



José Ricardo Menalha Pinto Ribeiro

Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente

O papel das micro-redes na transição para a produção elétrica descentralizada no setor residencial

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas
Ambientais

Orientador: Professora Doutora Maria Júlia Fonseca de
Seixas, Professora Associada com Agregação, Faculdade
de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professor Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo,
Professor Auxiliar com Agregação, Faculdade de Ciências e
Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Arguente: Doutor João Pedro Costa Luz Baptista Gouveia, Investigador
da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Vogal: Professora Doutora Maria Júlia Fonseca de Seixas, Professora
Associada com Agregação, Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Universidade Nova de Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

julho de 2019



José Ricardo Menalha Pinto Ribeiro

Licenciatura em Ciências de Engenharia do Ambiente

O papel das micro-redes na transição para a produção elétrica descentralizada no setor residencial

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas
Ambientais

Orientador: Professora Doutora Maria Júlia Fonseca de
Seixas, Professora Associada com Agregação, Faculdade
de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professor Doutor João Miguel Dias Joanaz de Melo,
Professor Auxiliar com Agregação, Faculdade de Ciências e
Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Arguente: Doutor João Pedro Costa Luz Baptista Gouveia, Investigador
da Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa

Vogal: Professora Doutora Maria Júlia Fonseca de Seixas, Professora
Associada com Agregação, Faculdade de Ciências e Tecnologia –
Universidade Nova de Lisboa



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

julho de 2019

O papel das micro-redes na transição para a produção elétrica descentralizada no setor residencial

Copyright © José Ricardo Menalha Pinto Ribeiro, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa, 2019

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Projeto INSMART, por ter permitido que o tema desta dissertação surgisse no âmbito do seu projeto.

À professora Júlia Seixas, que teve uma excelente capacidade de orientar, ouvindo as minhas ideias e tentando encaminhar a partir destas. Agradeço imenso todo o tempo que me foi despendido da sua parte, tendo sempre um espírito otimista e uma grande vontade de ensinar.

Ao doutor João Gouveia, agradeço o tempo despendido na organização e envio dos vários dados, fundamentais para esta dissertação.

Agradeço à minha mãe, que sempre realizou todos os possíveis para que este percurso académico fosse possível, mesmo em alturas de adversidade, tentando sempre que existissem condições para continuar.

Por fim agradeço aos amigos que levo desta faculdade, pelos vários momentos, dentro e fora da mesma, fizeram com que estes cinco anos parecessem muito mais curtos.

RESUMO

Existe no presente uma evolução constante de meios de produção de eletricidade por via fotovoltaica. No entanto, recorre-se sobretudo ao modelo utilizado para as grandes centrais elétricas de produção centralizada. O modelo de produção centralizada de solar fotovoltaico, é ineficiente quando se tem em consideração as perdas de transporte e a falta de soluções custo-eficientes de armazenamento em grande escala. Neste modelo é ainda desvalorizado, que a produção fotovoltaica pode ser instalada na casa dos consumidores como solução mais economicamente favorável quando comprada com a aquisição de eletricidade à rede.

A presente dissertação aborda o tema das micro-redes como estratégia eficiente de produção e consumo de eletricidade renovável. As micro-redes são redes locais, em que existem mecanismos que facilitam as transações da produção local dos diferentes *prosumers* com os restantes consumidores de forma descentralizada. Este tema enquadra-se na necessidade de alteração de paradigmas de produção elétrica, tendo em consideração as fontes de energia primária correntemente utilizadas e o seu impacto nas alterações climáticas.

No sentido de avaliar o desempenho de micro-redes, foram efetuadas simulações em MATLAB do funcionamento desta configuração no período de vida útil de equipamentos de fotovoltaico. Adicionalmente, foram simuladas quatro configurações de sistemas em autoconsumo, sendo estas, a) configuração de autoconsumo sem armazenamento local e sem fornecimento de excedentes de produção à rede, b) configuração de autoconsumo com armazenamento local e sem fornecimento de excedentes de produção à rede, c) configuração de autoconsumo sem armazenamento local e com venda de excedentes de produção à rede e d) configuração de autoconsumo com armazenamento local e com venda de excedentes de produção à rede. Estas configurações foram efetuadas de forma a obter resultados comparativos com os obtidos em micro-rede. As diferentes configurações foram dimensionadas tendo-se como critério de maximização do retorno de investimento.

A utilização da maximização de retorno económico para o dimensionamento, permite obter resultados sobre a viabilidade económica das soluções exploradas. Os resultados obtidos demonstram que as micro-redes conseguem maximizar a utilização dos recursos energéticos gerados, atingindo uma utilização de 99% da eletricidade total produzida, reduzindo a injeção de excedentes na rede elétrica, e contribuir para a redução de emissões de CO₂ geradas na produção elétrica com a introdução de produção renovável, enquanto mantêm a viabilidade económica.

Palavras-chave: micro-redes, produção descentralizada, democratização energética, energias renováveis, transição energética

ABSTRACT

At the present day, there is a constant evolution of the means of producing electricity through photovoltaic, however, it is mainly used with the model used for centralized power plants. The centralized solar photovoltaic production model is inefficient when considering transport losses and the lack of cost-efficient large-scale storage solutions. In this model, it is still undervalued that photovoltaic solutions can be installed at consumers home as a more economically favorable solution when compared with the acquisition of electricity to the grid.

This dissertation approaches the theme of microgrids as an efficient strategy of production and consumption of renewable electricity. Microgrids are local networks, in which a set of mechanisms exist that facilitate the transactions of the local production from prosumers with other consumers in the network, in a decentralized way. This objective is in line with the need to change the current electricity production paradigm, considering the primary energy sources currently used and their impact on climate change.

In order to evaluate the performance of microgrids, simulations were performed in MATLAB of the operation of this configuration during the useful life of photovoltaic equipment. In addition, four configurations of self-consumption systems were simulated: a) configuration of self-consumption without local storage and without supplying surplus production to the main grid, b) configuration of self-consumption with local storage and without the supply of surplus production to the main grid, c) configuration of self-consumption without local storage and sale of surplus production to the main grid and d) configuration of self-consumption with local storage and sale of surplus production to the main grid. These configurations were performed in order to obtain comparative results with those obtained in the microgrid configuration. The different configurations photovoltaic installed capacity was sized taking the criterion of maximizing the return on investment.

The use of the economic return maximization as a mechanism for production capacity sizing, allows for obtaining results about the economic viability of the explored solutions. The results show that the microgrids are able to maximize the use of the generated energy resources, achieving the use of 99% of the total electricity locally produced, reducing the injection of surpluses in the electricity grid and contributing to reduce CO₂ emissions with local renewable production, while maintaining economic viability.

Keywords: microgrids, decentralized production, energy democratization, renewable energy, energy transition

ÍNDICE

1	Introdução.....	1
1.1	Âmbito e objetivos da dissertação.....	2
1.2	Organização da dissertação.....	3
2	Renováveis para a produção de eletricidade.....	5
2.1	Objetivos e metas na União Europeia.....	5
2.2	Evolução de custos e capacidade instalada de produção renovável.....	5
2.3	Enquadramento legal em Portugal.....	8
3	Micro-redes.....	11
3.1	Gestão da produção descentralizada em micro-redes.....	12
3.1.1	Mercados de energia locais.....	12
3.1.2	Definição e funcionamento de <i>blockchain</i> e <i>smart contracts</i>	14
3.1.3	Integração das micro-redes no sistema elétrico.....	16
3.2	Aspetos ambientais, sociais e económicos de micro-redes.....	17
3.3	Estado de desenvolvimento de micro-redes.....	18
4	Metodologia para a simulação de configurações integradas de produção e consumo local de eletricidade.....	21
4.1	Caso de estudo.....	21
4.1.1	Configuração de rua sintética.....	21
4.1.2	Configurações simuladas.....	21
4.1.3	Consumos de eletricidade.....	22
4.2	Produção fotovoltaica.....	24
4.2.1	Radiação solar incidente e produção fotovoltaica.....	24
4.2.2	Dimensionamento de capacidade de instalação de solar fotovoltaico.....	26
4.3	Armazenamento de eletricidade.....	29
4.4	Venda de eletricidade produzida.....	29
4.5	Emissões de CO ₂	30
4.5.1	Fator de emissão do sistema electroprodutor.....	31
4.5.2	Licenças de emissão.....	31
4.6	Configurações simuladas em MATLAB.....	32

4.7 Cálculos de resultados da simulação	37
4.7.1 Redução de emissões de CO ₂	37
4.7.2 Dependência da rede elétrica no consumo de eletricidade	37
4.7.3 Produção de eletricidade não utilizada localmente	38
4.7.4 Componente financeira	38
4.8 Determinação de capacidade de produção instalada nas configurações	39
5 Resultados e discussão	41
5.1 Instalações de solar fotovoltaico para autoconsumo	41
5.1.1 Simulação sem armazenamento de eletricidade (SA-0)	42
5.1.2 Simulação com armazenamento de eletricidade (SA-1)	44
5.2 Instalações de fotovoltaico para autoconsumo com venda de excedentes ao operador de rede de distribuição	46
5.2.1 Simulação sem armazenamento de eletricidade (SAR-0).....	47
5.2.2 Simulação com armazenamento de eletricidade (SAR-1).....	49
5.3 Micro-rede.....	51
5.4 Perfis de consumo de eletricidade de produção solar fotovoltaica nas diferentes configurações.....	56
5.5 Comparação das configurações simuladas.....	59
6 Conclusão.....	63
6.1 Investigação futura	64
7 Referências	65
8 Anexos.....	73
Anexo I - Fator de emissão anual do sistema eletroprodutor utilizado nas simulações efetuadas.	74
Anexo II - Perfis de consumo médio horário de eletricidade das casas na rua sintética.	75
Anexo III - Potencial de solar fotovoltaico comparativamente ao consumo médio diário das casas em estudo.....	76
Anexo IV - Configuração SA-0: Valor Atual Líquido para os <i>prosumers</i> das simulações de dimensionamento.	77
Anexo V - Configuração SA-1: Valor Atual Líquido para os <i>prosumers</i> das simulações de dimensionamento.	87

Anexo VI - Configuração SAR-0: Valor Atual Líquido para os <i>prosumers</i> das simulações de dimensionamento.	97
Anexo VII - Configuração SAR-1: Valor Atual Líquido para os <i>prosumers</i> das simulações de dimensionamento.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Evolução do custo por potência instalada das diferentes tecnologias de produção de eletricidade de fonte renovável entre os anos 2010 a 2017 (IRENA, 2018b).....	6
Figura 2.2 – Intervalos de custos normalizados de produção de energia por tecnologia no ano 2018. Valores calculados em instalações das diferentes tecnologias na Alemanha (Kost <i>et al.</i> , 2018).	7
Figura 2.3 – Evolução de capacidade instalada cumulativa de solar fotovoltaico a nível global (IRENA, 2019; IRENA, 2018a).....	8
Figura 3.1 - Modelo atual de injeção de produção local na rede de distribuição e modelo de transações <i>peer-to-peer</i> (Adaptado de Zhou <i>et al.</i> , 2017).....	13
Figura 3.2 - Diagrama do funcionamento de um blockchain. (Adaptado de Nakamoto, 2008)....	14
Figura 3.3 - Diagrama ilustrativo de utilização <i>smart contract</i> inserido numa cadeia de <i>blockchain</i> para troca de ativos entre utilizadores (Adaptado de Christidis e Devetsikiotis, 2016).	15
Figura 3.4 - Evolução de perdas de transporte e distribuição em Portugal continental como percentagem da soma da produção líquida e saldo importador (Adaptado de DGEG, 2018b). 17	
Figura 4.1 - <i>Boxplot</i> do consumo total diário das 19 casas da rua sintética ao longo do ano, valores agrupados pelo mês de consumo.	23
Figura 4.2 – Consumos médios diários dos contadores da rua simulada anuais, no primeiro trimestre (período de inverno) e no terceiro trimestre (período de verão).	23
Figura 4.3 - Radiação solar incidente, valores médios diários (e desvio padrão), calculado através das séries de dados diários de radiação dos anos entre 2002 a 2015, da estação meteorológica Barragem do Divor (21J/03C).	25
Figura 4.4 – Diagrama do método utilizado para calcular a capacidade máxima passível de ser instalada de solar fotovoltaico nas residências simuladas.	26
Figura 4.5 - Representação gráfica dos ângulos α e β utilizados no dimensionamento do sistema fotovoltaico das casas na simulação.....	27
Figura 4.6 - Evolução do custo de licenças de emissão (linha a preto) no comércio europeu de licenças de emissão (Adaptado de: Capros <i>et al.</i> , 2016). Ajustado (linha a azul) para refletir o aumento do valor das licenças face ao previsto (Twidale, 2018).	32

Figura 4.7 – Diagrama de funcionamento da simulação para configurações SA-0 e SA-1 em que a produção de eletricidade é para autoconsumo.	34
Figura 4.8 - Diagrama de funcionamento da simulação para configurações SAR-0 e SAR-1 em que a produção de eletricidade é para autoconsumo com injeção de excedentes na rede.....	35
Figura 4.9 - Diagrama de funcionamento da simulação da configuração SMR, em que a produção local de eletricidade é transacionada entre <i>prosumers</i> e consumidores locais, sendo os excedentes injetados na rede local.	36
Figura 5.1 – Valor atual líquido das diferentes combinações de <i>prosumers</i> e consumidores simuladas em configuração de micro-rede no tempo de vida útil do equipamento considerado (20 anos, entre 2020 e 2039).	52
Figura 5.2 – Redução de emissões das diferentes combinações de <i>prosumers</i> e consumidores simuladas em configuração de micro-rede, no tempo de vida útil do equipamento considerado, face às emissões do sistema electroprodutor centralizado (20 anos, entre 2020 e 2039).....	52
Figura 5.3 – Percentagem de produção interna das diferentes combinações de <i>prosumers</i> e consumidores simuladas em configuração de micro-rede que excede os consumos e capacidade de armazenamento da mesma no tempo de vida útil do equipamento considerado (20 anos, entre 2020 e 2039) (% face à produção total de eletricidade no período considerado em cada combinação).	53
Figura 5.4 – Percentagem de eletricidade consumida nas diferentes combinações de <i>prosumers</i> e consumidores simuladas em configuração de micro-rede que é adquirida ao comercializador de eletricidade no tempo de vida útil do equipamento considerado (20 anos, entre 2020 e 2039) (% face ao consumo total de eletricidade no período considerado).	53
Figura 5.5 – Consumo de eletricidade das 19 casas produzida localmente pelos sistemas fotovoltaicos e da rede elétrica, valores médios horários em quilowatt-hora (kWh), durante primeiro trimestre (período de inverno) das diferentes configurações: (a) – SA-0; (b) – SA-1; (c) – SAR-0; (d) – SAR-1; (e) – SMR.	57
Figura 5.6 - Consumo de eletricidade das 19 casas, produzida localmente pelos sistemas fotovoltaicos e da rede elétrica, valores médios horários em quilowatt-hora (kWh), durante o terceiro trimestre (período de verão) das diferentes configurações: (a) – SA-0; (b) – SA-1; (c) – SAR-0; (d) – SAR-1; (e) – SMR.	58
Figura 5.7 – Redução de emissões totais por configuração simulada.	59
Figura 5.8 – Retorno económico das diferentes configurações simuladas.	60

Figura 5.9 – Percentagem do consumo total de eletricidade que é satisfeita através de eletricidade não produzida na rede local.	61
Figura 5.10 – Percentagem de eletricidade produzida que é utilizada para satisfazer as necessidades de consumo das casas simuladas em cada configuração.	61
Figura 8.1 - Evolução do fator de emissão do sistema eletroprodutor (2020 a 2040), considerando o cenário de mitigação de 60% das emissões até 2050 do RNBC (Adapatado de: Seixas <i>et al.</i> , 2012).	74
Figura 8.2 - Perfil de consumo médio horário de eletricidade, no primeiro trimestre do ano (inverno) das 19 casas utilizadas nas simulações.	75
Figura 8.3 - Perfil de consumo médio horário de eletricidade, no terceiro trimestre do ano (verão) das 19 casas utilizadas nas simulações.	75
Figura 8.4 - Potencial de solar fotovoltaico passível de ser instalado e consumo médio diário das casas em estudo.	76

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Evolução da potência instalada de produção descentralizada em Portugal, no período de 2016 a 2019 (DGEG, 2019).....	9
Tabela 3.1 - Características de diferentes tipos de gestão de produção distribuída (descentralizado e centralizado) em micro-redes (Adaptado de Pop <i>et al.</i> , 2018).....	13
Tabela 3.2 - Componentes de uma micro-rede (Adaptado de Costa <i>et al.</i> , 2008).....	16
Tabela 3.3 - Caracterização das designações utilizadas na tabela 3.4(Adaptado de: IRENA, 2016a)	18
Tabela 3.4 – Estado de desenvolvimento de micro-redes nas várias regiões em diferentes categorias de configurações. Maturidade de instalações: L- relativamente baixa, P- projetos piloto, E- mercado em desenvolvimento, M- implementações comerciais maturadas (Adaptado de: IRENA, 2016a).	19
Tabela 4.1 – Diferentes configurações simuladas no âmbito da presente dissertação.....	22
Tabela 4.2 - Características principais da estação meteorológica (21J/03C).	24
Tabela 4.3 - Configuração do PVGIS para obtenção de valores de produção fotovoltaica.	25
Tabela 4.4 - Espaço disponível para a instalação expresso em percentagem de «Ai» em função do ângulo entre o plano do telhado e os painéis fotovoltaicos definido por (β). (Adaptado de Byrne <i>et al.</i> , 2015).....	27
Tabela 4.5 - <i>Standard Test Conditions</i> para painéis fotovoltaicos comerciais. (Adaptado de Montes-Romero <i>et al.</i> , 2016).....	28
Tabela 4.6 – Valores de capacidade máxima passível de ser instalada em cada casa da simulação e dos restantes passos necessários para a sua obtenção, seguindo o processo metodológico descrito.	28
Tabela 4.7 - Especificações técnicas das baterias Tesla Powerwall 2. (Adaptado de Tesla, 2018)	29
Tabela 4.8 - Preços de venda ao Comercializador de Último Recurso (CUR), calculado através dos valores publicados no relatório anual de 2018 do Operador de Mercado Ibérico de Energia (Adaptado de: OMIE, 2018).	30

Tabela 4.9 - Fator de emissão do sistema electroprodutor para o ano de 2015 (Adaptado de DGEG, 2018)	31
Tabela 4.10 - Evolução do fator de emissão do sistema eletroprodutor, considerando o cenário de mitigação de 60% das emissões até 2050 (Adapatado de: Seixas <i>et al.</i> , 2012).....	31
Tabela 5.1 – Resultados individuais da simulação em cenário de instalação de fotovoltaico para autoconsumo sem armazenamento (SA-0), em que a instalação é dimensionada para a maximização do seu valor atual líquido.	42
Tabela 5.2 – Resultados anuais agregados da simulação em autoconsumos sem armazenamento de produção elétrica (SA-0).	43
Tabela 5.3 – Resultados totais agregados de redução de emissões na simulação em autoconsumo sem armazenamento de produção elétrica (SA-0), para o período simulado (2020 a 2039).	44
Tabela 5.4 – Resultados individuais da simulação em cenário de instalação de solar fotovoltaico para autoconsumo com solução de armazenamento de energia (SA-1), sendo as características da mesma apresentadas na tabela 4.7, em que a instalação é dimensionada para a maximização do seu valor atual líquido.	45
Tabela 5.5 – Resultados anuais agregados da simulação em autoconsumos com armazenamento de produção elétrica (SA-1).	46
Tabela 5.6 – Resultados totais agregados da redução de emissões na simulação em autoconsumos com armazenamento de produção elétrica.	46
Tabela 5.7 – Resultados individuais da simulação em cenário de instalação de fotovoltaico para autoconsumo sem armazenamento (SAR-0), em que a instalação é dimensionada para a maximização do seu valor atual líquido.	48
Tabela 5.8 – Resultados anuais agregados da simulação em autoconsumos sem armazenamento de produção elétrica (SAR-0).....	49
Tabela 5.9 – Resultados totais agregados da redução de emissões na simulação em autoconsumos sem armazenamento de produção elétrica.	49
Tabela 5.10 – Resultados individuais da simulação em cenário de instalação de fotovoltaico para autoconsumo com solução de armazenamento de energia (SAR-1), sendo as características da mesma apresentadas na tabela 4.7, em que a instalação é dimensionada para a maximização do seu valor atual líquido.	50

Tabela 5.11 – Resultados anuais agregados da simulação em autoconsumos com armazenamento de produção elétrica (SAR-1).....	51
Tabela 5.12 – Resultados totais agregados da redução de emissões da simulação em autoconsumos com armazenamento de produção elétrica.	51
Tabela 5.13 – Resultados de dimensionamento da configuração de micro-rede que maximiza o valor atual líquido.	54
Tabela 5.14 - Resultados da simulação em micro-rede com transações de eletricidade entre <i>prosumers</i> e restantes consumidores (SMR).....	55
Tabela 5.15 - Resultados da simulação em micro-rede na redução de emissões e impacto económico em custos de licenças de emissão.	56
Tabela 8.1 – Valores do fator de emissão anual considerado nas simulações efetuadas, considerando o cenário de mitigação de 60% das emissões até 2050 do RNBC (Adaptado de: Seixas <i>et al.</i> , 2012).....	74
Tabela 8.2 – Valor Atual Líquido em Euros (€) para os <i>prosumers</i> nas simulações de dimensionamento da configuração SA-0.	77
Tabela 8.3 – Valor Atual Líquido em Euros (€) para os <i>prosumers</i> nas simulações de dimensionamento da configuração SA-1.	87
Tabela 8.4 – Valor Atual Líquido em Euros (€) para os <i>prosumers</i> nas simulações de dimensionamento da configuração SAR-0.....	97
Tabela 8.5 – Valor Atual Líquido em Euros (€) para os <i>prosumers</i> nas simulações de dimensionamento da configuração SAR-1.....	107

1 INTRODUÇÃO

O modelo atual de rede de energia elétrica, foi implementada com o objetivo de acomodar produtores de larga escala (centrais térmicas e hidroelétricas), com produção flexível e com capacidade de ser regulada em tempo real, de modo a produzir, transportar e distribuir, de acordo com as necessidades de um consumo variável ao longo do dia (Long *et al.*, 2017). A produção de eletricidade a partir de sistemas fotovoltaicos e eólicos têm um carácter intermitente, o que faz com que não seja ideal para uma rede com as características convencionais, podendo existir problemas nos vários componentes da rede quando a produção injetada em redes de baixa tensão excede os consumos (Costa *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2017).

O solar fotovoltaico é atualmente das fontes de produção de eletricidade com crescimento mais acentuado devido ao rápido declínio de custos associados com a instalação de sistemas fotovoltaico e o seu carácter renovável, aumentando a sua atratividade face a outras soluções de produção de eletricidade (IRENA, 2018b). Atendendo às problemáticas que podem advir do excesso de produção descentralizada nas redes de baixa tensão, os produtores de fotovoltaico residencial são atualmente condicionados a realizar projetos de produção renovável, dimensionados exclusivamente para autoconsumo (Liu *et al.*, 2017).

