman Dessel, Adrian Pelkus, "Thin Filme Flexible Solar Cell", US Patent Nº 6.548.751, 2003

[70] K Chopra, P. Paulson, V. Dutta, "Thin-Film Solar Cells: An Overview", *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 12.2-3, p. 69-92, 2004

[71] The advantages of flexible thin-film solar modules. Disponível em http://www.solarpowerworldonline.com/2016/05/advantages-flexible-cigs-thin-film-solar-modules. Acesso em 30/abril/2017.

[72] Flexible Solar Cell. Disponível em http://miasole.com/products. Acesso em 30/abril/2017.

[73] CIGS solar panels covered the exterior walls of Germany's winning entry in the 2009 Solar Decathlon. Disponível em http://www.pbs.org/wgbh/nova/next/tech/photovoltaic-materials/. Acesso em 30/abril/2017

[74] Müller-Steinhagen, Hans, and Franz Trieb. "Concentrating solar power." A review of the technology. Ingenia Inform QR Acad Eng 18 (2004)

[75] Giant tulip-shaped solar plant to bring reliable energy to Ethiopia. Disponível em http://inhabitat.com/this-tulip-shaped-solar-plant-is-bringing-reliable-energy-to-ethiopia. Acesso em 30/abril/2017.

[76] HCPV Solar Parabolic Solar Concentrator. Disponível em http://www.solartronenergy.com/hcpv-solar. Acesso em 30/abril/2017.

[77] Concentrated Solar Power. Disponível em http://mdvseia.org/concentrated-solar-power. Acesso em 30/abril/2017.

[78] Concentrated Solar Power Saves the World. Disponível em http://aspecks.com/blog/eclectics/concentrated-solar-power-saves-the-world. Acesso em 30/abril/2017.

[79] Fresnel Lens at the ETSII. Disponível em https://www.researchgate.net/figure/221907398_fig5_Fig-7-Fresnel-lens-at-the-ETSII-Ciudad-Real-Spain-The-density-of-the-solar. Acesso em 30/abril/2017

[80] Katie Shanks, Sundaram Senthilarasu, Tapas K. Mallick. "Optics for concentrating photovoltaics: Trends, limits and opportunities for materials and design." *Renewable and Sustainable Energy Reviews 60*, p. 394-407, 2016

[81] F. Bizzarri, A. Brambilla, G. Gruosso, G. S. Gajani, "Micro-Inverter for Solar Power Generation", *SPEEDAM 2012 Internation Symposium, IEEE*, 2012

[82] D. P. Hohm, M. E. Ropp, "Comparative Study of Maximum Power Point Tracking Algorithms", *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 11.1, p. 47.62, 2003

[83] Buy your Solar Battery Charger Equipment. Disponível em http://www.solarjourneyusa.com/learn-buy-equipment.php. Acesso em 1/maio/2017.

[84] M. Andersen, B. Alvsten, "Low Cost Module Integrated Utility Interface for Modular Photovoltaic Energy Systems", *Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, IEEE*, v.1, 1995

[85] Penella, Maria Teresa, and Manel Gasulla. "A simple and efficient MPPT method for low-power PV cells." *International Journal of Photoenergy*, 2014

[86] De Brito, Moacyr AG, et al. "Avaliação das principais técnicas para obtenção de MPPT de painéis fotovoltaicos." *Industry Applications (INDUSCON), 2010 9th IEEE/IAS International Conference on. IEEE*, 2010

[87] Eric Coates, "Circuits and Resistors", *Learn About Electronics* (2017)

[88] Cláudio Monteiro, FEUP "Energia Solar Fotovoltaica: Características e Componentes de Sistemas FV", *Energia Eólica e Solar* (2016)

[89] Saha, K. (2014). Planning and installing photovoltaic system: a guide for installers, architects and engineers.

[90] Micro Inverters vs String Inverters. Disponível em http://completesolar.com/micro-inverters-vs-string-inverters. Acesso em 21/maio/2017.

[91] AC Modules vs DC Modules. Disponível em http://www.solarpanelsplus.com/dc-panels-ac-panels. Acesso em 21/maio/2017.

[92] Sher, Hadeed Ahmed, Khaled E. Addoweesh. "Micro-inverters—Promising solutions in solar photovoltaics." *Energy for sustainable development*, 16.4 (2012): 389-400

[93] Çelebi, Abdulvahid,, Metin Çolak. "The Effects of Harmonics Produced by Grid Connected Photovoltaic Systems on Electrical Networks.", *Universities Power Engineering Conference (UPEC),* Proceedings of. 2011

[94] José Neves dos Santos, "Tabelas, Regras e Dados Diversos para o Dimensionamento de Canalizações Eléctricas", *Instalações Elétricas* (2009)

[95] DGS, "Energia Fotovoltaica: Manual Sobre Tecnologias, Projecto e Instalação", *GreenPro* (2004)

[96] Bi-directional meter used on buildings with solar photovoltaic systems. Disponível em http://www.crotonenergy.com/business-owners/. Acesso em 3/junho/2017

[97] Wohlmuth, Theresa, Franz Jetzinger, Johannes Schmid. "Optimizing self-consumption of grid-connected PV/storage systems." *World Sustainable Energy Days Next 2014*, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2015. 71-78

[98] R. Fares, "Renewable Energy Intermittency Explained: Challenges, Solutions, and Opportunities", *US Department of Energy*, 2015

[99] How Much Do Solar Batteries Cost?. Disponível em https://solaray.com.au/how-much-do-solar-batteries-cost. Acesso em 4/junho/2017.