Estas condicionantes limitam o potencial da utilização do solar fotovoltaico, sendo o objetivo do presente trabalho verificar o seu potencial, através da maximização da utilização de recursos energéticos produzidos por via fotovoltaica, quando introduzidos esquemas de transação organizados entre produtores e consumidores locais, utilizando o conceito de micro-redes. A introdução destas formas de transação organizada, aparecem como uma solução dos problemas nas redes, pela forma coordenada de realizar a injeção na rede da produção local, que desta forma será consumida evitando a acumulação de excedentes (Hatzigiorgiou *et al.*, 2007).

As micro-redes de consumo e produção descentralizada de fotovoltaico, podem ainda contribuir para a redução de emissões do sistema electroprodutor durante a vida útil destas instalações, através do aumento do uso de renováveis. Este tema tem elevada importância no presente, pela urgência imposta à redução de emissões, nomeadamente de gases de efeito de estufa e aumento da utilização de tecnologias de produção renovável nas metas e objetivos traçados pela União Europeia (Parlamento Europeu e Conselho Europeu, 2018).

1.1 Âmbito e objetivos da dissertação

Esta dissertação tem como objetivo principal, contribuir para compreender o papel das micro-redes na redução de emissões na produção de eletricidade, a partir da produção local, com transações entre os produtores e consumidores locais de forma organizada. Adicionalmente, é pretendido verificar qual a redução de dependência energética da rede de distribuição e transporte dos consumidores inseridos na micro-rede simulada e o potencial de redução de injeção de excedentes de eletricidade produzida na rede comparativamente a cenários em autoconsumo sem esquemas de transação locais.

Para este objetivo, foram simuladas diferentes configurações de consumo e produção durante o tempo de vida (20 anos) de uma instalação típica de fotovoltaica residencial. Estas simulações são efetuadas utilizando os seguintes dados iniciais:

- Perfis de consumo individuais de cada residência, a partir de dados com periodicidade de 15 minutos durante um ano.
- Perfil de produção fotovoltaica simulada, com periodicidade horária durante um ano.
- Cenário de evolução de fator de emissão anual do sistema electroprodutor português, ao longo do tempo de vida da instalação.
- Cenário de evolução de preços das licenças de emissão de gases com efeito de estufa do comércio de licenças de emissão de gases com efeito de estufa (CELE), ao longo do tempo de vida da instalação.

Os dados de consumo utilizados são provenientes de consumidores reais em Évora, obtidos a partir de *smart meters*, no âmbito do projeto INSMART da União Europeia em que a FCT-UNL foi parceira. Os dados de produção foram simulados nesta localização, de modo a que os efeitos climáticos locais se reflitam igualmente nos dados de consumo como de produção. Estes dados de produção foram obtidos tendo em consideração a área das habitações, utilizando o simulador *Photovoltaic Geographical Information System*, desenvolvido e publicado pelo Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia.

Apesar dos dados de consumo, produção e área das casas terem uma localização física, os restantes aspetos de redes de distribuição, como a configuração local não são tidos em consideração, por não serem relevantes para o intuito da presente dissertação. Estes aspetos são simplificados na metodologia utilizada, com a criação de uma rua sintética que assume as condições para a introdução das configurações apresentadas.

1.2 Organização da dissertação

Este documento está dividido em seis capítulos, sendo este o primeiro, que contém o tema abordado e a sua relevância no presente, as motivações e objetivos para a realização do presente trabalho, bem como o âmbito em o mesmo é realizado. O segundo capítulo apresenta as políticas a nível europeu e metas na introdução de renováveis e redução de emissões de gases de efeito estufa. É apresentada a evolução de custos dos equipamentos de produção de eletricidade de várias tecnologias e evolução de instalação de sistemas de produção descentralizada em Portugal. Apresenta-se ainda o enquadramento legal de instalações de produção de eletricidade em Portugal e as regulamentações de produção distribuída com ligação à rede de distribuição.

O terceiro capítulo é dedicado à apresentação de definições de micro-redes, motivações para a sua implementação, aspetos ambientais e socioeconómicos associados, bem como o atual estado de implementação no presente em diversas regiões nas várias topologias existentes. A metodologia é apresentada no quarto capítulo em que são expostas as diferentes configurações simuladas, o dimensionamento dos sistemas de produção fotovoltaica e cálculos necessários nas diferentes componentes analisadas. Neste capítulo, é ainda apresentado esquematicamente o funcionamento das funções realizadas em MATLAB utilizadas na simulação de cada configuração.

Os resultados obtidos encontram-se no quinto capítulo, sendo dividido em cinco diferentes configurações seguindo-se uma análise comparativa. As configurações simuladas, são de autoconsumo sem injeção na rede de excedentes, com e sem armazenamento de produção, autoconsumo com injeção de excedentes de produção na rede, com e sem armazenamento de produção e micro-redes, apresentando uma análise comparativa entre estes. O enfoque principal dos resultados é na redução de emissões de gases de efeito estufa de cada configuração. O sexto capítulo apresenta as conclusões e propostas de ação para trabalhos futuros.

2 RENOVÁVEIS PARA A PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE

2.1 Objetivos e metas na União Europeia

Tendo em consideração os efeitos das alterações climáticas, e o principal contributo antropogénico para as mesmas, os gases de efeito estufa (GEE), em 2015 foi assinado o acordo de Paris, que visa uma redução progressiva de emissões destes gases com o objetivo global de manter a temperatura média do planeta abaixo dos 2 °C de diferença com valores pré-industriais (UNFCCC, 2015; UNFCCC, 2019). Assim, atendendo à necessidade de alteração de paradigma energético, a União Europeia (UE) fixou objetivos de política energética que se focam em três categorias: redução de emissões, consumo de energia de fontes renováveis e eficiência energética (Comissão Europeia, 2019). Para 2020 a meta de consumo total de energia a partir de fontes renováveis é de 20% (Comissão Europeia, 2009), a redução de emissões é de 20% face às verificadas em 1990, e o aumento em 20% na eficiência energética (Comissão Europeia, 2018a).

A redução de emissões de GEE na UE até 2030 tem como meta 40%, face ao registado no ano 1990. O esforço de redução divide-se em objetivos diferentes para sectores incluídos no CELE (redução de 43% relativamente ao ano de 2005) e os que não são abrangidos por este mecanismo (redução de 30% relativamente ao ano de 2005) (Comissão Europeia, 2019). Relativamente ao consumo final de energia de origem renovável, a meta é de 32% do consumo global da UE (Parlamento Europeu e Conselho Europeu, 2018) e relativamente à meta para a eficiência energética é de 32,5% até 2030 (Comissão Europeia, 2019).

Estas são as medidas fixadas pela UE, que permitem uma estratégia de longo prazo, traçada até ao ano 2050 de neutralidade climática (Comissão Europeia, 2018b). Para Portugal, o objetivo traçado, no seguimento das linhas orientadoras europeias, é a neutralidade carbónica até ao ano 2050 (Ministério do Ambiente e Transição Energética, 2018). As opções com ênfase no aumento da utilização de fontes de energia renováveis, têm como consequência o crescimento do investimento e a redução de custo destas tecnologias, tornando a sua instalação mais apelativa aos investidores (IRENA, IEA, e REN21, 2018).

2.2 Evolução de custos e capacidade instalada de produção renovável

A evolução de custos de produção de energia elétrica é dependente da tecnologia utilizada, verificando-se recentemente que os custos de produção elétrica de fonte renováveis, têm seguido uma tendência de redução significativa, tornando-as competitivas face a soluções não renováveis (IRENA, 2016b). A tecnologia de produção renovável que apresenta as reduções mais significativas é a solar fotovoltaica (IRENA, 2018b), sendo esta redução visível na figura 2.1.

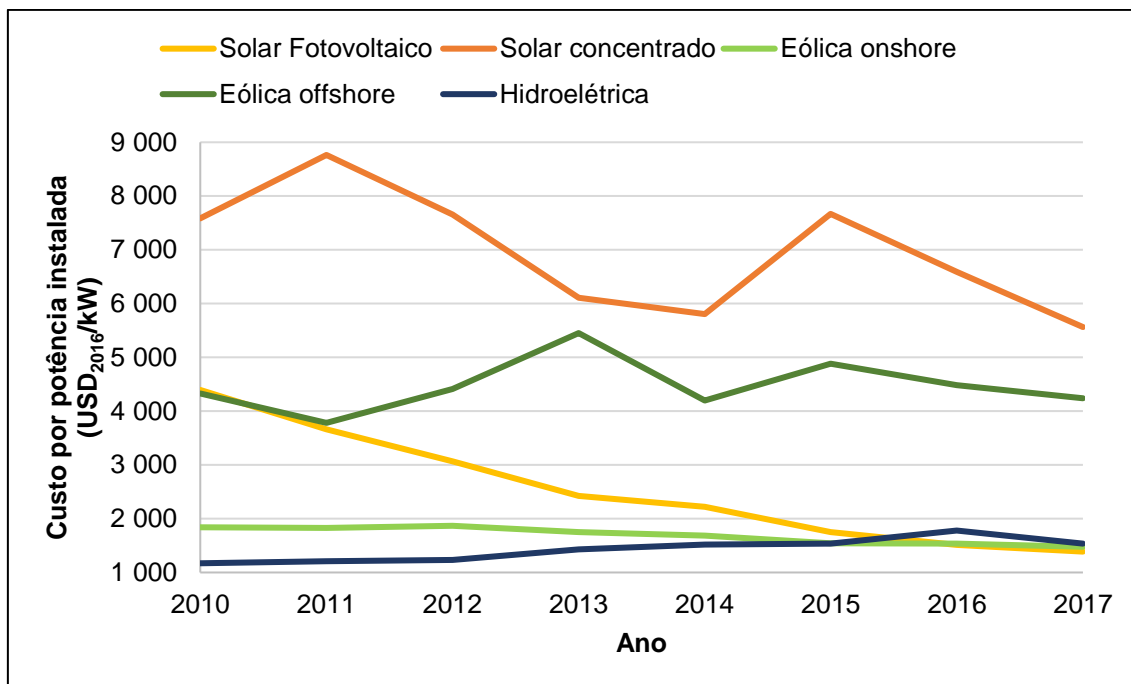


Figura 2.1 – Evolução do custo por potência instalada das diferentes tecnologias de produção de eletricidade de fonte renovável entre os anos 2010 a 2017 (IRENA, 2018b).

No período entre 2010 e 2017, a tecnologia solar fotovoltaica teve uma redução de 68%, continuando o seu custo em declínio no presente, enquanto o solar concentrado teve uma redução de custo de apenas 27%. Neste período, a tecnologia eólica teve uma redução de custo de 20% para instalações *onshore*, enquanto as instalações *offshore* tiveram apenas uma redução de 2%. As instalações hidroelétricas tiveram um aumento de 31% durante este período, contudo mantêm-se bastante competitivas pelo seu longo tempo de vida (IRENA, 2018b).

A redução de custos resulta no aumento da competitividade face a outras soluções de produção elétrica. A comparação entre diferentes tecnologias de produção é possível utilizando a equação 2.1, que determina o custo normalizado de eletricidade (LCOE, sigla para «*Levelized Cost of Electricity*»).

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}} \quad (2.1)$$

Sendo, « C_t » – Custos de investimento, operação e manutenção no ano t ; « E_t » – Eletricidade produzida durante o ano t ; « r » – Taxa de atualização; « n » – O tempo de vida útil da instalação.

Através do LCOE é possível comparar o custo de produção de eletricidade de diferentes tecnologias, sendo possível verificar que no ano de 2018 (figura 2.2) existe uma elevada competitividade das fontes renováveis (solar e eólica) face à produção em centrais térmicas a

carvão e gás natural (Kost *et al.*, 2018). Dado que os valores de produção elétrica de fotovoltaico, dependem fortemente da radiação incidente (GHI, sigla para «*Global Horizontal Irradiance*»), importa referir que os valores da figura 2.2 foram calculados com $1300 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$. Em Portugal continental os valores de GHI variam entre 1500 e $1850 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{ano}^{-1}$, pelo que os valores apresentados são conservadores para a capacidade de produção de uma instalação em território nacional (Kost *et al.*, 2018; Cavaco *et al.*, 2016). Em perspetiva de futuro, é esperado que em 2030 o preço por quilowatt-hora produzido por via fotovoltaica seja significativamente mais reduzido que as restantes tecnologias de produção (Philipps *et al.*, 2018) aumentando o potencial de investimento na tecnologia para produção descentralizada.

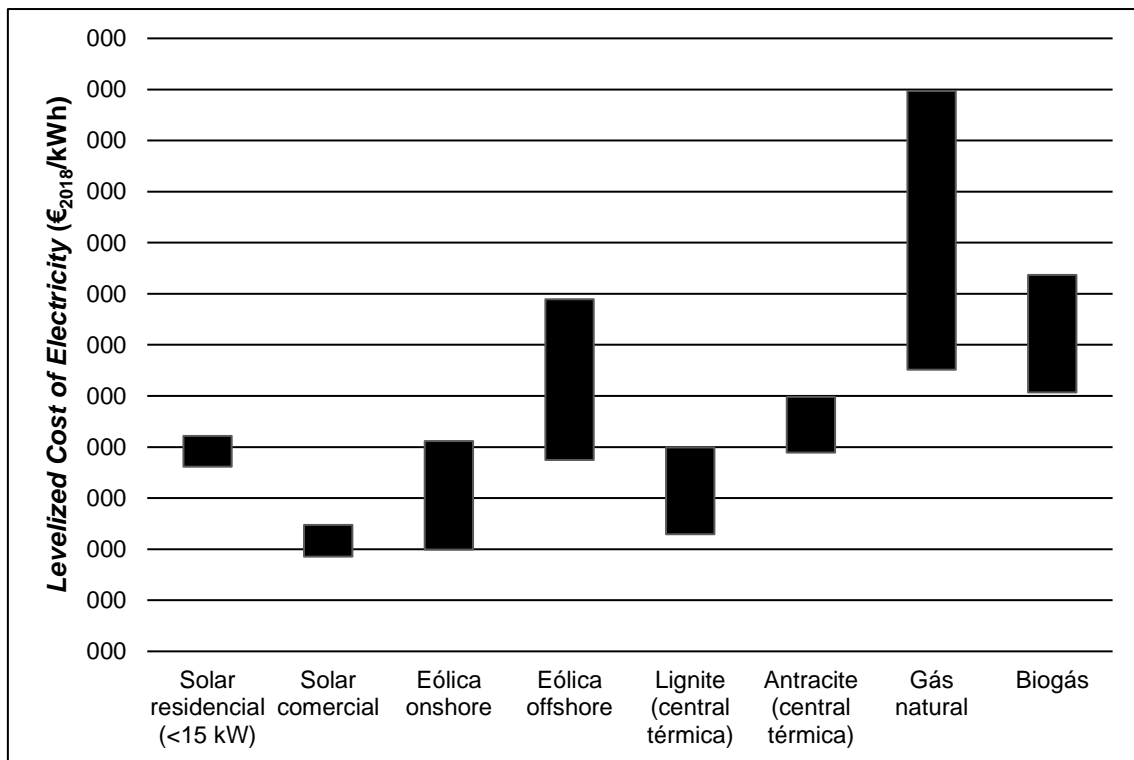


Figura 2.2 – Intervalos de custos normalizados de produção de energia por tecnologia no ano 2018. Valores calculados em instalações das diferentes tecnologias na Alemanha (Kost *et al.*, 2018).

A capacidade instalada de solar fotovoltaico mundialmente tem crescido de forma acentuada como se pode verificar pela figura 2.3, refletindo as reduções significativas de custos e competitividade com outras tecnologias de produção. Em 2010 a capacidade instalada adicional face ao ano anterior foi de 17 GW, em 2014 foi de 37 GW e em 2018 foi de 94 GW (IRENA, 2019; IRENA, 2018a). Esta tendência de crescimento é evidência do interesse crescente na tecnologia.

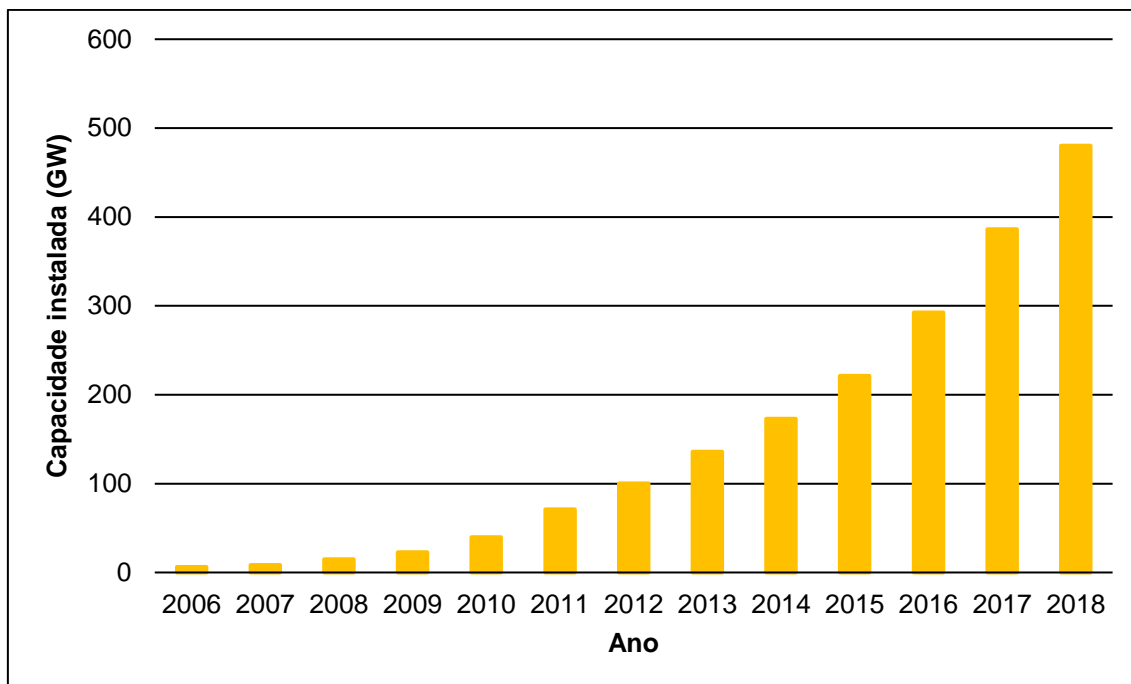


Figura 2.3 – Evolução de capacidade instalada cumulativa de solar fotovoltaico a nível global (IRENA, 2019; IRENA, 2018a).

2.3 Enquadramento legal em Portugal

O regime jurídico da produção de eletricidade em Portugal é regulado pelo Decreto-Lei nº 29/2006, alterado pelo Decreto-Lei nº 78/2011 e pelo Decreto-Lei nº 215-A/2012. Neste diploma, são definidos os 2 regimes de produção: a) Produção em regime ordinário; b) Produção em regime especial.

A produção em regime ordinário aplica-se à produção em centrais térmicas e fontes não renováveis de produção de eletricidade e a grandes centrais hídricas. A produção de eletricidade é considerada em regime especial, num dos seguintes casos: a) Produção de eletricidade a partir de fontes de energia renováveis, resíduos industriais ou urbanos; b) Produção de eletricidade em cogeração; c) Microprodutores; d) Miniprodutores; e) Unidade de Pequena Produção (UPP); f) Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC).

Os regimes remuneratórios da produção em regime especial, são introduzidos pelo Decreto-Lei nº 215-B/2012 que vem alterar o Decreto-Lei 172/2006, no qual são definidos dois tipos de regime de remuneração: a) «Regime geral, em que os produtores de eletricidade vendem a eletricidade produzida, nos termos aplicáveis à produção em regime ordinário, em mercados organizados ou através da celebração de contratos bilaterais com clientes finais ou com comercializadores de eletricidade, incluindo com o facilitador de mercado ou um qualquer comercializador que agregue a produção»; b) «Regime de remuneração garantida, em que a eletricidade produzida é entregue

ao comercializador de último recurso, contra o pagamento da remuneração atribuída ao centro electroprodutor» nos termos legalmente previstos.

A remuneração da energia produzida em regime especial adquirida pelo Comercializador de Último Recurso (CUR), está dependente dos preços do Operador de Mercado Ibérico de Eletricidade (OMIE) para cada mês, sendo o método de cálculo disposto no Decreto-Lei nº 153/2014. A remuneração em regime geral, apesar de não ser garantida pelo CUR, permite a privados realizar investimentos em produção de eletricidade, com a possibilidade de realizar contratos com as diversas entidades do mercado de eletricidade e clientes finais (Costa e Ferreira, 2013).

Tendo em consideração os desenvolvimentos no custo das tecnologias de produção, e a competitividade da tecnologia solar fotovoltaico (residencial e comercial) com as restantes fontes de produção elétrica, a instalação de produção descentralizada (tabela 2.1) demonstra interesse acrescido nesta tecnologia de produção em Portugal. Este interesse acrescido é verificável nas instalações de menor dimensão (UPAC e UPP) em que é verificado um crescimento no período compreendido de 2016 a 2019 de 211 % de capacidade instalada de solar fotovoltaico, enquanto que as instalações de maior dimensão sofreram um ligeiro decréscimo.

Tabela 2.1 – Evolução da potência instalada de produção descentralizada em Portugal, no período de 2016 a 2019 (DGEG, 2019).

Ano		2016	2017	2018	2019
Potência Instalada (kW)	Unidades de Produção para Autoconsumo e Unidades de Pequena Produção (UPAC/UPP)	51 850	103 998	141 576	161 936
	Eólica	34	36	36	36
	Fotovoltaica	51 644	103 418	140 996	160 856
	Biogás	172	544	544	1 044
	Miniprodução e Microprodução	174 366	174 693	174 647	170 408
	Hídrica	237	237	237	237
	Eólica	480	480	434	434
	Fotovoltaica	173 649	173 975	173 975	169 735
	Biogás	0,7	0,7	0,7	0,7

3 MICRO-REDES

O aumento crescente de produção renovável descentralizada, caracterizada por produção intermitente e sem mecanismos de controlo sobre a quantidade passível de ser produzida num dado intervalo de tempo, lança novos desafios sobre a estrutura da rede e modos de controlo de fluxos na rede (Comissão Europeia, 2016; Long *et al.*, 2017). Correntemente existem três categorias de modelos em estudo para a troca energética de forma organizada: a) através de operador central; b) parcialmente descentralizado, através de um operador e um grupo de produtores e consumidores; c) descentralizado através das interações entre o grupo de produtores e consumidores (Zhou *et al.*, 2017).

Enquanto os atuais operadores de redes, têm elevada preferência pela utilização de métodos centralizados de controlo, num cenário de proliferação de produção distribuída, é aceite que uma metodologia descentralizada seja preferencial (Goranovic *et al.*, 2017). As motivações que levam a adoção da descentralização de controlo, devem-se ao facto que a autorregulação de redes de pequena dimensão - i.e. micro-redes - permite que a comunicação seja mais célere (sem latência) e resistente à ocorrência de falhas devido à proximidade (Goranovic *et al.*, 2017).

As micro-redes são definidas como um grupo que associa consumidores de eletricidade, produtores de eletricidade e capacidade de armazenamento de energia elétrica. Este cluster conecta-se à rede elétrica, como uma única entidade, flexível e regulável (Marnay *et al.*, 2001; Lasseter, 2001). Uma micro-rede pode ser vista como uma parte do sistema de distribuição, podendo funcionar com ligação à rede atualmente existente, autonomamente em modo de ilha ou em transição entre ambos os modos (Lidula e Rajapakse, 2011).

Durante as últimas décadas verificou-se um aumento na utilização de tecnologias de produção de eletricidade descentralizadas, como o solar fotovoltaico, instalados na rede tanto nos grandes centros de produção, como a jusante do contador, isto é, elétrico nas residências dos consumidores (Hatzigryriou *et al.*, 2007). Enquanto este aumento na procura e utilização de formas de produção distribuídas, permite uma diminuição de emissões associadas à produção elétrica, existe também uma dificuldade acrescida, por parte das entidades responsáveis, na gestão das redes de transporte e distribuição de forma segura e eficiente (Hatzigryriou *et al.*, 2007; Dobbeni, 2011).

Quando a produção numa rede de baixa tensão excede os seus consumos, este excedente pode resultar em problemas nas linhas de baixa e média tensão (voltage excessivas, aumento níveis de falha, desequilíbrio de tensão, sobrecarga), sendo portanto necessário realizar uma abordagem diferente às instalações de produção distribuída (Hadjsaid *et al.*, 2003). As micro-redes aparecem como solução dos problemas associados à produção descentralizada, na forma como podem coordenar, de forma descentralizada, as fontes de eletricidade a ser consumidas

pelos seus participantes (Hatzigiorgiou *et al.*, 2007). Da perspectiva da rede de distribuição, as micro-redes apresentam-se como um produtor único e como um consumidor único, reduzindo a dificuldade de gestão das redes (Hatzigiorgiou *et al.*, 2007).

3.1 Gestão da produção descentralizada em micro-redes

As micro-redes e os respetivos sistemas de gestão, surgem do conceito de *smart grid* (rede elétrica com integração de tecnologias de informação para monitorização e controlo) adaptado à escala de comunidade local, fazendo uso dos sensores de controlo de uma rede inteligente como forma de realizar, assegurar e coordenar as transações de eletricidade entre produtores e consumidores locais de forma autónoma (Fang *et al.*, 2012). Contudo, estes sistemas são correntemente implementados na rede inteligente para uso dos operadores das redes de transporte e distribuição. No entanto, uma micro-rede é uma entidade descentralizada e independente, que pode beneficiar da implementação da infraestrutura no funcionamento das plataformas de transação de eletricidade (i.e. mercados de energia locais) (El-Baz e Tzscheuschler, 2017; Fang *et al.*, 2012).

3.1.1 Mercados de energia locais

As plataformas de troca de eletricidade são mecanismos de gestão descentralizados de micro-redes, não servindo somente o propósito de facilitar as transações, mas também como forma de as coordenar (El-Baz e Tzscheuschler, 2017). A troca de eletricidade, produzida por fontes de produção descentralizada, em mercados de energia é um novo conceito, que pode trazer benefícios económicos para produtores de eletricidade que tradicionalmente são vistos apenas como consumidores, denominados por *prosumers* (Zhou *et al.*, 2017).

Convencionalmente, as transações de eletricidade são efetuadas utilizando o operador da rede de distribuição, cujo funcionamento é caracterizado na figura 3.1. No entanto, este paradigma é limitante na capacidade de resposta às varias fontes de produção que podem ocorrer simultaneamente (Zhang *et al.*, 2017). A utilização de plataformas de transação de eletricidade locais pretendem descentralizar este processo, com vista a uma maior eficácia na utilização de recursos energéticos, no modelo designado *peer-to-peer* (Zhou *et al.*, 2017).

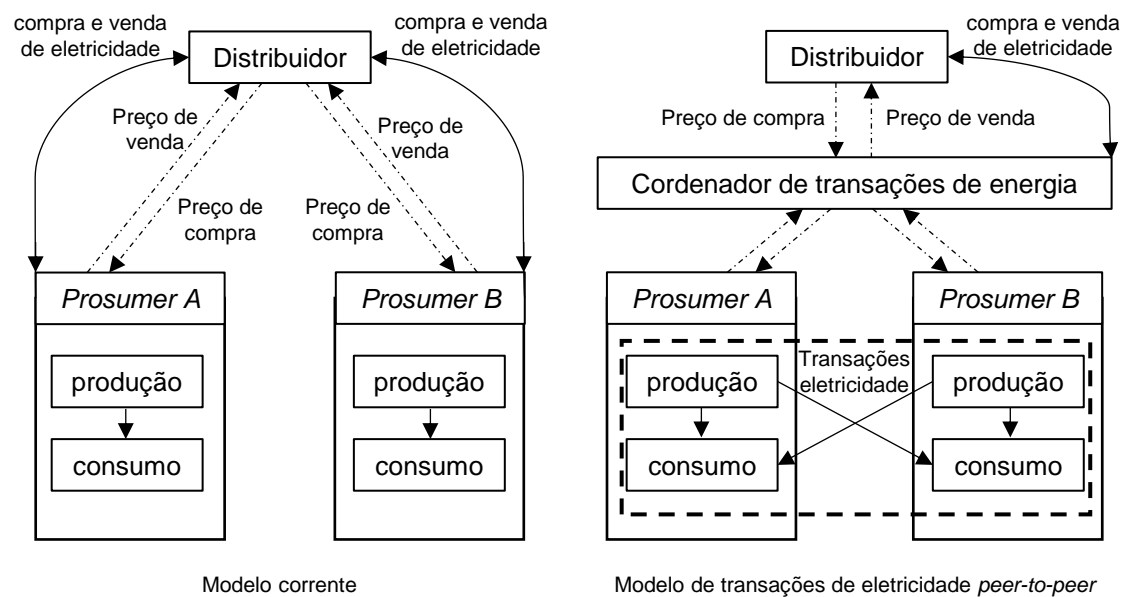


Figura 3.1 - Modelo atual de injeção de produção local na rede de distribuição e modelo de transações *peer-to-peer* (Adaptado de Zhou *et al.*, 2017).

Ainda referente ao modelo de transações *peer-to-peer*, existem dois mecanismos de coordenação através de um operador centralizado ou autonomamente gerido por dispositivos locais, utilizando protocolos para o efeito (Pop *et al.*, 2018). Os mecanismos que requerem um operador central, sofrem de dois problemas discutidos extensivamente na literatura: segurança na comunicação e armazenamento de dados e latência da comunicação, processamento e resposta por parte destes sistemas (Pop *et al.*, 2018; Aitzhan e Svetinovic, 2018).

Estes problemas são solucionados com a utilização de sistemas locais de *blockchain* e *smart contracts*, sendo o potencial computacional crescente quantos maior for o número de utilizadores pertencentes à micro-rede e devido ao protocolo as transações ficam asseguradas quantas mais forem adicionadas em blocos posteriores (Aitzhan e Svetinovic, 2018). A tabela 3.1 compara algumas das principais características entre o método centralizado e descentralizado de gestão de micro-redes.

Tabela 3.1 - Características de diferentes tipos de gestão de produção distribuída (descentralizado e centralizado) em micro-redes (Adaptado de Pop *et al.*, 2018).

Características	Método centralizado (Operador)	Método descentralizado (Blockchain)
Falha através de ponto único	Sim	Não
Anonimato de consumos	Não	Sim

Sistema de pagamentos	Centralizado	Entre participantes
Tempo de transação	Até 60 dias	Em tempo real
Agregação e integração de perfis de consumo	Por autoridade central	Através de registo distribuído e mecanismo de consenso.
Resposta procura-oferta	Por autoridade central	Cooperação autónoma através de sensores e <i>smart contracts</i>
Verificabilidade de acordo de transações energéticas	Por autoridade central	Consenso entre os participantes

3.1.2 Definição e funcionamento de *blockchain* e *smart contracts*

O termo blockchain, surgiu pela primeira vez em 2008, como proposta de descentralização monetária, tratando as transações como blocos interligados através de criptografia, que oferece garantia da sua veracidade. Deste modo, a necessidade de confiança depositada em instituições centralizadas para assegurar a fiabilidade do registo deixa de ser requerida (Nakamoto, 2008).

A validade do registo das transações é assegurada por computação, denominada por «proof of work», em que é realizada a adição ao bloco de um número arbitrário, que resulte no hash do bloco ter um número definido, previamente, de bits iniciais com valor zero, conforme a

figura 3.2 (Nakamoto, 2008). A função de hashing utilizada é denominada por SHA-256, cujo funcionamento é definido através de publicação do *National Institute of Standards and Technology* (NIST) dos Estados Unidos da América. Esta função converte um número de *bits* de tamanho arbitrário num conjunto de bits com tamanho fixo, específico da mensagem (hash). Este processo é seguro devido ao facto de ser unidirecional, não sendo, até ao presente e com a tecnologia existente, possível a determinação de uma mensagem original através do *hash* da mesma, sendo esta a característica que confere a sua segurança (NIST, 2015).

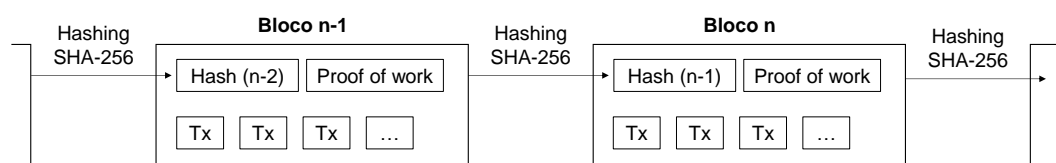


Figura 3.2 - Diagrama do funcionamento de um blockchain. (Adaptado de Nakamoto, 2008)

Após o desenvolvimento da tecnologia, no seguimento da publicação do artigo inicial (Nakamoto, 2008) que descreve o seu funcionamento, o potencial de aplicações tem vindo a ser alargado para a descentralização de transações em outros sectores, incluindo o elétrico (Miraz e Ali, 2018). Uma cadeia de blockchain é similar no seu funcionamento em todos os casos de aplicação, no entanto existem diferentes tipologias que determinam quem tem acesso e pode participar no seu funcionamento (Goranovic *et al.*, 2017).

As diferentes tipologias podem ser: Pública, caracterizada por acesso aberto e funcionamento totalmente descentralizado, isto é, todos os interessados podem ler e participar no consenso; Consórcio, controlada por grupos específicos, sendo que, apenas um grupo de entidades pode participar no seu consenso; Privado, acesso restrito a uma entidade, sendo os algoritmos de consenso mais simples, podendo ser alterada na sua totalidade, por esta entidade (Goranovic *et al.*, 2017).

Os smart contracts, cujo diagrama de funcionamento se ilustra na figura 3.3, são instruções em linguagem de programação, que efetuam uma mediação entre partes de uma transação. Estas instruções são inseridas na cadeia de blockchain, representando uma entidade independente, que verifica os parâmetros da transação, assim, após o cumprimento das condições estabelecidas, é efetivada a transação (Christidis e Devetsikiotis, 2016).

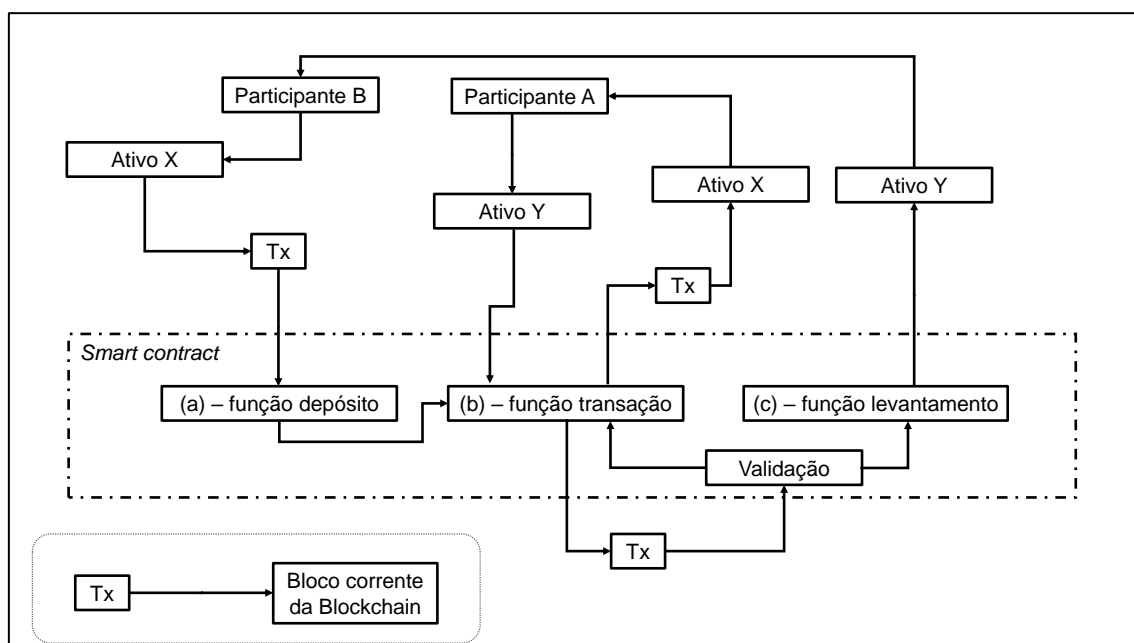


Figura 3.3 - Diagrama ilustrativo de utilização *smart contract* inserido numa cadeia de *blockchain* para troca de ativos entre utilizadores (Adaptado de Christidis e Devetsikiotis, 2016).

3.1.3 Integração das micro-redes no sistema elétrico

A integração de micro-redes na rede elétrica dependerá dos passos previamente tomados na direção de implementação do conceito de *smart grid*, sendo que os objetivos e requisitos técnicos de ambos são semelhantes no que respeita à integração de produção doméstica na rede, sistemas de comunicação e informação (Fang *et al.*, 2012). A integração de produção distribuída e micro-redes no sistema de distribuição de eletricidade é ainda auxiliada pela padronização.

A publicação de normas para a conexão de dispositivos de geração distribuída, para o caso dos Estados Unidos da América, é realizada pelo do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) com a norma 1547 (Basso, 2014). Esta norma tem como objetivo a fixação de requisitos relevantes para a segurança, operação e manutenção de ligações entre sistemas de produção descentralizada e redes de transporte e distribuição (IEEE, 2018).

Nos Estados Unidos da América, esta norma (IEEE 1547) é adotada através de legislação, facilitando a integração de produção distribuída no sistema elétrico (U.S. Department of Energy, 2005) e a criação de micro-redes, para realizar transações entre o excedente dos produtores e consumidores inseridos na rede, em projetos já existentes (Zhang *et al.*, 2017; LO3 Energy, 2017). Na União Europeia, com as mesmas preocupações com que foram propostas as regulações anteriormente referidas, em 2016 foi criada regulação com aplicabilidade similar, adaptada ao sistema elétrico europeu através do regulamento 2016/631, encontrando-se ainda em fase de implementação (ENTSO-E, 2018).

Ambos regulamentos são aplicados diretamente no sistema de produção, sendo o objetivo de minimizar problemas no sistema elétrico com várias fontes de produção ligadas à rede em simultâneo. No entanto, para uma micro-rede são necessários componentes adicionais, como os apresentados na tabela 3.2, de modo ser possível efetuar as transações de eletricidade dentro da mesma, mantendo a ligação à rede de distribuição (Costa *et al.*, 2008).

Tabela 3.2 - Componentes de uma micro-rede (Adaptado de Costa *et al.*, 2008).

Dispositivo	Quantidade
Controlador central da micro-rede	1 por micro-rede
Inversor	1 por gerador
Contador de consumos	1 por consumidor
Proteção de rede de baixa tensão	1 disjuntor por ramo de rede
Proteção de conexão com média tensão	1 interruptor estático com relés de proteção
Sistema de comunicação	1 por micro-rede
Equipamento de medição	Múltiplos (indefinido)

3.2 Aspectos ambientais, sociais e económicos de micro-redes

A utilização de micro-redes tem impactos socioeconómicos na comunidade em que esta se insere. As transações de eletricidade de fonte renovável permitem a criação de uma nova economia local com o potencial de redução de preços de eletricidade para os consumidores da mesma e geração rendimento económico para os produtores locais, permitindo o desenvolvimento comunitário e investimento continuado em produção renovável (Mengelkamp *et al.*, 2018).

Referente aos aspetos ambientais, os mais significativos são a redução de emissões do sistema electroprodutor devido ao aumento de eletricidade de fonte renovável no consumo energético da comunidade, em alternativa, ou substituindo, fontes fósseis (Liu e Su, 2008). Outro aspeto que é também relevante é o aumento da eficiência energética da rede (Roque *et al.*, 2016).

A implementação de micro-redes permite aumentar a eficiência energética de duas formas: através da normalização de consumo elétrico dos participantes durante as horas em que existe mais procura da rede (períodos de ponta) e ainda pela distância reduzida entre a produção e o consumo (Tugay *et al.*, 2018; Roque *et al.*, 2016). A rede elétrica atual em Portugal tem perdas de transporte, transformação e distribuição próximo dos dez por cento anuais da energia líquida produzida (Figura 3.4).

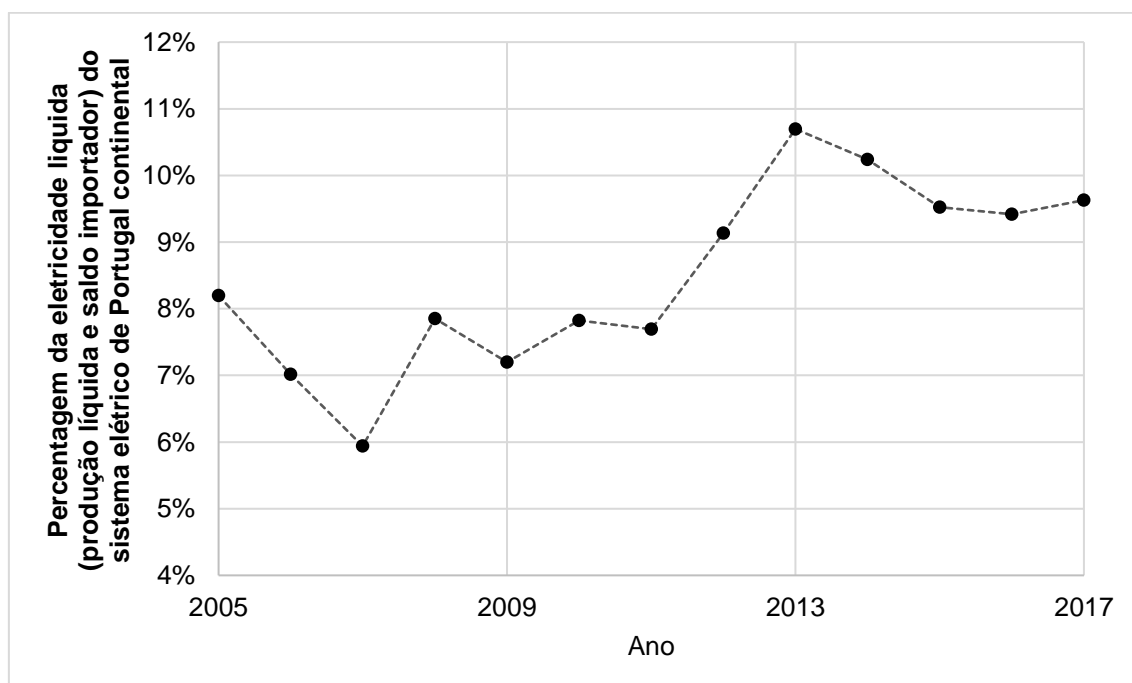


Figura 3.4 - Evolução de perdas de transporte e distribuição em Portugal continental como percentagem da soma da produção líquida e saldo importador (Adaptado de DGEG, 2018b).

Devido à proximidade entre a produção e os consumidores, as micro-redes têm o potencial de aumentar a eficiência da rede (Eddy, Gooi, e Chen, 2015). Isto deve-se ao facto que de acordo com a fórmula da resistência elétrica (equação 3.1), é esperado que a eletricidade num condutor de mesmo material e área de secção, mas com comprimento superior a outro, tenha perdas superiores de energia, no transporte de eletricidade com as mesmas características, reduzindo a eficiência.

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad (3.1)$$

Sendo: «R» - resistência elétrica (Ω); « ρ » - resistência elétrica específica ($\Omega.m$); « ℓ » - comprimento do condutor (m); «A» - área de secção (m^2).

3.3 Estado de desenvolvimento de micro-redes

O estado de desenvolvimento das micro-redes depende do tipo de implementação que se considere. Dado que nem todas as implementações têm os mesmos requisitos, é necessário considerar algumas categorias, de modo a estabelecer métodos comparativos. Estas categorias estão sumarizadas na tabela 3.3, contendo uma descrição da designação em questão, bem como as condições de ligação à rede.

Tabela 3.3 - Caracterização das designações utilizadas na tabela 3.4(Adaptado de: IRENA, 2016a)

Conexão à rede elétrica	Designação	Descrição
Sem ligação	AB	Comunidades remotas sem atividades comerciais e industriais inseridas
	AF	Comunidades remotas com atividades comerciais e industriais inseridas
Com ligação	IC	Comunidades de tamanho médio/grande, com ligação à rede
	ILI	Polos industriais e centros de dados com elevadas necessidades energéticas

Na tabela 3.4 caracteriza-se o estado de maturidade de projetos de micro-redes para cada tipo de micro-rede em várias regiões do mundo considerando quatro estados. O estado de maturidade de diferentes tipos de micro-rede depende da região geográfica analisada, sendo que dependendo do estado de desenvolvimento de uma determinada região, se encontra ênfase em desenvolvimento de um certo tipo de micro-rede para responder às necessidades. Relativamente ao desenvolvimento em comunidades remotas sem atividade comercial e industrial, verifica-se que existem várias regiões em desenvolvimento que apostam no

desenvolvimento deste tipo de micro-rede, como é o caso da América central, norte de África e África subsariana. Quando se verifica o progresso de comunidades remotas com atividades comerciais e industriais inseridas nas mesmas, verifica-se interesse nas áreas geográficas mais desenvolvidas, como é o caso do Canadá, Estados Unidos da América, Europa e Austrália.

Nos casos de comunidades de tamanho médio a grande, com ligação à rede, verificamos que há maior interesse também por regiões mais desenvolvidas, como Canadá, Estados Unidos da América, no entanto não encontramos nenhum que projeto corrente que não esteja ainda em fase de desenvolvimento ou projeto piloto. Este mesmo caso aplica-se a micro-redes em Polos industriais e centros de dados com elevadas necessidades energéticas, em que nas mesmas áreas geográficas têm projetos em curso, mas não existem implementações comerciais maturadas de momento.

Tabela 3.4 – Estado de desenvolvimento de micro-redes nas várias regiões em diferentes categorias de configurações. Maturidade de instalações: L- relativamente baixa, P-projetos piloto, E- mercado em desenvolvimento, M- implementações comerciais maturadas (Adaptado de: IRENA, 2016a).