[100] Opção Horária. Disponível em https://energia.edp.pt/particulares/apoio-cliente/opcao-horaria/. Acesso em 4/junho/2017

[101] BRE NSC, "Batteries and Solar Power: Guidance for domestic and small commercial consumers", *Renewable Energy Consumer Code* (2016)

[102] Chen, Haisheng, et al. "Progress in electrical energy storage system: A critical review." *Progress in Natural Science,* 19.3 (2009): 291-312

[103] The Great Lead Acid Battery Swindle. Disponível em http://www.climtechsolutions.com/great-lead-acid-battery-swindle. Acesso em 7/junho/2017.

[104] Miyasaka, Tsutomu. "Lithium ion secondary battery." U.S. Patent No. 5,871,863. 16 Feb. 1999

[105] Erbil, Ahmet. "Method of producing lithium base cathodes." U.S. Patent No. 6,582,481. 24 Jun. 2003

[106] Sasaki, Tsuyoshi, Yoshio Ukyo, and Petr Novák. "Memory effect in a lithium-ion battery." *Nature materials* 12.6 (2013): 569

[107] Lithium-Ionen Accumulator. Disponível em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lithium-Ionen-Accumulator.jpg. Acesso em 8/junho/2017

[108] The Covalent Bond. Disponível em http://chemed.chem.purdue.edu/genchem/topicreview/bp/ch8. Acesso em 18/junho/2017.

[109] Laura Martins, "Passagem da Corrente Eléctrica Através da Matéria", *LEEC* (2004)

[110] Jorge Pereira, "Fundamentos de Electrónica: Díodo de Junção P-N", *Fundamentos de Electrónica* (2010)

[111] Jauch, Josef M., and Fritz Rohrlich. The Theory of Photons and Electrons: The relativistic quantum field theory of charged particles with spin one-half. Springer Science & Business Media, 2012.

[112] Mariem El Majdoubi, "The Photovoltaic Effect", *Breakthrough Junior Challenge 2016* (2016)

[113] Hersch, Paul, and Kenneth Zweibel. Basic photovoltaic principles and methods. No. SERI/SP-290-1448. Solar Energy Research Inst., Golden, CO (USA), 1982.

[114] Eliane Fadigas, "Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade Técnico-Económica", *Produção de Energia* (2015)

[115] Decreto-Lei nº153/2014, de 20 de Outubro, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia

[116] Dual-axis solar tracker for PV installations. Disponível em http://www.archiexpo.com/prod/capa/product-103940-1536683.html. Acesso em 26/junho/2017.

[117] Autoconsumo de energia possível em Portugal. Disponível em http://noctula.pt/autoconsumo-energia-eletricidade. Acesso em 26/junho/2017.

[118] Tableau Desktop. Disponível em https://www.tableau.com/pt-br/products/desktop#video. Acesso em 10/julho/2017.

[119] What are the weakness/disadvantages of using Tableau Desktop Software?. Disponível em http://www.interviewquestionspdf.com/2015/03/what-are-weaknessdisadvantages-of-using.html. Acesso em 10/julho/2017.

[120] Why Tableau is the best visualization tool in the market. Disponível em https://jethinabraham.com/2016/11/03/why-tableau-is-the-best-visualization-tool-in-the-market. Acesso em 10/julho/2017.

[121] Qlik. Disponível em http://www.qlik.com/us. Acesso em 14/julho/2017.

[122] Why Choose QlikView?. Disponível em http://www.pure-solutions.be/en/qlikview/why-choose-qlikview. Acesso em 14/julho/2017.

[123] What are the limitations of QlikView?. Disponível em https://www.quora.com/What-are-the-limitations-of-QlikView. Acesso em 14/julho/2017.

[124] QlikView Options. Disponível em http://www.qlik.com/us/try-or-buy. Acesso em 14/julho/2017

[125] Domo. Disponível em https://www.domo.com. Acesso em 14/julho/2017.

[126] Straight Talk: Review of DOMO; The Pros and Cons. Disponível em https://www.yurbi.com/blog/straight-talk-review-of-domo-the-pros-and-cons. Acesso em 14/julho/2017.

[127] Domo Basecamp. Disponível em https://www.domo.com/connectors/basecamp. Acesso em 14/julho/2017

[128] InsightSquared. Disponível em http://www.insightsquared.com. Acesso em 14/julho/2017.

[129] InsightSquared Reviews. Disponível em https://www.g2crowd.com/products/insightsquared/reviews?page=2. Acesso em 14/julho/2017.

[130] InsightSquared Pricing, Features, Reviews & Comparison of Alternative. Disponível em https://www.getapp.com/marketing-software/a/insightsquared. Acesso em 14/julho/2017.