Região	AB	AF	IC	ILI
Canadá e Estados Unidos da América	L	M	E	E
América central e México	M	E	E	L
América do Sul	M	E	L	L
Europa	M	M/E/P	P	P
Norte de África	M	E	L	L
África subsariana	E/M	E	L	L
Rússia	E/P	L	L	L
Ásia (sul e este)	M	M/E/P	E	E
Médio Oriente	L	P	L	L
Austrália	M	M/E	P	P

4 METODOLOGIA PARA A SIMULAÇÃO DE CONFIGURAÇÕES INTEGRADAS DE PRODUÇÃO E CONSUMO LOCAL DE ELETRICIDADE

A metodologia apresentada permite simular o funcionamento de diferentes configurações de produção e consumo de fotovoltaico, estas configurações são apresentadas na tabela 4.1, sendo o objetivo da presente dissertação a avaliação de uma micro-rede centrada na utilização de uma blockchain para compra e venda de eletricidade proveniente de painéis fotovoltaicos instalados em habitações para colmatar necessidades de consumo próprias e restantes consumidores na micro-rede. Esta simulação tem o objetivo de mostrar o potencial de redução de emissões de gases de efeito de estufa, o potencial económico do projeto e elaborar sobre os cenários ideais para minimizar perdas de eletricidade produzida. As simulações foram efetuadas com recurso a programação em MATLAB®.

4.1 Caso de estudo

4.1.1 Configuração de rua sintética

As simulações efetuadas requerem considerar algumas características espaciais do sistema. Nesta dissertação, considera-se uma rua sintética (i.e. não real), caracterizada pelo número de consumidores, os seus perfis de consumo de eletricidade, a área da habitação e a orientação das casas à radiação solar. A orientação das casas, a área e inclinação dos telhados, é utilizada para o cálculo da produção fotovoltaica de cada casa simulada.

A configuração da rua sintética contém 19 habitações com consumos registados durante o período de um ano, com o registo de periodicidade a cada quarto de hora. A rua fica situada em Évora, sendo os telhados orientados na direção sul-norte com uma inclinação de telhado de 20°, possuindo todos a mesma inclinação. Estas características encontram-se na tabela 4.3.

4.1.2 Configurações simuladas

Considerou-se um conjunto de configurações das habitações para os diferentes esquemas de produção e consumo simulados. O objetivo destas simulações em configurações diferentes é a possibilidade de comparação, de forma a responder ao objetivo central do trabalho que é avaliar o desempenho da micro-rede.

As simulações foram efetuadas para as seguintes configurações: sistemas para autoconsumo (SA); sistemas para autoconsumo com injeção de excedentes na rede (SAR); sistema de configuração de micro-rede (SMR). Em todas as configurações efetuadas o objetivo para o seu dimensionamento é a maximização do Valor Atual Líquido do investimento. A tabela 4.1 apresenta as configurações simuladas na presente dissertação.

Tabela 4.1 – Diferentes configurações simuladas no âmbito da presente dissertação.

Configuração	Descrição da configuração	Armazenamento
SA-0	Autoconsumo, sem armazenamento de produção e sem injeção de excedentes na rede	-
SA-1	Autoconsumo, com armazenamento de produção e sem injeção de excedentes na rede	1 por instalação fotovoltaica*
SAR-0	Autoconsumo, sem armazenamento de produção e com injeção de excedentes na rede	-
SAR-1	Autoconsumo, com armazenamento de produção e com injeção de excedentes na rede	1 por instalação fotovoltaica*
SMR	Micro-rede com transações de eletricidade em esquema <i>peer-to-peer</i> .	1 por instalação fotovoltaica*

Nota: * Unidade de armazenamento de características especificadas na tabela 4.7

4.1.3 Consumos de eletricidade

Os consumos de eletricidade usados neste trabalho, são provenientes de contadores inteligentes instalados em Évora, obtidos no âmbito do projeto INSMART da União Europeia em que a FCT-UNL foi parceira. Estes consumos de eletricidade fazem parte de um conjunto inicial de 30 séries anuais, das quais foram previamente selecionadas 19 (utilizadas na presente dissertação), aos quais são associados dados retirados no local (Gouveia *et al.* 2017) e que contêm informação relativa à área das casas, relevante para o dimensionamento de sistemas de fotovoltaico. Na figura 4.1 podemos observar os valores médios diários dos consumos agregados de todos os contadores utilizados nas simulações.

Verifica-se uma grande amplitude de valores de consumo de eletricidade durante o período de inverno e uma relativa convergência de valores durante o período de verão. Esta variabilidade sugere uma grande discrepância na utilização de eletricidade durante o período de temperaturas baixas e o inverso, ou seja, uma utilização semelhante durante o período de verão.

A figura 4.2 apresenta os consumos médios diários registados por contador no ano de 2014, para o período de inverno (primeiro trimestre), o período de verão (terceiro trimestre) e a média diária anual. No gráfico podemos verificar que a tendência observada anteriormente é extensível a todos os contadores, sendo os consumos de inverno sistematicamente superiores aos de verão.

Podemos ainda verificar que os consumos têm uma elevada diversidade de valores, tanto na variabilidade durante o ano, como entre as casas estudadas, além de não existir aparente correlação entre a área das casas e o seu consumo anual (Anexo III). Estes fatores têm uma influência significativa na capacidade de promoção de transações de eletricidade, uma vez que

se os consumos fossem semelhantes entre as casas, não existiria produção excedente para efetuar as transações locais de eletricidade. No Anexo II (figura 8.2 e figura 8.3) encontram-se os consumos médios horários para o primeiro e terceiro trimestre do ano de todos os contadores.

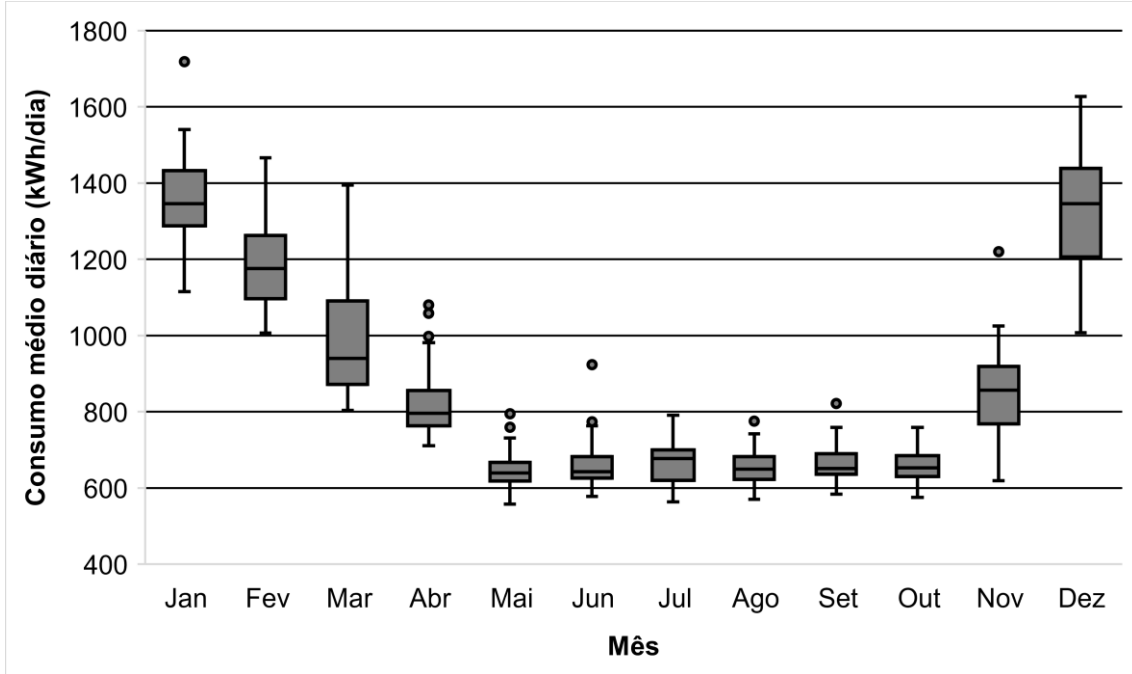


Figura 4.1 - *Boxplot* do consumo total diário das 19 casas da rua sintética ao longo do ano, valores agrupados pelo mês de consumo.

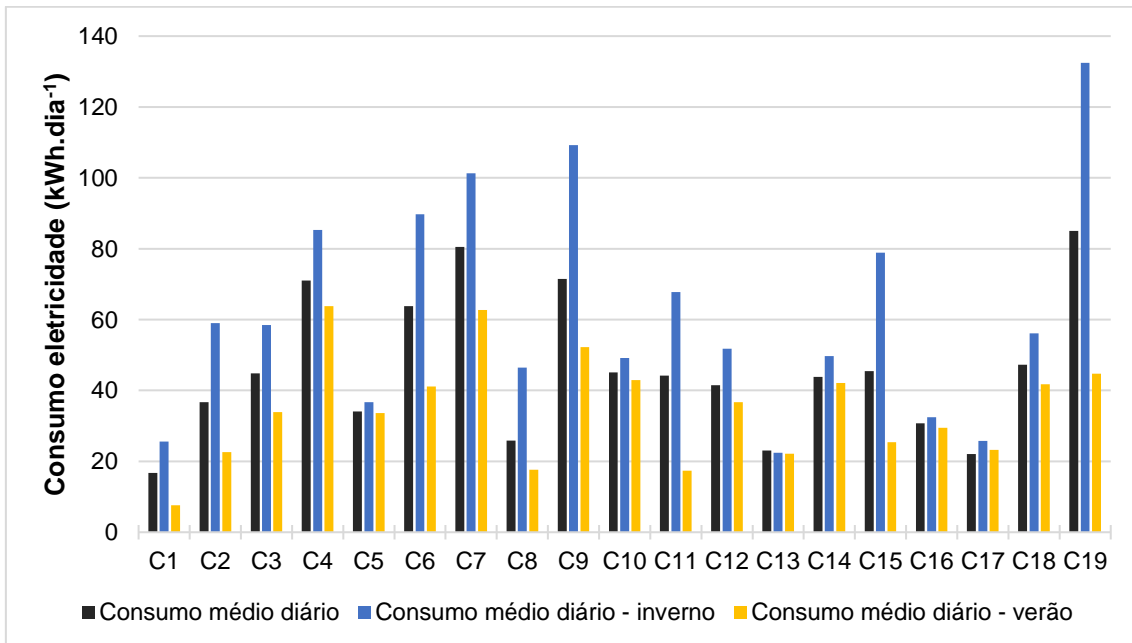


Figura 4.2 – Consumos médios diários dos contadores da rua simulada anuais, no primeiro trimestre (período de inverno) e no terceiro trimestre (período de verão).

4.2 Produção fotovoltaica

4.2.1 Radiação solar incidente e produção fotovoltaica

A radiação solar incidente no local em estudo, tem uma variabilidade acentuada ao longo do ano. Para a caracterização deste parâmetro foram utilizados dados do «Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos» (SNIRH)¹, mantido e atualizado pela Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. A estação meteorológica utilizada foi a «Barragem do Divor (21J/03C)». Na tabela 4.2 encontram-se as características da estação meteorológica, bem como da série utilizada.

Tabela 4.2 - Características principais da estação meteorológica (21J/03C).

Latitude (graus decimais)	38,698
Longitude (graus decimais)	-7,92
Elevação (m)	260
Distância ao ponto de simulação PVGIS (km)	14,66
Início da série	janeiro de 2002
Fim da série	dezembro de 2015

Utilizando esta série de valores de radiação de janeiro de 2002 a dezembro de 2015, foi calculada a insolação média diária no local, sendo o seu valor de $4,4 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, sendo possível ainda visualizar o seu comportamento ao longo do ano através da figura 4.3. Verifica-se que existe uma variabilidade de radiação incidente ao longo do ano, sendo no mês de menor radiação incidente (dezembro) aproximadamente $2 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e no mês com valores mais elevados (julho) $7 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

Analisando o ciclo anual de variabilidade dos consumos mensais e consumo médio diário (figuras 4.1 e 4.2), verifica-se que estes seguem uma tendência inversa à radiação solar diária incidente (figura 4.3). Esta relação inversa terá como consequência a impossibilidade de dimensionamento de fotovoltaico sem elevados excedentes que ao mesmo tempo tenha autonomia da rede elétrica.

1- Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos: <https://snirh.apambiente.pt/>

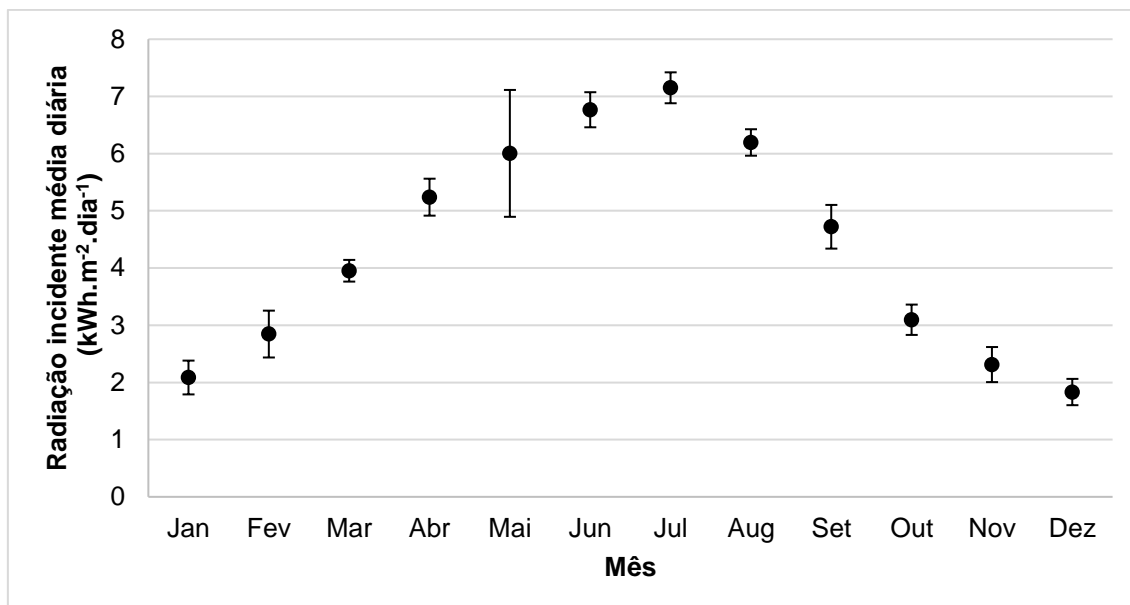


Figura 4.3 - Radiação solar incidente, valores médios diários (e desvio padrão), calculado através das séries de dados diários de radiação dos anos entre 2002 a 2015, da estação meteorológica Barragem do Divor (21J/03C).

Os dados da produção fotovoltaica foram obtidos através do recurso «Photovoltaic Geographical Information System» (PVGIS)¹, desenvolvido pelo Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia (JRC, sigla em inglês). Os dados de produção fotovoltaica têm uma periodicidade horária, durante o ano de 2014. A produção fotovoltaica foi obtida segundo os parâmetros da tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Configuração do PVGIS para obtenção de valores de produção fotovoltaica.

Base de dados de radiação	PVGIS-CMSAF
Latitude (graus decimais)	38,570
Longitude (graus decimais)	-7,910
Elevação (m)	281
Inclinação ($\alpha+\beta$)	$\frac{\pi}{9}$ rad (20°)
Orientação	Sul (0°)
Perdas do sistema (%)	14,0

Para além destes parâmetros, é ainda associado a cada casa, a respetiva área. A esta área corresponde uma capacidade potencial de implantação de fotovoltaico tendo em consideração a inclinação. Esta capacidade é calculada de modo a dar os valores específicos de produção individual.

1- Photovoltaic Geographical Information System: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

4.2.2 Dimensionamento de capacidade de instalação de solar fotovoltaico

O dimensionamento do sistema em contexto de uma micro-rede com transações entre *prosumers* e os restantes participantes é assumido neste trabalho com o objetivo de maximização do aproveitamento do espaço disponível para instalação de painéis fotovoltaicos. Para as restantes configurações é assumido que a capacidade instalada é igual ou inferior a este valor, sendo o critério de dimensionamento a capacidade que permite obter a maximização do valor atual líquido (VAL) para o produtor, considerando o custo de capacidade instalada de solar fotovoltaico de 2 014 euros (€)/kW.

Os passos descritos na figura 4.4, servem para obter o valor máximo de capacidade passível de ser instalada em cada casa. Seguidamente, são dimensionados os sistemas para cada configuração de acordo com os critérios especificados para as mesmas.

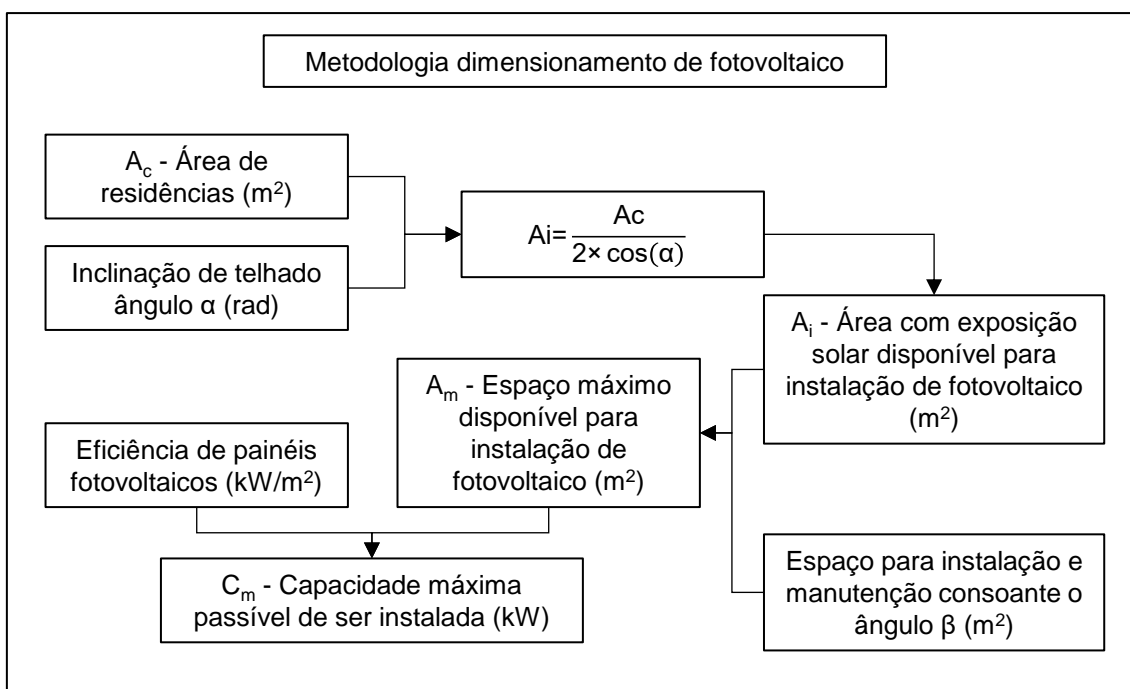


Figura 4.4 – Diagrama do método utilizado para calcular a capacidade máxima passível de ser instalada de solar fotovoltaico nas residências simuladas.

Na figura 4.5 está ilustrado os dois ângulos (α e β) utilizados para o dimensionamento da área máxima de implantação do sistema fotovoltaico. Para o cálculo da capacidade de produção através de painéis solares a ser instalados é necessário o cálculo da área do telhado, que pode ser calculado através da equação 4.1, considerando que os telhados na simulação têm uma inclinação α de 20° .

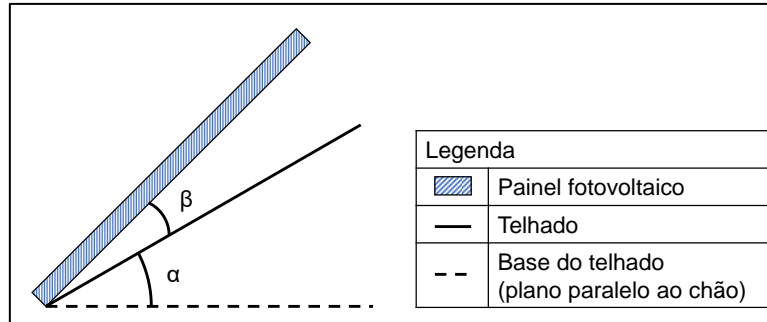


Figura 4.5 - Representação gráfica dos ângulos α e β utilizados no dimensionamento do sistema fotovoltaico das casas na simulação.

$$A_i = \frac{A_c}{2 \times \cos(\alpha)}, \quad \alpha = \frac{\pi}{9} \text{ rad} \quad (4.1)$$

Sendo: « A_i » - Área de telhado disponível para instalação de painéis fotovoltaicos (m^2); « A_c » - Área da planta da casa (m^2); « α » - O ângulo de inclinação do telhado (rad).

Com os resultados obtidos da área final disponível, procedeu-se ao cálculo do espaço necessário para manutenção e instalação. Segundo Byrne *et al.* (2015), podemos aplicar os valores na tabela 4.4 diretamente na área de telhado disponível e que são função do ângulo de inclinação do painel fotovoltaico relativamente ao plano definido pela superfície do telhado, aqui designado por β , como ilustrado na figura 4.5. Este valor é considerado igual a 0 rad.

Tabela 4.4 - Espaço disponível para a instalação expresso em percentagem de « A_i » em função do ângulo entre o plano do telhado e os painéis fotovoltaicos definido por (β). (Adaptado de Byrne *et al.*, 2015)

Inclinação (β)	Espaço disponível para instalação de painéis, considerando espaço para manutenção e instalação (%)
0	80
5	63
10	53
15	47
20	44
25	43
30	42

Após a obtenção do espaço disponível total para instalação do sistema fotovoltaico é necessário obter a capacidade de produção passível de ser instalada nessa mesma área. Esta capacidade máxima de produção instalada (designado por C_m) foi calculada a partir da eficiência de conversão dos painéis fotovoltaicos.

A eficiência de conversão de energia solar em energia elétrica, considerada no dimensionamento é de 17%, valor médio de mercado para painéis de Si em 2018 (Philipps *et al.*, 2018), equivalente a uma capacidade instalada de 170 W.m⁻² considerando os parâmetros de «*Standard Test Conditions*» (STC), na tabela 4.5, com que os painéis fotovoltaicos comercialmente vendidos são testados. A degradação média anual do sistema de fotovoltaico com painéis de Si é de 1% por ano (Jordan e Kurtz, 2011), sendo este valor utilizado para a simulação da degradação de capacidade de produção fotovoltaica.

Tabela 4.5 - *Standard Test Conditions* para painéis fotovoltaicos comerciais. (Adaptado de Montes-Romero *et al.*, 2016)

Radiância (W.m⁻²)	1000
Temperatura de células (°C)	25
Espectro solar (Massa de Ar)	1,5

Utilizando estes passos, que estão sintetizados no diagrama da figura 4.4, foi calculado a capacidade máxima de produção passível de ser instalada, encontrando-se os valores na tabela 4.6. Nesta tabela, estão ainda os valores intermédios dos vários passos tomados, que permitem este cálculo.

Tabela 4.6 – Valores de capacidade máxima passível de ser instalada em cada casa da simulação e dos restantes passos necessários para a sua obtenção, seguindo o processo metodológico descrito.

Contador	A_c (m²)	A_i (m²)	A_m (m²)	C_m (kW)
C1	100,0	53,2	42,6	7,2
C2	100,0	53,2	42,6	7,2
C3	100,0	53,2	42,6	7,2
C4	100,0	53,2	42,6	7,2
C5	185,0	98,4	78,7	13,4
C6	124,0	66,0	52,8	9,0
C7	100,0	53,2	42,6	7,2
C8	110,0	58,5	46,8	8,0
C9	42,0	22,3	17,9	3,0
C10	69,0	36,7	29,4	5,0
C11	110,0	58,5	46,8	8,0
C12	100,0	53,2	42,6	7,2
C13	87,0	46,3	37,0	6,3
C14	125,0	66,5	53,2	9,0
C15	250,0	133,0	106,4	18,1
C16	200,0	106,4	85,1	14,5
C17	90,0	47,9	38,3	6,5
C18	69,0	36,7	29,4	5,0
C19	110,0	58,5	46,8	8,0

4.3 Armazenamento de eletricidade

O armazenamento de eletricidade é realizado através de baterias na simulação de configurações com armazenamento. As baterias são instaladas nas casas dos produtores, e as especificações são de acordo com as da tabela 4.7. Não existe no caso em estudo, particular interesse em efetuar armazenamento produzida externamente em casas de consumidores, uma vez que a venda de eletricidade na micro-rede simulada é feita ao preço da eletricidade proveniente da rede e o armazenamento, como indicado na tabela, implica perdas no ciclo de carga e descarga.

Tabela 4.7 - Especificações técnicas das baterias Tesla Powerwall 2. (Adaptado de Tesla, 2018)

Descrição	Quantidade	Unidades
Capacidade total	14	kWh
Capacidade total utilizável	13,5	kWh
Carga e descarga, máximo contínuo	5	kW
Carga e descarga, máximo de eficiência	3,3	kW
Eficiência de carga e descarga	90	%
Garantia de equipamento	10	anos

O período de garantia dos equipamentos de armazenamento (de acordo com o fabricante) é de 10 anos. Considerando o período no cálculo do valor atual líquido do investimento (VAL) é de 20 anos, a sua substituição é efetuada no ano em que acaba a garantia do fabricante durante a simulação. Para este cálculo, considera-se o custo de uma unidade de armazenamento com as características mencionadas, no valor de 8 360 € (Tesla, 2019).

4.4 Venda de eletricidade produzida

O preço de venda ao Comercializador de Último Recurso (CUR) é regulado, pelo artigo 24 do Decreto-Lei nº 153/2014, no qual é referido a fórmula de cálculo da remuneração do produtor apresentada na equação 4.2. Esta fórmula, está dependente dos preços de fecho do Operador do Mercado Ibérico de Energia (OMIE), em cada mês, o que origina oscilações no preço mensais.

$$R(m) = E(m) \times OMIE(m) \times 0,9 \quad (4.2)$$

Sendo: «m» - mês referente ao intervalo de tempo em que se pretende fazer o cálculo; «R(m)» - remuneração da eletricidade fornecida à rede elétrica no mês 'm', em euro (€); «E(m)» - energia

fornecida no mês 'm', em kWh; «OMIE(m)» - valor resultante da média aritmética simples dos preços de fecho do OMIE para Portugal (mercado diário), relativos ao mês 'm', em €·kWh⁻¹.

No âmbito da simulação das configurações que efetuam injeção de produção na rede, os valores de venda desta eletricidade são considerados fixos ao longo do tempo de vida útil das instalações, devido à imprevisibilidade do mercado de eletricidade. Assim, estes valores foram calculados utilizando a equação anterior, os valores para o ano 2018, estando apresentados na tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Preços de venda ao Comercializador de Último Recurso (CUR), calculado através dos valores publicados no relatório anual de 2018 do Operador de Mercado Ibérico de Energia (Adaptado de: OMIE, 2018).

Mês	Média aritmética simples dos preços de fecho do OMIE (€/kWh)	Remuneração da eletricidade injetada na rede (€/kWh)
janeiro	0,052	0,047
fevereiro	0,055	0,050
março	0,040	0,036
abril	0,043	0,039
maio	0,055	0,050
junho	0,058	0,052
julho	0,062	0,056
agosto	0,064	0,058
setembro	0,071	0,064
outubro	0,065	0,059
novembro	0,062	0,056
dezembro	0,062	0,056

O preço de compra *peer-to-peer* de eletricidade na micro-rede simulada (configuração SMR, da tabela 4.1), foi assumido como fixo ao longo do tempo, e é equivalente ao preço regulado pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (0,16 Euro/kWh) em 2018 para instalações superiores a 6,9 kVA em regime simples (ERSE, 2018). A razão da escolha é por efeitos simplificativos, dado que as regras que se aplicam a outros esquemas dependem de várias variáveis.

4.5 Emissões de CO₂

As emissões evitadas de CO₂ pela utilização de fontes de produção local de solar fotovoltaico, para autoconsumo ou transação entre *prosumers*, são calculadas através do fator de emissão do sistema electroprodutor do ano em simulação. É ainda utilizado o custo de licenças de

emissão ao longo do tempo de simulação para verificar os potenciais custos evitados para o sistema electroprodutor pela eliminação de necessidade de aquisição destas licenças.

4.5.1 Fator de emissão do sistema electroprodutor

As emissões de CO₂ consideradas no âmbito da presente dissertação são fixas ao longo de um ano de simulação. Tendo em consideração esta escala temporal, devem ser tomadas algumas precauções na análise dos valores de redução de emissões obtidos, uma vez que, ao longo do ano existirá um *mix* de diferentes formas de produção de eletricidade. Por este motivo as emissões consideradas podem não refletir as emissões ocorridas, sendo uma aproximação da realidade.

O fator de emissão de referência é do ano civil de 2015 (tabela 4.9), sendo estes os últimos dados definitivos de fonte oficial (DGEG, 2018), tendo por base os dados do consumo das diversas fontes de energia primária nas centrais produtoras de energia elétrica em Portugal Continental.

Tabela 4.9 - Fator de emissão do sistema electroprodutor para o ano de 2015 (Adaptado de DGEG, 2018) .

Ano	2015
Fator de emissão médio do sistema electroprodutor (kg CO ₂ .kWh ⁻¹)	0,29

O fator de emissão mais recente de fonte oficial encontra-se acima das previsões, não se necessita de fazer ajuste nos valores iniciais deste. Assim, a evolução do fator de emissão considerado para simulação, é o constante na tabela 4.10, em que se considerou o cenário de mitigação de 60% das emissões totais no ano 2050 face a 1990, apresentado no «Roteiro Nacional de Baixo Carbono». Para efeitos de simplificação, entre valores apresentados considera-se uma transição linear entre os mesmos, estando todos os valores utilizados apresentados no Anexo I (figura 8.1 e tabela 8.1).

Tabela 4.10 - Evolução do fator de emissão do sistema eletroprodutor, considerando o cenário de mitigação de 60% das emissões até 2050 (Adaptado de: Seixas *et al.*, 2012).

Ano	2020	2050
Fator de emissão do sistema electroprodutor (kg CO ₂ .kWh ⁻¹)	0,26	0,08

4.5.2 Licenças de emissão

Segundo o documento publicado pela Comissão Europeia «*EU Reference Scenario 2016*» (Capros *et al.*, 2016), a evolução do custo de licenças de emissão é crescente ao longo do tempo,

estando esses valores apresentados na figura 4.6. No entanto, atualmente, o custo da tonelada de CO₂, desde a sua publicação no ano de 2016, já se encontra acima do valor previsto para o ano 2020. Assim, para a presente metodologia, o valor na perspectiva do sistema electroprodutor é de 20,76 euro por tonelada emitida, valor previsto no comércio europeu de licenças de emissão para o ano 2020 (Twidale, 2018).

De acordo com a previsão referida, redefiniu-se o valor inicial do ano 2020 na figura 4.6, considerando-se o seu crescimento linear entre este e o próximo valor previsto (ano 2030) (Capros *et al.*, 2016). Para os restantes anos, para efeitos de cálculo, considera-se que os valores para 2030 a 2050 se mantêm inalterados, do originalmente publicado no «*EU Reference Scenario 2016*» (Capros *et al.*, 2016).

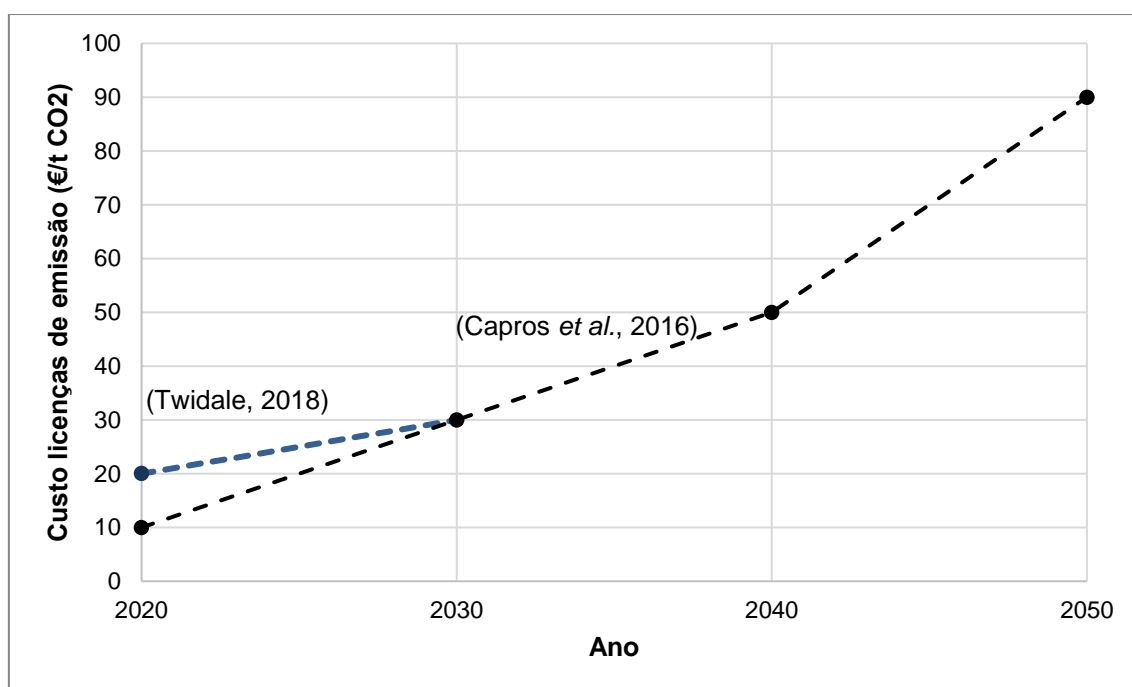


Figura 4.6 - Evolução do custo de licenças de emissão (linha a preto) no comércio europeu de licenças de emissão (Adaptado de: Capros *et al.*, 2016). Ajustado (linha a azul) para refletir o aumento do valor das licenças face ao previsto (Twidale, 2018).

4.6 Configurações simuladas em MATLAB

As configurações simuladas como apresentadas na tabela 4.1, são apresentadas através dos diagramas de funcionamento das funções criadas em MATLAB para as efetuar. Estes diagramas são apresentados na figura 4.7 (SA-0 e SA-1), na figura 4.8 (SAR-0 e SAR-1) e na figura 4.9 (SMR).

Nas configurações de sistema para autoconsumo sem venda de produção à rede (SA-0 e SA-1) é considerado que a produção apenas afeta a casa onde a produção é efetuada, não existindo

injeção na rede. Os excedentes de produção que não são aproveitados para autoconsumo ou armazenamento consideram-se não utilizados.

As configurações de autoconsumo com injeção de excedentes na rede (SAR-0 e SAR-1), incluem a venda de excedentes de produção ao Comercializador de Último Recurso (CUR), quando a produção excede o autoconsumo ou a capacidade de armazenamento. Esta venda de excedentes afeta a energia proveniente de fotovoltaico produzido no consumo dos restantes participantes, quando o excedente de um produtor-consumidor é injetado na rede quando outro no mesmo período horário requer consumos da rede para satisfazer as suas necessidades energéticas.

Na simulação de micro-rede com transações de eletricidade (SMR), assume-se que existe um mecanismo de organização de transações de eletricidade entre produtores e consumidores inseridos na rede. A utilização de eletricidade tem em vista a maximização de eficiência, dando prioridade ao autoconsumo e às transações de eletricidade, antes de recorrer ao armazenamento para os excedentes, devido às perdas associadas com o ciclo de carga e descarga das baterias (tabela 4.7). Nesta configuração, é assumido que há injeção de excedentes na rede de distribuição quando a produção excede a capacidade da micro-rede fazer uso da mesma. É assumido a injeção de excedentes na rede e venda ao CUR. Quando a produção não é passível de ser transacionada nem armazenada dentro da micro-rede, é considerada excedente de produção.

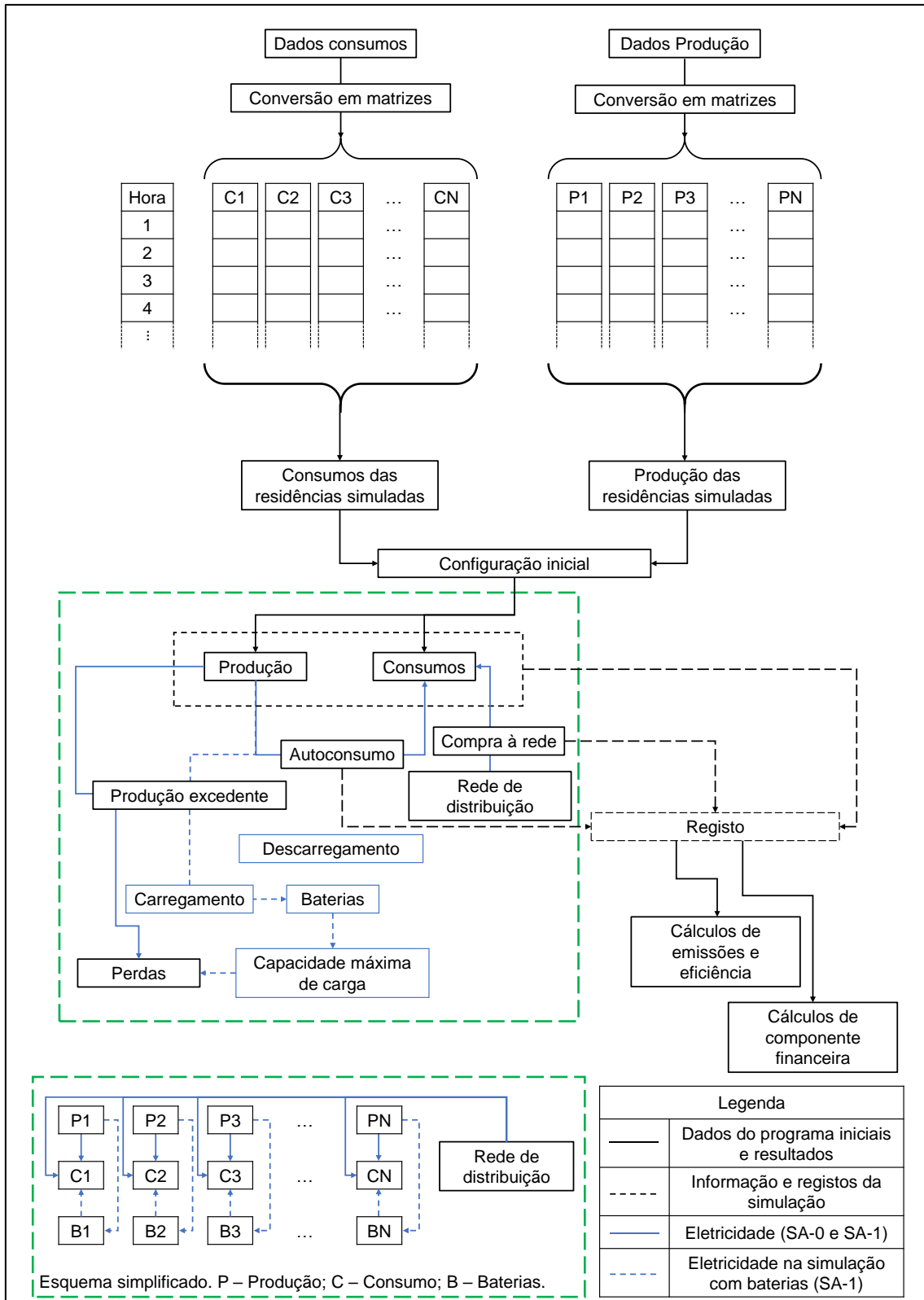


Figura 4.7 – Diagrama de funcionamento da simulação para configurações SA-0 e SA-1 em que a produção de eletricidade é para autoconsumo.

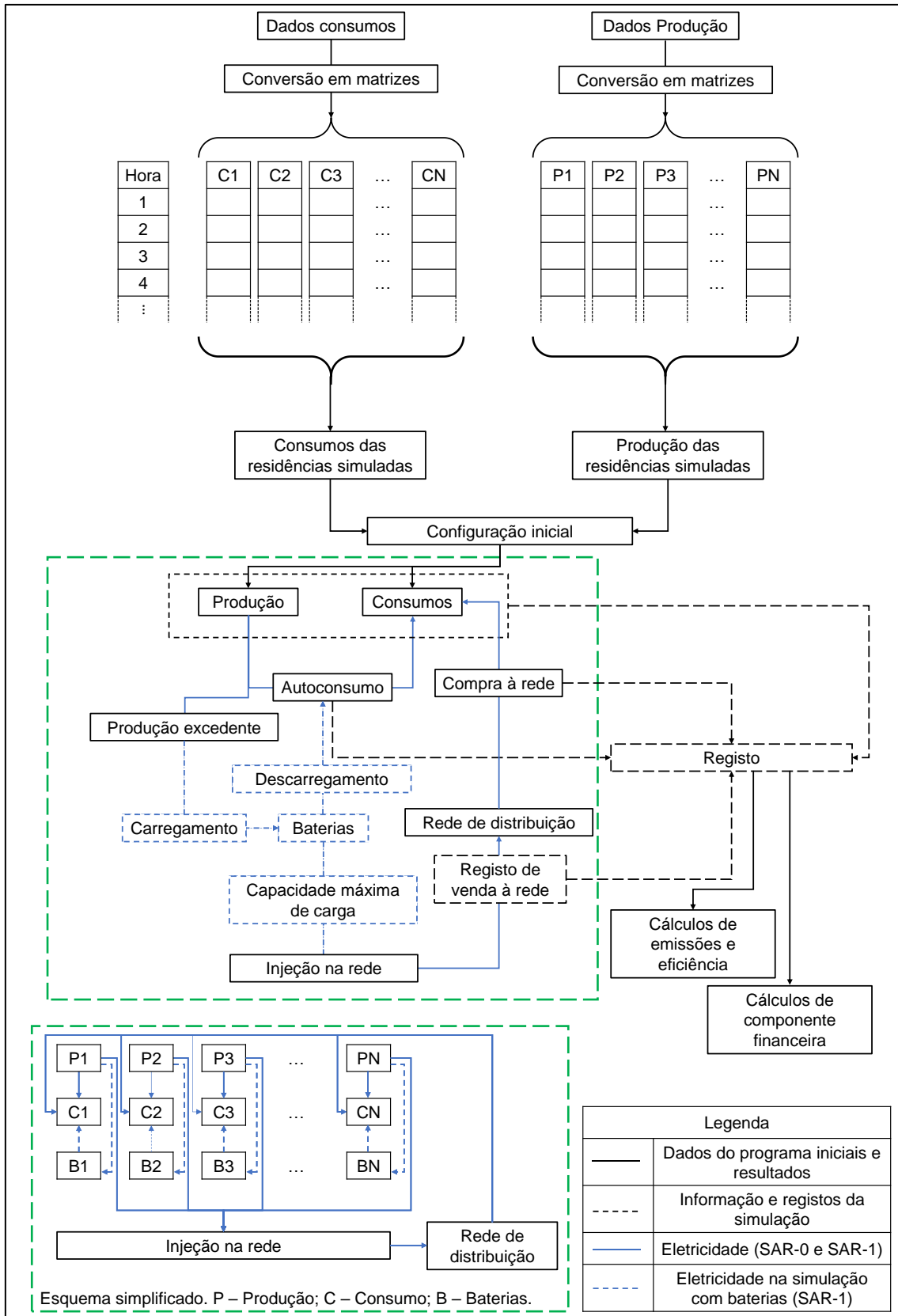


Figura 4.8 - Diagrama de funcionamento da simulação para configurações SAR-0 e SAR-1 em que a produção de eletricidade é para autoconsumo com injeção de excedentes na rede.

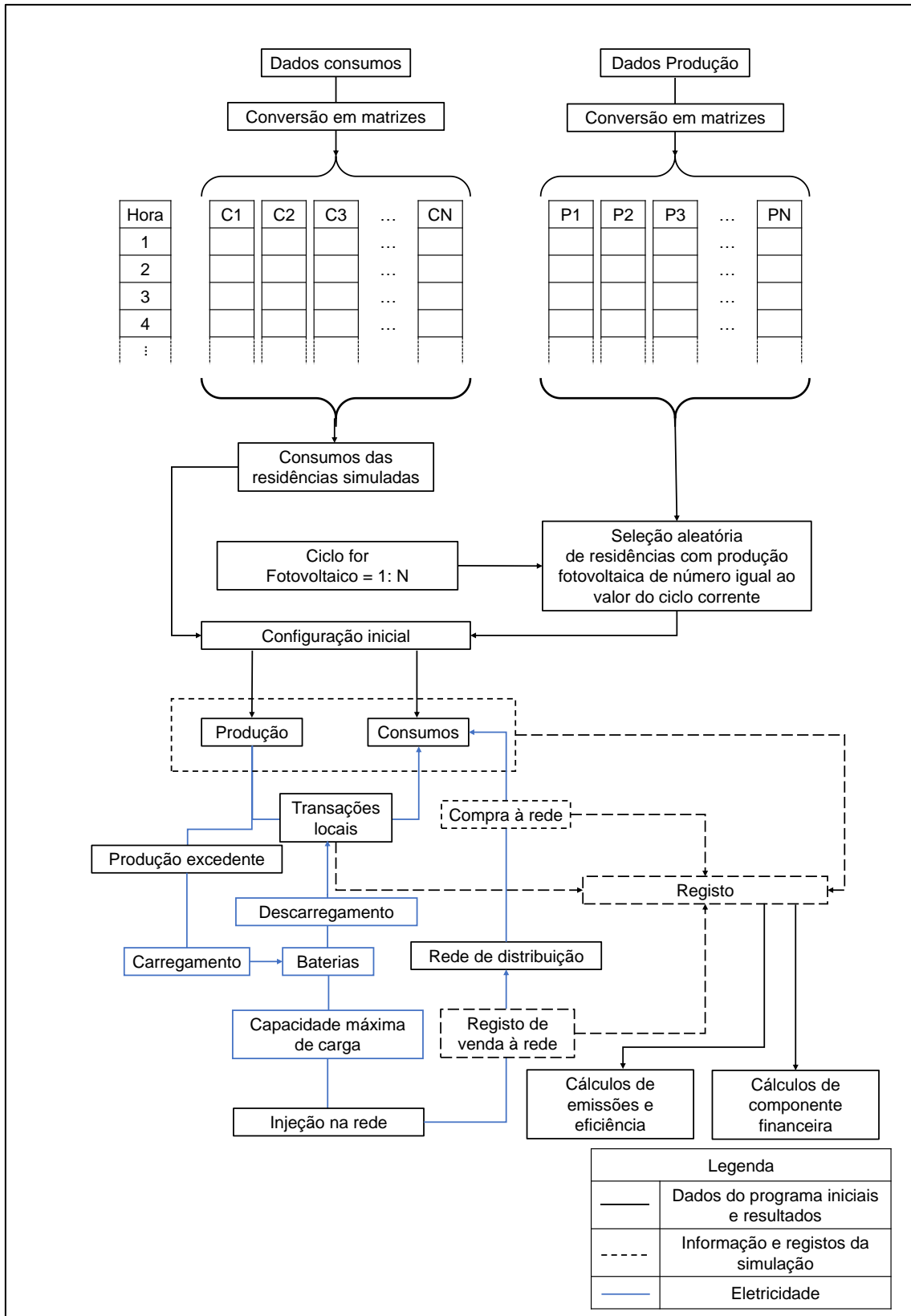


Figura 4.9 - Diagrama de funcionamento da simulação da configuração SMR, em que a produção local de eletricidade é transacionada entre *prosumers* e consumidores locais, sendo os excedentes injetados na rede local.

4.7 Cálculos de resultados da simulação

Após a realização das simulações, é necessário tratar os dados finais, de forma a ter resultados que possibilitem a avaliação das diferentes configurações. As seguintes fórmulas, apresentadas nas equações 4.3, 4.4 e 4.5 que avaliam parâmetros relevantes para o objetivo da dissertação, sendo estas, (i) as emissões de CO₂ evitadas pelo consumo de produção local de solar fotovoltaico, (ii) a dependência do sistema electroprodutor centralizado para os consumos de eletricidade, (iii) a produção local de eletricidade que não pode ser utilizada para consumo ou armazenamento em baterias.

4.7.1 Redução de emissões de CO₂

A redução de emissões de CO₂ é calculada anualmente através do fator de emissão, utilizando os valores da tabela 4.10. Esta redução de emissões tem base no consumo local de solar fotovoltaico de cada configuração simulada.

$$RE = \sum_{a=1}^N ECSF_a \times FE_a \quad (4.3)$$

Sendo: «RE» - A redução de emissões de CO₂ total da configuração simulada (kg); «N» - Total de anos da simulação; «ECSF» - Eletricidade consumida produzida localmente por solar fotovoltaico no ano 'a' (kWh); «FE» - Fator de emissão no ano 'a' (kg CO₂.kWh⁻¹).

4.7.2 Dependência da rede elétrica no consumo de eletricidade

No âmbito da simulação das várias configurações é pertinente a origem da eletricidade consumida. São consideradas duas origens de eletricidade, a produzida localmente por fotovoltaico e a de origem externa, proveniente da rede de distribuição à qual é associado um fator de emissão calculado a partir da tabela 4.10.

A equação 4.4 quantifica a energia proveniente da rede elétrica relativamente ao total da eletricidade utilizada para satisfazer os consumos das casas simuladas. Esta equação tem o domínio $D_{CRE} \in [0, 1]$, sendo expressa em percentagem, como a parte do consumo de eletricidade proveniente da rede de distribuição.

$$CRE = \frac{\sum_{i=1}^H ECR_i}{\sum_{i=1}^H ECT_i} \quad (4.4)$$

Sendo: «CRE» - Fração da eletricidade consumida adquirida à rede elétrica; «H» - Total de horas da simulação; «ECR_i» - Eletricidade consumida fornecida através da rede de distribuição, na hora 'i' (kWh); «ECT_i» - Eletricidade correspondente ao consumo total, na hora 'i' (kWh).

4.7.3 Produção de eletricidade não utilizada localmente

Na avaliação da produção de eletricidade, pretende-se verificar qual a eletricidade produzida que não é utilizada localmente, uma vez que esta eletricidade é perdida ou injetada na rede de distribuição, dependendo da configuração. Estas perdas não são proveitosas para o produtor, uma vez que não tem qualquer benefício económico e a venda ao CUR significa reduzido retorno. Acarreta ainda consequências negativas para a rede de distribuição num cenário de proliferação de produção descentralizada em redes de baixa tensão e injeção simultânea destes excedentes.

O balanço de produção do sistema simulado, como explícito na equação 4.5, traduz a quantidade de energia produzida em excesso face à produção total. Este excedente é considerado na ótica dos participantes, a equação tem o domínio $D_{IPE} \in [0, 1]$, sendo expressa em percentagem.

$$IPE = \frac{\sum_{i=1}^H PFE_i}{\sum_{i=1}^H PFT_i} \quad (4.5)$$

Sendo: «IPE» - Indicador de produção excedente dos consumos da configuração simulada; «H» - Total de horas da simulação; «PFE_i» - Produção de eletricidade que excede os consumos verificados e a capacidade de carga do armazenamento instalado, na hora 'i' (kWh); «PFT_i» - Produção total de eletricidade, na hora 'i' (kWh).

4.7.4 Componente financeira

A componente financeira é crucial de modo a ter evidência de um eventual retorno do investimento e interesse económico na criação deste tipo de infraestruturas face a outros métodos como sistemas fotovoltaicos exclusivamente para autoconsumo. Deste modo, a análise financeira irá incidir tanto na perspetiva do consumidor-produtor, como na perspetiva da micro-rede como um todo.

A taxa de juro considerada nos cálculos foi de 2,00%, considerando que, no momento de escrita da presente dissertação, a taxa se encontra fixada pelo Banco Central Europeu em 0,00% (Banco Central Europeu, 2018). O motivo de escolha de taxa com valor diferente da que se encontra fixada, é para melhor refletir outras opções de investimento de capital.

É utilizado o Valor atual líquido (VAL) para caracterizar o desempenho financeiro das várias configurações simuladas. O VAL é uma componente de avaliação financeira de projetos que dá o retorno monetário final de um projeto atualizado para o presente. Na presente dissertação este cálculo serve como indicador económico e como método de dimensionamento para o sistema fotovoltaico final simulado nas diferentes configurações.

$$VAL = \sum_{a=0}^N \frac{CF_a}{(1+t)^a} \quad (4.6)$$

Sendo: «N» - Tempo, em anos, de vida útil do projeto; «CF_a» - O balanço financeiro do ano 'a'; «t» - A taxa de atualização.

4.8 Determinação de capacidade de produção instalada nas configurações

A determinação da capacidade instalada de produção fotovoltaica em cada configuração, efetuou-se a partir do VAL, com o objetivo de maximização do mesmo. Este objetivo foi atingido utilizando as funções de MATLAB para cada configuração.

Nas configurações SA-0, SA-1, SAR-0 e SAR-1, o dimensionamento foi efetuado para cada casa individualmente, dado que, nestas configurações, os benefícios económicos são apenas dependentes da capacidade de fazer uso da produção de eletricidade da própria casa. Assim, considerou-se que a capacidade mínima a instalar fosse 0,1 kW, sendo este valor incrementado em cada simulação subsequente em 0,1 kW, até atingir a capacidade máxima disposta na tabela 4.6 (para cada casa).

Após este procedimento, que resultou em 1551 simulações individuais por cada configuração, foi selecionado para cada casa a capacidade instalada de solar fotovoltaico que maximiza o VAL de cada *prosumer*. Os resultados destas simulações dispostos no Anexo IV (tabela 8.2) para a configuração SA-0, no Anexo V (tabela 8.3) para a configuração SA-1, no Anexo VI (tabela 8.4) para a configuração SAR-0 e no Anexo VII (tabela 8.5) para a configuração SAR-1.

Relativamente à configuração em micro-rede (SMR), o dimensionamento, já não pode ser individualmente efetuado, devido ao facto de o existirem interações entre as diferentes casas no retorno económico dos *prosumers*. Assim, foi efetuado através da simulação das diferentes configurações de *prosumers* e consumidores possíveis, considerando que os *prosumers* têm instalada a capacidade de produção máxima disposta na tabela 4.6 (para cada casa). Considerando «S» o conjunto das 19 casas na rua sintética e «n» o número de elementos desse conjunto, temos que o número de combinações simuladas em micro-rede efetuadas é igual a:

$$\sum_{r=1}^{19} C_r^n = 524\ 287 \quad (4.7)$$

Os resultados destas simulações são dispostos nas figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, e são referentes ao VAL, à redução de emissões total por consumo de eletricidade produzida na micro-rede, à eletricidade produzida excedente ao consumo na micro-rede, vendida à rede e ao consumo de eletricidade adquirida à rede.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados das simulações das diferentes configurações de sistemas de produção e autoconsumo e também as diferentes configurações de micro-rede, seguindo o disposto na metodologia. Dada a dimensão do espaço de resultados, estes são apresentados para cada configuração simulada, em termos de (i) o valor atual líquido para os produtores, (ii) a eletricidade produzida consumida e a excedente e o (iii) impacte na redução de emissões de CO₂ face a um cenário em que se mantém o paradigma atual de dependência da rede elétrica.

A emissão de gases de efeito estufa no processo de produção elétrica é considerada uma externalidade negativa para o setor electroprodutor, tendo um custo equivalente ao valor da licença de emissão. A sua redução considera-se um ganho económico para a qual é calculado um VAL correspondente, utilizando a taxa de atualização previamente mencionada e o cenário de evolução destes custos de aquisição de licenças no CELE da figura 4.6.

Os ganhos económicos da redução de emissões não são considerados para os restantes cálculos financeiros das configurações, dado que, com os pressupostos na presente dissertação, não afetam de forma direta os *prosumers*, sendo apenas apresentados como forma de representar os impactes positivos da descentralização de produção elétrica a partir de fontes renováveis no restante sistema centralizado. No entanto, é possível que uma entidade que opera no sistema centralizados proceda à instalação de uma das seguintes configurações, tornando este valor relevante para a mesma.

5.1 Instalações de solar fotovoltaico para autoconsumo

A configuração de instalações para autoconsumo sem e com armazenamento, denominadas por SA-0 e SA-1 respetivamente, assume que os excedentes de produção não são injetados na rede. Este cenário é relevante em casos de proliferação de fotovoltaico, em que o preço de venda de eletricidade injetada na rede pode não compensar os custos incorridos para facilitar esta transação.

O dimensionamento da capacidade instalada de cada *prosumer* é feito com base no seu VAL, sendo o objetivo a sua maximização. Os valores possíveis considerados para estas instalações são entre 0,1 kW e os valores máximos dispostos na tabela 4.6 (para cada casa), sendo simulados em incrementos de 0,1 kW, com vista a obtenção do VAL para cada *prosumer* com as diferentes capacidades de produção instaladas (estas simulações são apresentadas no Anexo IV (tabela 8.2) para a configuração SA-0 e no Anexo V (tabela 8.3) para a configuração SA-1).

Após estas simulações, é seleccionada a capacidade de produção instalada individual que confere um maior retorno económico para cada casa. As configurações estudadas na tabela 5.1,

configuração SA-0 e na tabela 5.4, configuração SA-1, já refletem esta seleção de capacidade instalada de solar fotovoltaico e as restantes tabelas neste subcapítulo são referentes a estas simulações.

5.1.1 Simulação sem armazenamento de eletricidade (SA-0)

Na tabela 5.1 encontram-se os resultados por *prosumer* da simulação de autoconsumo sem armazenamento, na qual se verifica significativos ganhos económicos pelo autoconsumo da produção da instalação fotovoltaica. Os valores de produção fotovoltaica que excede o autoconsumo, são referentes ao potencial de produção, uma vez que não existe consumo ou fornecimento à rede elétrica, esta produção é inexistente, mas é considerado um recurso não aproveitado.

Podemos verificar um elevado desaproveitamento da capacidade produtiva local em praticamente todas as casas, sendo apenas um caso em que a produção é aproveitada quase na totalidade, as restantes casas situam-se entre os 12% e os 31%. Considerando estes resultados conjuntamente com a dependência da rede para os consumos, que é também elevada, verificamos que a solução não apresenta autossuficiência.

Tabela 5.1 – Resultados individuais da simulação em cenário de instalação de fotovoltaico para autoconsumo sem armazenamento (SA-0), em que a instalação é dimensionada para a maximização do seu valor atual líquido.

Contador	Fotovoltaico instalado (kW)	Valor atual líquido (€)	«IPE» - Produção fotovoltaica não aproveitada (%)	«CRE» - Consumo de eletricidade adquirida à rede (%)
C1	0,5	285	31,4%	92,0%
C2	1,5	1 860	13,5%	86,1%
C3	2,1	2 024	20,9%	85,4%
C4	3,9	4 613	15,0%	81,7%
C5	1,6	1 833	16,0%	84,5%
C6	3,6	3 616	19,8%	82,2%
C7	5,3	6 251	15,1%	78,1%
C8	1,4	1 290	22,0%	83,4%
C9	3	4 852	3,6%	84,1%
C10	2,8	2 891	19,1%	80,3%
C11	0,6	726	14,3%	95,4%
C12	2,9	3 792	11,7%	75,8%
C13	1,8	2 233	13,5%	73,6%
C14	2,1	2 476	15,1%	84,0%
C15	1,6	1 602	19,9%	88,9%
C16	2,2	2 882	11,6%	75,1%
C17	1,2	1 477	13,8%	82,3%
C18	2,3	2 936	12,5%	83,3%
C19	4,3	4 435	19,1%	83,9%

Nos resultados agregados da simulação para os 19 *prosumers* na tabela 5.2, verifica-se que a produção fotovoltaica não aproveitada anualmente começa nos 18%, reduzindo gradualmente devido à redução de eficiência do sistema fotovoltaico, mas mantendo-se acima dos 12% da capacidade total de produção fotovoltaica. Este não aproveitamento elevado deve-se á falta de solução de armazenamento, o que também implica uma elevada dependência (acima de 80% da eletricidade consumida anualmente) da eletricidade fornecida pela rede de distribuição.

Relativamente às emissões reduzidas através do consumo de eletricidade produzida localmente por via fotovoltaica comparativamente à alternativa de aquisição à rede, podemos observar um decréscimo ao longo do tempo, devendo-se sobretudo à evolução decrescente do fator de emissão considerado para o cálculo das emissões geradas pela produção centralizada de eletricidade (i.e. incorporação crescente de renováveis). Na tabela 5.3 são totalizados a redução de emissões e o VAL desta solução na perspetiva do sistema produtor centralizado, como resultado da redução de externalidades devidas em forma de licenças de emissão, pelo aumento de consumo de renováveis produzidas localmente.

Tabela 5.2 – Resultados anuais agregados da simulação em autoconsumos sem armazenamento de produção elétrica (SA-0).

Ano	Redução de emissões segundo fator de emissão (t CO ₂ /ano)	Redução de custos do sistema electroprodutor em licenças de emissão (€/ano)	«CRE» - Consumo de eletricidade adquirida à rede (%)	«IPE» - Produção fotovoltaica não aproveitada (%)
2020	15,0	300	81,9%	18,5%
2021	14,6	306	82,0%	18,2%
2022	14,1	311	82,1%	17,8%
2023	13,7	315	82,2%	17,5%
2024	13,3	319	82,4%	17,2%
2025	12,9	321	82,5%	16,9%
2026	12,4	323	82,6%	16,6%
2027	12,0	325	82,7%	16,2%
2028	11,6	325	82,8%	15,9%
2029	11,2	325	83,0%	15,6%
2030	10,8	324	83,1%	15,3%
2031	10,4	333	83,2%	14,9%
2032	10,0	340	83,3%	14,6%
2033	9,6	346	83,5%	14,3%
2034	9,2	350	83,6%	14,0%
2035	8,8	353	83,7%	13,6%
2036	8,4	355	83,9%	13,3%
2037	8,1	355	84,0%	13,0%
2038	7,7	354	84,1%	12,7%
2039	7,3	352	84,3%	12,3%

Tabela 5.3 – Resultados totais agregados de redução de emissões na simulação em autoconsumo sem armazenamento de produção elétrica (SA-0), para o período simulado (2020 a 2039).

Produção instalada (kW)	44,7
Total de redução de emissões (t CO₂)	221,2
VAL relativo à redução de custos com licenças de emissão no sistema electroprodutor (€)	5 390

5.1.2 Simulação com armazenamento de eletricidade (SA-1)

Ao contrário dos resultados apresentados para o cenário anterior, a tabela 5.4 apresenta o cenário com utilização de armazenamento, verifica-se que, apesar de a capacidade instalada ser superior a dependência da rede e a produção local não utilizada apresentarem uma redução na maioria dos casos. A produção não utilizada apresenta-se na maioria das casas abaixo dos 12% da produção total, existindo apenas uma que ultrapassa este valor para 24%, contudo esta mesma casa tem consumos provenientes da rede de apenas 48%, sendo que as restantes casas têm igualmente uma maior autossuficiência da rede elétrica quando comparado à configuração anterior.

A capacidade de produção instalada para cada *prosumer* que maximiza o retorno de investimento é mais elevada, comparativamente à simulação sem armazenamento de eletricidade. Este aumento deve-se a dois fatores: a capacidade de armazenamento aumenta o total que pode ser produzido diariamente para consumo e o custo de armazenamento é significativamente elevado comparativamente aos painéis fotovoltaicos, ao ponto de ter uma produção mais elevada e excedente em alturas de maior produção e menor consumo, de modo a compensar o período em que se sucede o inverso, aumentando o aproveitamento e dependência da rede.

No entanto, o retorno de investimento (VAL) após o seu período de vida útil, é negativo para todas as instalações. Isto é devido ao custo elevado das soluções de armazenamento disponíveis e ao seu curto período de vida comparativamente ao sistema fotovoltaico, o que implica que exista uma renovação do sistema de armazenamento no período de vida útil da instalação fotovoltaica, aumentando o custo desta alternativa.

A produção fotovoltaica não aproveitada nesta configuração, refere-se à capacidade produtiva que não é utilizada tanto para autoconsumo e armazenamento. A não utilização para armazenamento, deve-se às limitações físicas inerentes das baterias (características apresentadas na tabela 4.7), tanto pela energia total que pode ser armazenada ou pela limitação na taxa de carga da mesma.

Tabela 5.4 – Resultados individuais da simulação em cenário de instalação de solar fotovoltaico para autoconsumo com solução de armazenamento de energia (SA-1), sendo as características da mesma apresentadas na tabela 4.7, em que a instalação é dimensionada para a maximização do seu valor atual líquido.

Contador	Fotovoltaico instalado (kW)	Valor atual líquido (€)	«IPE» - Produção fotovoltaica não aproveitada (%)	«CRE» - Consumo de eletricidade adquirida à rede (%)
C1	3,1	-12 243	24,3%	48,2%
C2	4,3	-8 619	6,8%	59,2%
C3	5,2	-7 226	6,0%	59,1%
C4	7,2	-4 210	6,0%	63,9%
C5	5,1	-7 634	7,0%	48,2%
C6	7,0	-6 139	11,5%	63,6%
C7	7,2	-3 002	2,5%	66,6%
C8	4,0	-9 734	12,2%	49,1%
C9	3,0	-9 072	0,0%	83,6%
C10	5,0	-6 748	2,9%	59,2%
C11	3,4	-10 152	8,5%	74,0%
C12	6,2	-5 629	5,6%	46,7%
C13	4,5	-8 177	6,1%	31,5%
C14	5,6	-6 592	5,5%	54,8%
C15	4,6	-8 944	11,5%	66,5%
C16	5,3	-6 883	5,1%	38,4%
C17	4,0	-8 773	4,5%	38,4%
C18	5,0	-6 659	1,9%	60,9%
C19	7,7	-4 406	8,9%	68,8%

Nos resultados agregados da simulação para todos os *prosumers*, na tabela 5.5, verifica-se que a produção fotovoltaica não utilizada é mais reduzida que no cenário sem armazenamento, apesar da capacidade de produção instalada ser superior. Este excedente mais reduzido e o aumento de produção, significa uma maior capacidade de satisfazer as necessidades de consumos de eletricidade através de autoconsumo.

Relativamente às emissões reduzidas através do consumo de eletricidade produzida por via fotovoltaica produzida localmente, podemos observar um decréscimo ao longo do tempo, devendo-se sobretudo à evolução decrescente do fator de emissão considerado para o cálculo. Na tabela 5.6 são totalizados a redução de emissões e o VAL desta solução na perspetiva do sistema produtor centralizado, como resultado da redução de externalidades devidas em forma de licenças de emissão, pelo aumento de consumo de renováveis produzidas localmente.

Tabela 5.5 – Resultados anuais agregados da simulação em autoconsumos com armazenamento de produção elétrica (SA-1).

Ano	Redução de emissões segundo fator de emissão (t CO ₂ /ano)	Redução de custos do sistema electroprodutor em licenças de emissão (€/ano)	«CRE» - Consumo de eletricidade adquirida à rede (%)	«IPE» - Produção fotovoltaica não aproveitada (%)
2020	34,5	690	58,4%	14,0%
2021	33,5	704	58,6%	13,6%
2022	32,5	716	58,9%	13,2%
2023	31,6	726	59,1%	12,9%
2024	30,6	734	59,4%	12,5%
2025	29,6	741	59,6%	12,1%
2026	28,7	745	59,9%	11,7%
2027	27,7	748	60,2%	11,4%
2028	26,8	749	60,4%	11,0%
2029	25,8	749	60,7%	10,7%
2030	24,9	747	61,0%	10,3%
2031	24,0	767	61,3%	10,0%
2032	23,0	783	61,6%	9,7%
2033	22,1	796	61,9%	9,4%
2034	21,2	806	62,2%	9,1%
2035	20,3	813	62,6%	8,8%
2036	19,4	816	62,9%	8,5%
2037	18,5	816	63,2%	8,2%
2038	17,7	813	63,6%	7,9%
2039	16,8	807	63,9%	7,7%

Tabela 5.6 – Resultados totais agregados da redução de emissões na simulação em autoconsumos com armazenamento de produção elétrica.

Produção instalada (kW)	97,4
Total de redução de emissões (t CO₂)	509,3
VAL relativo à redução de custos com licenças de emissão no sistema electroprodutor (€)	12 409

5.2 Instalações de fotovoltaico para autoconsumo com venda de excedentes ao operador de rede de distribuição

A configuração de instalações para autoconsumo com e sem armazenamento, denominadas por SAR-0 e SAR-1 respetivamente, assumem que os excedentes de produção são injetados na rede e existe receita desta transação com o operador da rede conforme o disposto na tabela 4.8. Esta injeção de excedentes na rede é para efeitos de cálculo, contabilizada nos consumos de

produção de solar fotovoltaico local nas tabelas de valores agregados, quando este consumo se verifica. Este cenário reflete a corrente legislação que regula a produção descentralizada.

O dimensionamento da capacidade instalada de cada *prosumer* é feito similarmente às configurações SA-0 e SA-1, isto é, são selecionadas as configurações que conferem o VAL mais elevado para cada casa individualmente (estas simulações são apresentadas no Anexo VI (tabela 8.4) para a configuração SAR-0 e no Anexo VII (tabela 8.5) para a configuração SAR-1). Os valores na tabela 5.7 e na tabela 5.10, já refletem este cálculo e as restantes tabelas neste subcapítulo são referentes a estas simulações.

Neste cenário, as tabelas 5.7 e 5.10 dizem respeito ao autoconsumo simulado e à eletricidade adquirida à rede na perspetiva individual de cada casa. No entanto, as restantes tabelas 5.8, 5.9, 5.11 e 5.12 consideram os fluxos de eletricidade na rede local considerando que ocasionalmente a produção excedente de um produtor, sendo injetada na rede satisfaz os consumos de outro consumidor simulado, contabilizando para o consumo de produção local e influência a redução de emissões.

5.2.1 Simulação sem armazenamento de eletricidade (SAR-0)

Comparativamente à configuração SA-0, verificamos na tabela 5.7 que existe uma maior capacidade instalada quando se procede à venda de excedentes de produção, o que confere um maior retorno de investimento. No entanto, este aumento de capacidade de produção cria um *feedback* positivo, que resulta num aumento de produção excedente do autoconsumo, assumindo que a venda de excedentes tem um retorno monetário associado suficiente para causar este efeito.

Verifica-se que com esta capacidade de produção instalada superior, os excedentes de produção são mais elevados comparativamente à configuração SA-0, devendo-se isto ao retorno monetário de venda de excedentes, associado também à falta de armazenamento instalado. Apesar da produção de eletricidade ser mais elevada, verifica-se que o efeito na capacidade de autossuficiência da rede elétrica é reduzido, sendo o consumo de eletricidade adquirida ao comercializador apenas ligeiramente inferior ao da configuração SA-0.

Estes resultados associados ao retorno de investimento calculado ser mais elevado, sugerem que a venda ao comercializador do excedente da produção tem um impacto económico positivo. No entanto, na simulação não é considerado nenhuma tendência evolutiva dos preços de compra de eletricidade, podendo existir flutuações de preço com um aumento significativo na venda de solar fotovoltaico à rede, estando este tipo de configuração dependente de uma estabilização destes valores.

Tabela 5.7 – Resultados individuais da simulação em cenário de instalação de fotovoltaico para autoconsumo sem armazenamento (SAR-0), em que a instalação é dimensionada para a maximização do seu valor atual líquido.

Contador	Fotovoltaico instalado (kW)	Valor atual líquido (€)	«IPE» - Produção fotovoltaica excedente do autoconsumo vendido à rede (%)	«CRE» - Consumo de eletricidade adquirida à rede (%)
C1	1,1	621	47,4%	86,4%
C2	2,3	2274	29,6%	82,7%
C3	3,6	2943	36,5%	80,0%
C4	6,4	5897	32,4%	76,1%
C5	2,9	2449	35,5%	78,5%
C6	6,4	5184	37,0%	75,2%
C7	7,2	7934	25,7%	73,9%
C8	2,8	2045	40,9%	74,9%
C9	3,0	4997	3,6%	84,1%
C10	4,4	3920	33,6%	74,5%
C11	1,3	1000	38,5%	92,9%
C12	4,3	4534	27,2%	70,4%
C13	2,7	2770	28,4%	67,2%
C14	3,5	3171	33,1%	79,0%
C15	3,0	2308	38,6%	84,1%
C16	3,3	3442	27,5%	69,4%
C17	1,9	1849	30,3%	77,4%
C18	3,7	3592	30,4%	78,6%
C19	8,0	6493	37,7%	77,0%

Nos resultados agregados da simulação para os 19 *prosumers* na tabela 5.8, verifica-se que a produção fotovoltaica excedente é mais elevada que no cenário sem armazenamento e sem venda de excedentes de produção (SA-0). Este excedente elevado deverá ser causado pela falta de solução de armazenamento associado ao facto de produzirem retorno financeiro. Este retorno é inferior ao que se verifica através do autoconsumo, no entanto, serve como apoio financeiro aos dias de produção elevada e pouco consumo, justificando o aumento de capacidade produtiva instalada para dias em que se verifica a situação inversa.

A redução de emissões pelo consumo de fotovoltaico produzido localmente, verifica-se mais elevada quando comparada com a configuração SA-0. Esta redução deve-se ao aumento da produção e também devido à contabilização de excedentes vendidos à rede no mesmo período em que há compra de eletricidade consumida por outro consumidor.

Na tabela 5.9 encontra-se o somatório da redução de emissões e o VAL desta solução na perspetiva do sistema produtor centralizado, como resultado da redução de externalidades em forma de licenças de emissão, pelo aumento de consumo de renováveis produzidas localmente.

Tabela 5.8 – Resultados anuais agregados da simulação em autoconsumos sem armazenamento de produção elétrica (SAR-0).

Ano	Redução de emissões segundo fator de emissão (t CO ₂ /ano)	Redução de custos do sistema electroprodutor em licenças de emissão (€/ano)	«CRE» - Eletricidade consumida adquirida à rede e produzida externamente à rua simulada (%)	«IPE» - Produção fotovoltaica excedente dos consumos da rua simulada, vendida à rede (%)
2020	22,7	454	72,6%	23,2%
2021	22,1	464	72,7%	22,8%
2022	21,5	472	72,9%	22,3%
2023	20,9	480	73,0%	21,9%
2024	20,2	486	73,1%	21,4%
2025	19,6	491	73,2%	21,0%
2026	19,0	495	73,4%	20,5%
2027	18,4	498	73,5%	20,0%
2028	17,8	499	73,6%	19,6%
2029	17,2	500	73,8%	19,1%
2030	16,6	499	73,9%	18,6%
2031	16,1	514	74,1%	18,1%
2032	15,5	526	74,2%	17,7%
2033	14,9	536	74,3%	17,2%
2034	14,3	544	74,5%	16,7%
2035	13,8	550	74,6%	16,2%
2036	13,2	554	74,8%	15,7%
2037	12,6	556	75,0%	15,2%
2038	12,1	555	75,1%	14,7%
2039	11,5	552	75,3%	14,2%

Tabela 5.9 – Resultados totais agregados da redução de emissões na simulação em autoconsumos sem armazenamento de produção elétrica.

Produção instalada (kW)	71,8
Total de redução de emissões (t CO₂)	340,1
VAL relativo à redução de custos com licenças de emissão no sistema electroprodutor (€)	8 301

5.2.2 Simulação com armazenamento de eletricidade (SAR-1)

A simulação da configuração SAR-1 (tabela 5.10) apresenta uma maior capacidade de produção por casa que maximiza o VAL quando comparada com a configuração SA-1. O retorno de investimento para os produtores é também comparativamente superior, no entanto os valores continuam a ser negativos.

Os resultados da configuração referentes à produção e consumo de eletricidade, verifica-se que a percentagem de produção que não é utilizada para autoconsumo é superior, resultando numa maior injeção de eletricidade excedente na rede elétrica. No entanto, verifica-se também que existe uma menor dependência da rede para os consumos de eletricidade.

Tabela 5.10 – Resultados individuais da simulação em cenário de instalação de fotovoltaico para autoconsumo com solução de armazenamento de energia (SAR-1), sendo as características da mesma apresentadas na tabela 4.7, em que a instalação é dimensionada para a maximização do seu valor atual líquido.

Contador	Fotovoltaico instalado (kW)	Valor atual líquido (€)	«IPE» - Produção fotovoltaica excedente do autoconsumo vendida à rede (%)	«CRE» - Consumo de eletricidade adquirida à rede (%)
C1	4,2	-10 966	32,0%	37,2%
C2	5,3	-8 031	15,6%	54,6%
C3	6,3	-6 575	13,9%	54,9%
C4	7,2	-3 688	6,0%	63,9%
C5	6,1	-6 940	14,0%	43,1%
C6	8,3	-4 902	15,7%	59,8%
C7	7,2	-2 770	2,5%	66,6%
C8	5,3	-8 700	22,5%	40,7%
C9	3,0	-9 072	0,0%	83,6%
C10	5,0	-6 576	2,9%	59,2%
C11	4,7	-9 493	21,4%	69,2%
C12	7,2	-4 918	11,2%	42,3%
C13	5,5	-7 608	14,8%	24,2%
C14	6,8	-5 910	13,6%	50,1%
C15	5,8	-7 943	19,7%	61,9%
C16	6,4	-6 309	13,1%	32,3%
C17	4,7	-8 389	11,8%	33,2%
C18	5,0	-6 537	1,9%	60,9%
C19	8,0	-3 350	10,0%	68,1%

Na tabela 5.11 encontram-se os resultados agregados da simulação SAR-1, verificando-se que a produção fotovoltaica excedente é mais elevada comparativamente ao cenário SA-1, sendo uma das causas a capacidade de produção instalada ser superior. Este excedente e o aumento de produção, significa uma maior capacidade de satisfazer as necessidades para consumo de eletricidade através de autoconsumo.

Relativamente às emissões reduzidas através do consumo de eletricidade produzida por via fotovoltaica, podemos concluir que esta será a configuração que tem a maior capacidade de reduzir emissões. Na tabela 5.12 são totalizados a redução de emissões e o VAL desta solução na perspetiva do sistema produtor centralizado, como resultado da redução de externalidades

em forma de licenças de emissão, através do aumento de consumo de renováveis produzidas localmente.

Tabela 5.11 – Resultados anuais agregados da simulação em autoconsumos com armazenamento de produção elétrica (SAR-1).

Ano	Redução de emissões segundo fator de emissão (t CO ₂ /ano)	Redução de custos do sistema electroprodutor em licenças de emissão (€/ano)	«CRE» - Eletricidade consumida adquirida à rede e produzida externamente à rua simulada (%)	«IPE» - Produção fotovoltaica excedente dos consumos da rua simulada, vendida à rede (%)
2020	37,8	755	54,5%	18,2%
2021	36,7	771	54,7%	17,7%
2022	35,7	785	54,9%	17,3%
2023	34,6	796	55,2%	16,9%
2024	33,6	806	55,4%	16,4%
2025	32,6	814	55,6%	16,0%
2026	31,5	820	55,9%	15,5%
2027	30,5	824	56,1%	15,1%
2028	29,5	826	56,4%	14,7%
2029	28,5	827	56,6%	14,2%
2030	27,5	825	56,9%	13,8%
2031	26,5	849	57,2%	13,4%
2032	25,5	868	57,4%	12,9%
2033	24,6	884	57,7%	12,5%
2034	23,6	896	58,0%	12,1%
2035	22,6	905	58,3%	11,7%
2036	21,7	910	58,6%	11,2%
2037	20,7	911	58,9%	10,8%
2038	19,8	910	59,2%	10,4%
2039	18,8	905	59,5%	10,0%

Tabela 5.12 – Resultados totais agregados da redução de emissões da simulação em autoconsumos com armazenamento de produção elétrica.

Produção instalada (kW)	112
Total de redução de emissões (t CO₂)	562,3
VAL relativo à redução de custos com licenças de emissão no sistema electroprodutor (€)	13 716

5.3 Micro-rede

Para as simulações em micro-rede, o dimensionamento do sistema de produção elétrica a partir de solar fotovoltaico para cada produtor é o máximo passível de ser instalado de acordo com a tabela 4.6, sendo apenas critério de seleção o retorno de investimento de cada combinação de

produtores na micro-rede. Para a seleção da simulação que maximiza o retorno do investimento foram simuladas todas as combinações possíveis de *prosumers* com consumidores, tomando o número de *prosumers* valores entre 1 e 19, resultando num total de 524 287 simulações. Os gráficos de dispersão destas simulações referentes ao VAL de cada configuração da micro-rede, à redução de emissões total, à eletricidade produzida excedente ao consumo na micro-rede e ao consumo de eletricidade com origem externa à mesma encontram-se nas figuras 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 respetivamente.

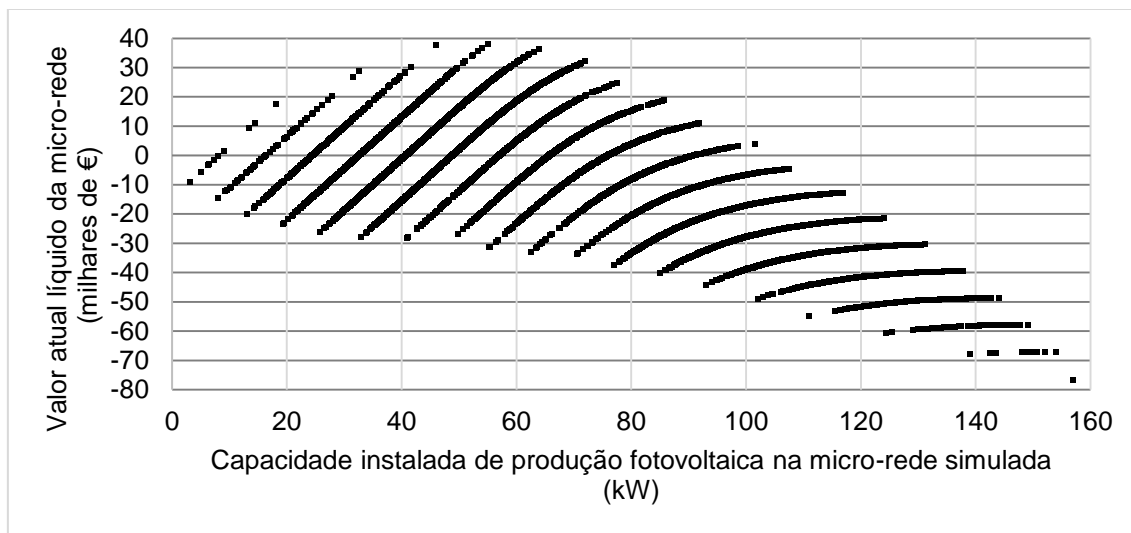


Figura 5.1 – Valor atual líquido das diferentes combinações de *prosumers* e consumidores simuladas em configuração de micro-rede no tempo de vida útil do equipamento considerado (20 anos, entre 2020 e 2039).

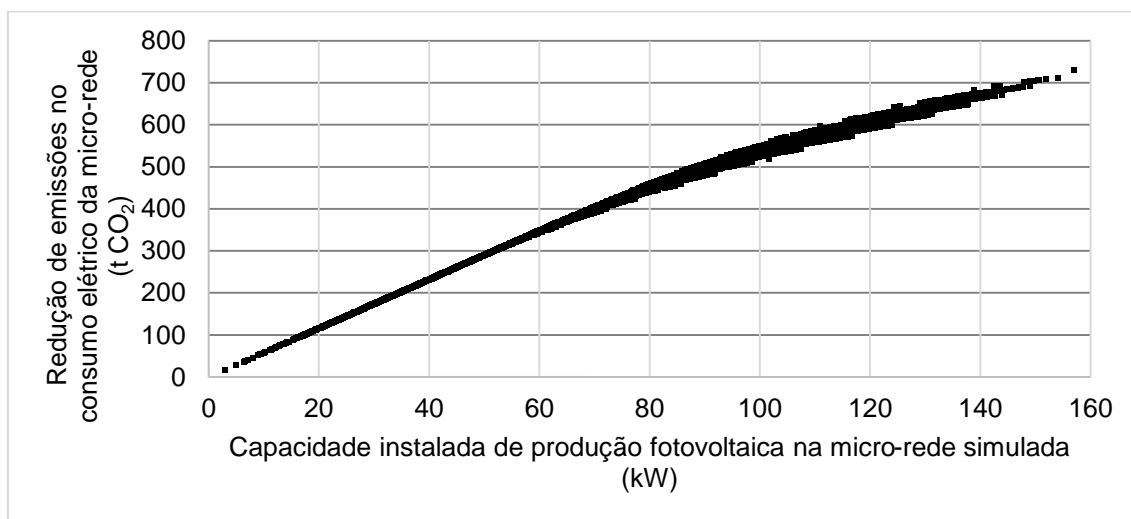


Figura 5.2 – Redução de emissões das diferentes combinações de *prosumers* e consumidores simuladas em configuração de micro-rede, no tempo de vida útil do equipamento considerado, face às emissões do sistema electroprodutor centralizado (20 anos, entre 2020 e 2039).

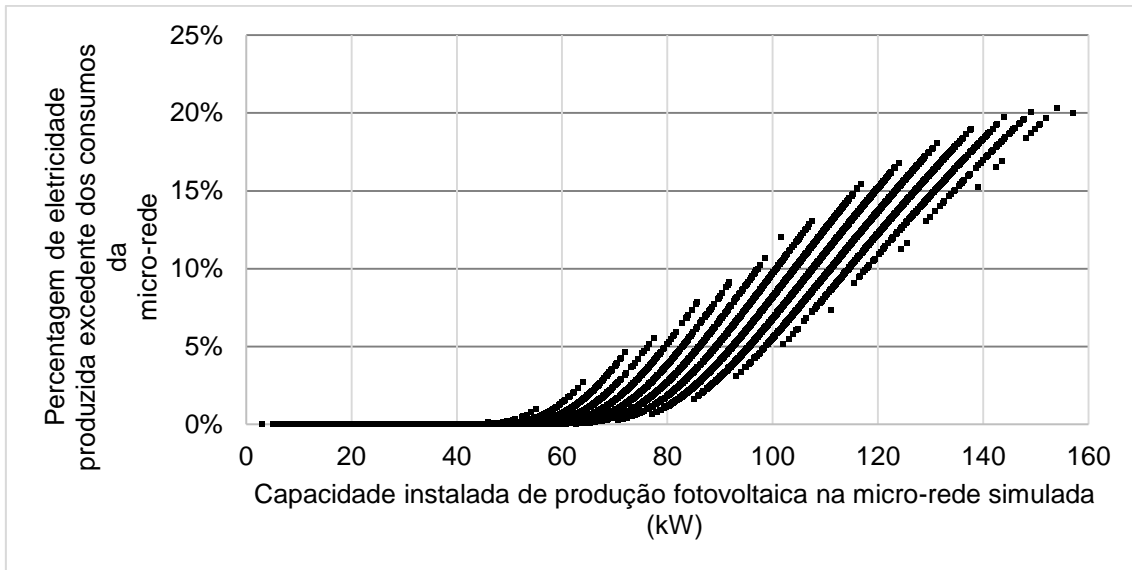


Figura 5.3 – Percentagem de produção interna das diferentes combinações de *prosumers* e consumidores simuladas em configuração de micro-rede que excede os consumos e capacidade de armazenamento da mesma no tempo de vida útil do equipamento considerado (20 anos, entre 2020 e 2039) (% face à produção total de eletricidade no período considerado em cada combinação).

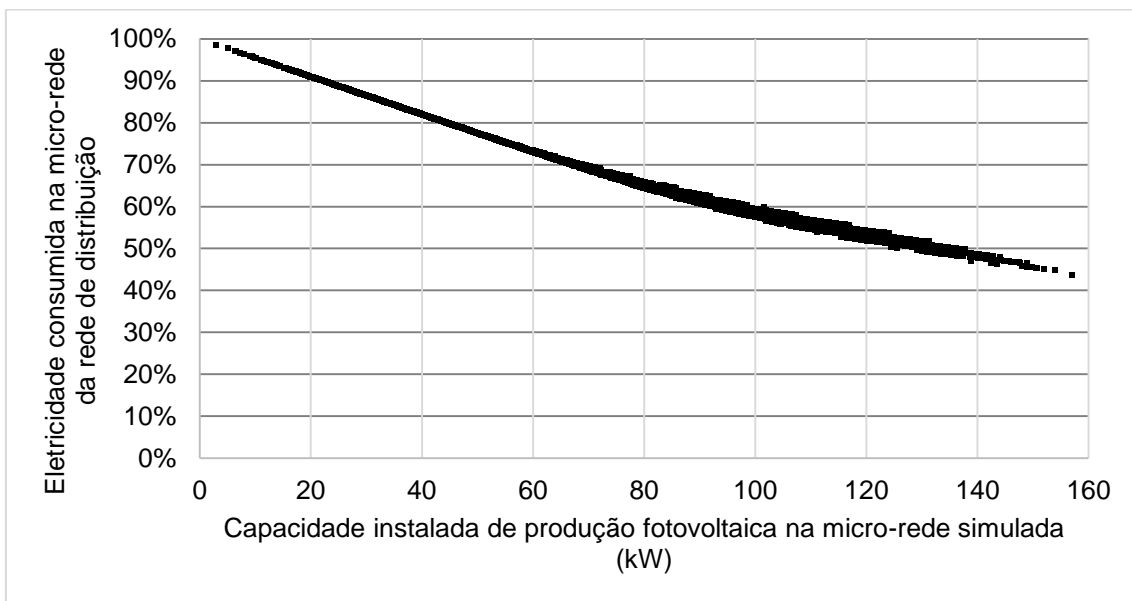


Figura 5.4 – Percentagem de eletricidade consumida nas diferentes combinações de *prosumers* e consumidores simuladas em configuração de micro-rede que é adquirida ao comercializador de eletricidade no tempo de vida útil do equipamento considerado (20 anos, entre 2020 e 2039) (% face ao consumo total de eletricidade no período considerado).

A tabela 5.13 apresenta a configuração de micro-rede que maximiza o VAL, segundo os resultados obtidos. Esta configuração é composta por apenas quatro produtores e é utilizada para os restantes resultados relativos à micro-rede.

Verifica-se pelos resultados económicos que, apesar da instalação de baterias para armazenamento da produção não utilizada, o retorno de investimento é positivo, ao contrário dos cenários previamente apresentados em que a instalação de armazenamento tinha um impacto negativo elevado sobre o investimento. Isto ocorre pela possibilidade de transacionar a produção com outros consumidores diretamente, assim pode considerar-se que a capacidade de produção instalada será para toda a micro-rede.

Tabela 5.13 – Resultados de dimensionamento da configuração de micro-rede que maximiza o valor atual líquido.

Contador	Fotovoltaico instalado (kW)	Valor atual líquido (€)
C1	-	-
C2	-	-
C3	-	-
C4	-	-
C5	13,4	7 192
C6	9,0	9 985
C7	-	-
C8	-	-
C9	-	-
C10	-	-
C11	-	-
C12	-	-
C13	-	-
C14	-	-
C15	18,1	11 740
C16	14,5	9 248
C17	-	-
C18	-	-
C19	-	-

A tabela 5.14 apresenta os resultados anuais de redução de emissões pelo consumo de eletricidade produzida pelo fotovoltaico na micro-rede, os consumos de eletricidade adquirida ao comercializador de eletricidade e a produção local de fotovoltaico não utilizada na micro-rede.

Verifica-se que a capacidade produtiva da micro-rede é mais reduzida comparativamente às restantes configurações, dado que a capacidade instalada é menor na globalidade, tendo como consequência a uma maior dependência da rede elétrica para satisfazer os consumos. Isto implica uma maior dependência da rede elétrica para satisfazer os consumos das casas nesta configuração. Esta dependência encontra-se inicialmente nos 73% do total de eletricidade consumida no primeiro ano, sendo que com a degradação da capacidade de conversão dos painéis sobe para os 78% no último ano, estando assim a par com as configurações sem armazenamento neste parâmetro.

No entanto a produção excedente dos consumos e armazenamento instalado, verifica-se que é bastante reduzida, chegando a aproximarem-se de zero nos anos finais da simulação, quando a eficiência conversão de radiação solar dos painéis instalados é mais reduzida. Significando que não existe dependência de preços venda à rede de eletricidade por forma a manter a viabilidade económica da micro-rede.

A tabela 5.15 apresenta os resultados totais da configuração da micro-rede de redução de emissões e o VAL desta configuração na perspetiva do sistema produtor centralizado, como resultado da redução de externalidades em forma de licenças de emissão, pelo aumento de consumo de renováveis produzidas localmente. A capacidade de redução de emissões na configuração de micro-rede, apresentada é relativamente baixa quando comparada com as restantes configurações.

Tabela 5.14 - Resultados da simulação em micro-rede com transações de eletricidade entre *prosumers* e restantes consumidores (SMR).

Ano	Redução de emissões segundo fator de emissão (t CO ₂ /ano)	Redução de custos do sistema electroprodutor em licenças de emissão (€/ano)	«CRE» - Eletricidade utilizada adquirida à rede externa à micro-rede (%)	«IPE» - Produção fotovoltaica excedente dos consumos da micro-rede (%)
2020	22,1	442	73,4%	2,5%
2021	21,4	450	73,6%	2,3%
2022	20,7	456	73,8%	2,1%
2023	20,1	462	74,0%	1,8%
2024	19,4	466	74,2%	1,6%
2025	18,8	469	74,4%	1,4%
2026	18,1	471	74,7%	1,2%
2027	17,5	472	74,9%	1,1%
2028	16,8	471	75,1%	0,9%
2029	16,2	470	75,4%	0,8%
2030	15,6	467	75,6%	0,7%
2031	14,9	478	75,9%	0,5%
2032	14,3	487	76,1%	0,4%
2033	13,7	494	76,4%	0,4%
2034	13,1	499	76,6%	0,3%
2035	12,5	502	76,9%	0,2%
2036	12,0	503	77,1%	0,2%
2037	11,4	501	77,4%	0,1%
2038	10,8	498	77,7%	0,1%
2039	10,3	493	77,9%	0,1%

Tabela 5.15 - Resultados da simulação em micro-rede na redução de emissões e impacto económico em custos de licenças de emissão.

Produção instalada (kW)	55
Total de redução de emissões (t CO₂)	319,8
VAL relativo à redução de custos com licenças de emissão no sistema electroprodutor (€)	7 777

5.4 Perfis de consumo de eletricidade de produção solar fotovoltaica nas diferentes configurações

As figuras 5.5 e 5.6 apresentam o consumo médio horário das 19 casas de eletricidade produzida localmente e da rede de distribuição nos períodos de inverno e verão, respetivamente. Verifica-se que as simulações sem armazenamento (SA-0 e SA-1), como esperado pela falta deste mecanismo de controlo, têm capacidade de dar resposta as necessidades de consumo, apenas nas horas em que existe produção fotovoltaica.

Relativamente à micro-rede pode-se verificar que existe um ligeiro ganho nas horas em que a produção local consegue dar resposta a uma procura dos consumidores, face às soluções em autoconsumo sem armazenamento (SA-0 e SAR-0), devido à presença de armazenamento, no entanto é muito inferior às configurações com armazenamento (SA-1 e SAR-1). Verifica-se que as configurações de autoconsumo com armazenamento (SA-1 e SAR-1), têm um maior potencial de cobertura de consumos durante as horas de maior carga na rede, devido à capacidade de armazenamento de energia superior, conferida pelo maior número de unidades instaladas para esse efeito.

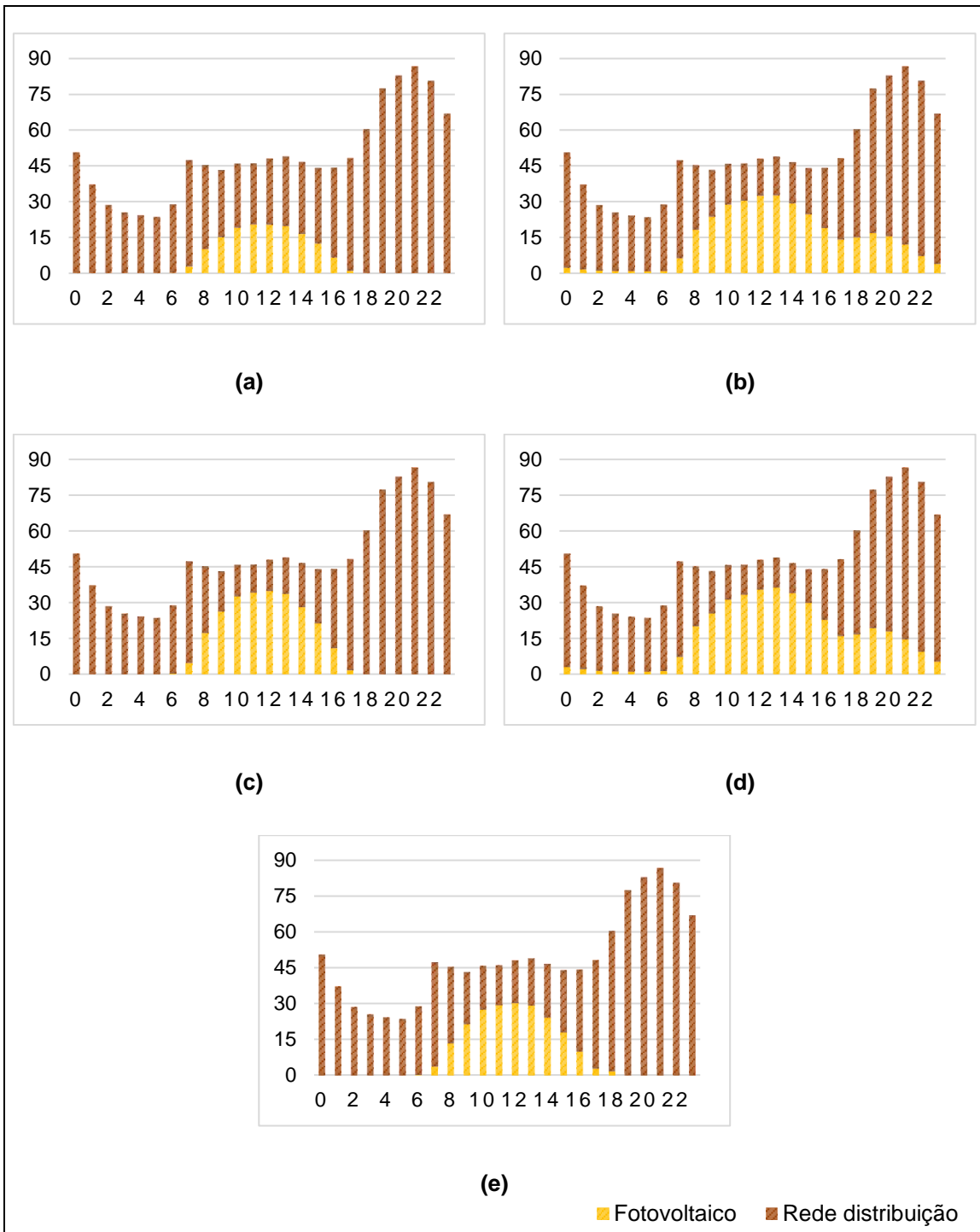


Figura 5.5 – Consumo de eletricidade das 19 casas produzida localmente pelos sistemas fotovoltaicos e da rede elétrica, valores médios horários em quilowatt-hora (kWh), durante primeiro trimestre (período de inverno) das diferentes configurações: (a) – SA-0; (b) – SA-1; (c) – SAR-0; (d) – SAR-1; (e) – SMR.

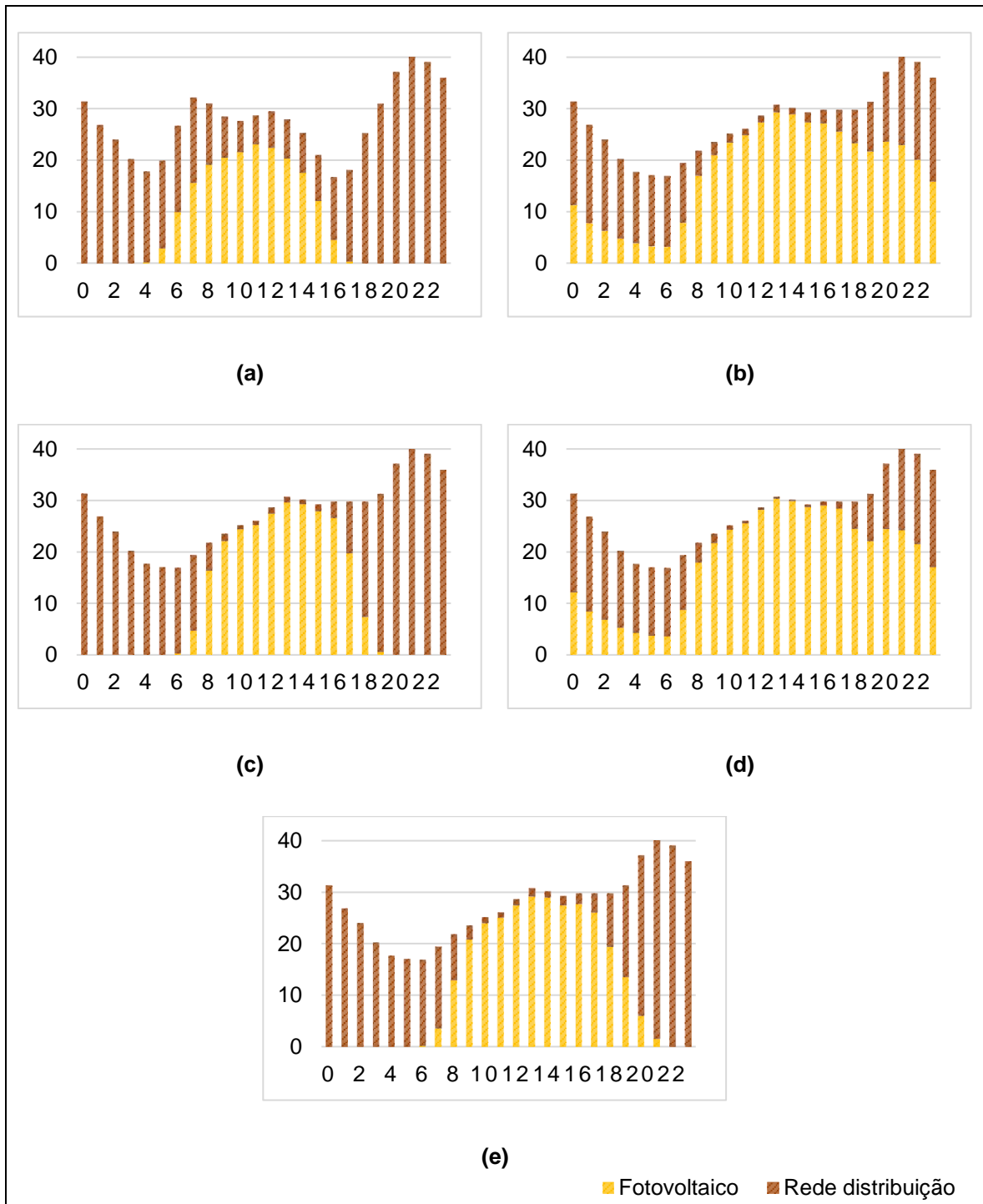


Figura 5.6 - Consumo de eletricidade das 19 casas, produzida localmente pelos sistemas fotovoltaicos e da rede elétrica, valores médios horários em quilowatt-hora (kWh), durante o terceiro trimestre (período de verão) das diferentes configurações: (a) – SA-0; (b) – SA-1; (c) – SAR-0; (d) – SAR-1; (e) – SMR.

5.5 Comparação das configurações simuladas

A figura 5.7 apresenta a redução de emissões de CO₂ para cada configuração durante o período de funcionamento de cada instalação (2020-2039) para o conjunto das 19 casas. Verifica-se que as configurações com armazenamento para autoconsumo (SA-1 e SAR-1) apresentam a maior capacidade de produção de solar fotovoltaico instalado, resultando num maior consumo de eletricidade produzida por esta via, que por sua vez resulta numa redução mais elevada destas emissões.

A configuração de micro-rede (SMR) e a configuração de autoconsumo sem armazenamento com injeção de excedentes de produção à rede (SAR-0) apresentam uma redução destas emissões similar. Sendo a configuração de autoconsumo sem armazenamento (SA-0) a que menos contribuição tem para esta redução.

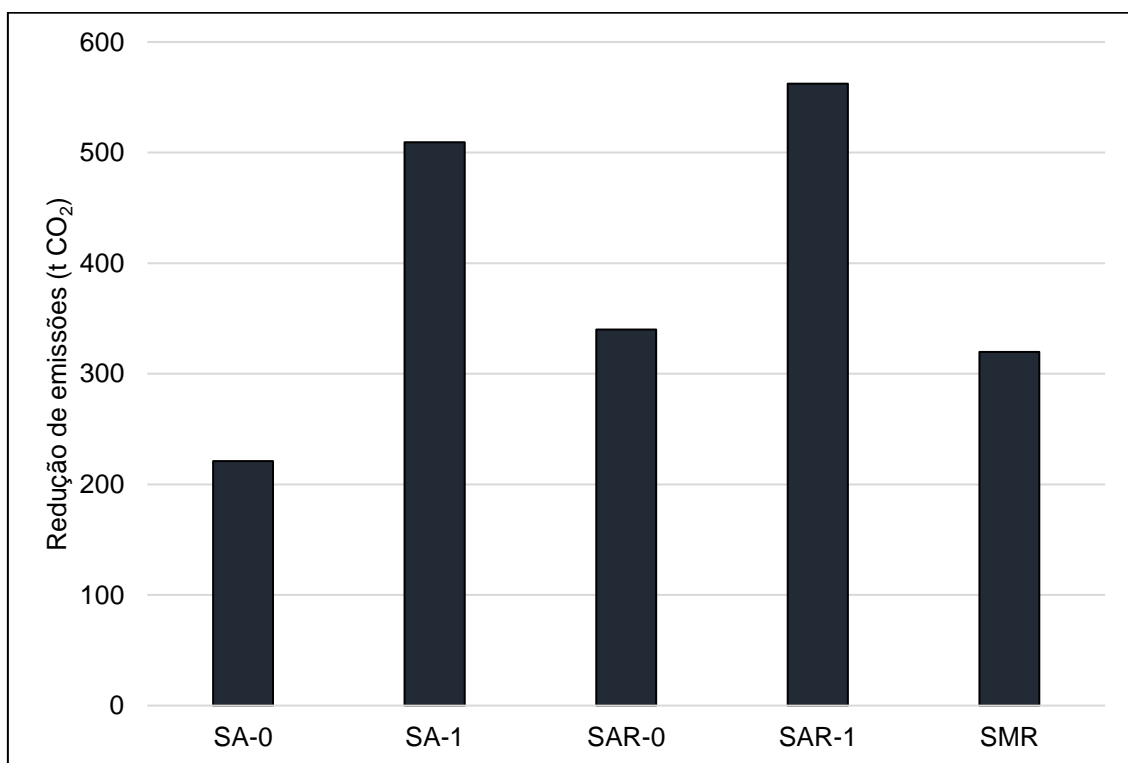


Figura 5.7 – Redução de emissões totais por configuração simulada.

A figura 5.8 mostra o VAL da rua sintética nas diferentes configurações. Esta representação é relevante se tivermos em consideração que os objetivos na escolha de capacidade a instalar se focam somente na maximização deste retorno em cada configuração.

Tendo em mente estas considerações, verificamos que as configurações de autoconsumo com armazenamento (SA-1 e SAR-1) têm perdas bastante elevadas de capital. Ainda quando comparamos estes valores com o retorno das várias configurações de micro-rede com

capacidade instalada na figura 5.1, verifica-se que estes resultados são inferiores (i.e. apresentam perdas mais elevadas) a qualquer configuração de micro-rede simulada.

Pode-se verificar ainda que o cenário de autoconsumo sem armazenamento com venda à rede de excedentes, SAR-0, apresenta os melhores resultados económicos. No entanto, este resultado está dependente da capacidade de vender estes excedentes e do seu preço de compra, o que pode ser sujeito a alterações, tendo em consideração os horizontes temporais do investimento.

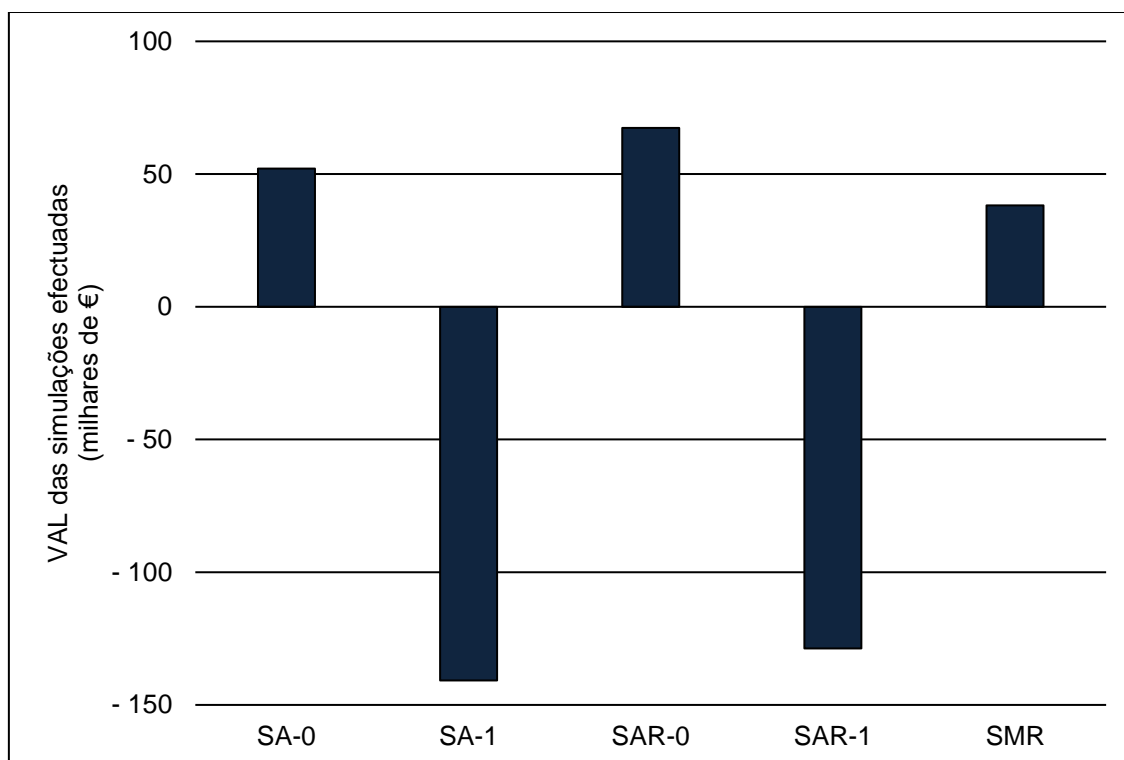


Figura 5.8 – Retorno económico das diferentes configurações simuladas.

A figura 5.9 apresenta os resultados totais das configurações relativamente à origem dos consumos durante o período da simulação. Relativamente à dependência da rede para o consumo de eletricidade, verificamos que as configurações com armazenamento próprio para autoconsumo têm uma menor dependência desta. No entanto, tendo em consideração o retorno de investimento, verificamos que a micro-rede apresenta a maior independência com retorno económico positivo.

A figura 5.10, apresenta os resultados relativos à utilização de recursos elétricos produzidos localmente durante todo o período de simulação. Verifica-se que a micro-rede faz uma melhor gestão dos recursos elétricos produzidos localmente, obtendo uma utilização quase total de todos estes recursos.

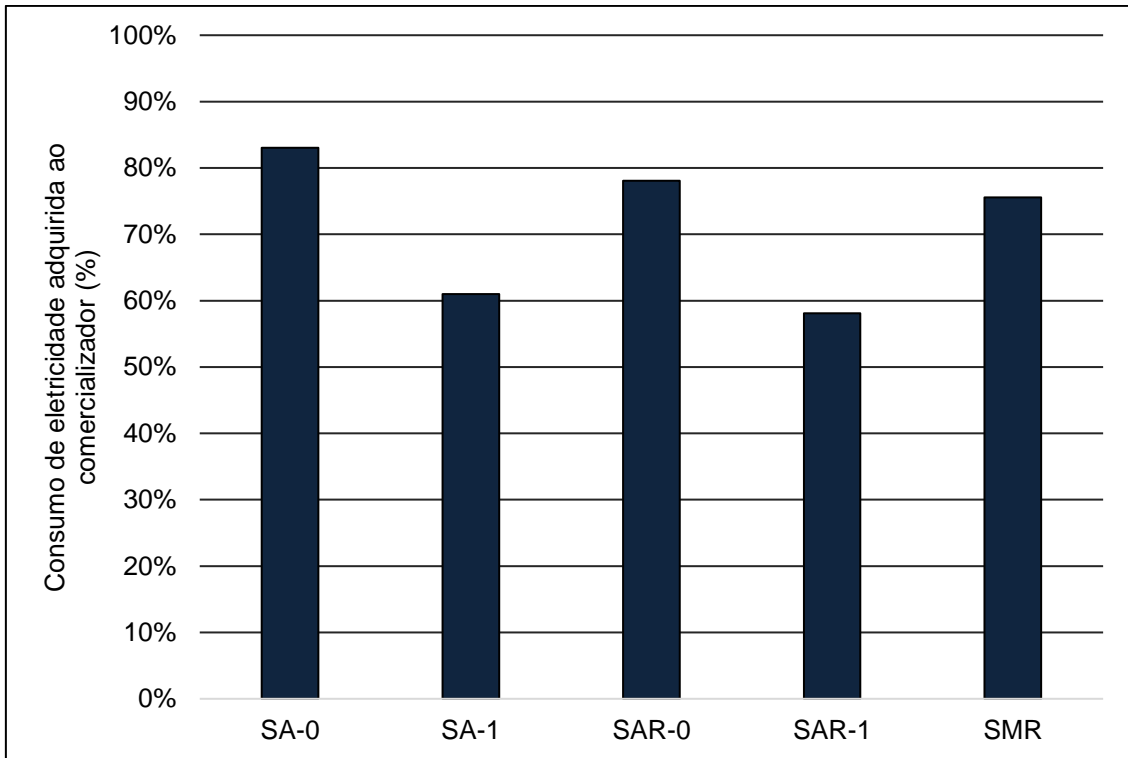


Figura 5.9 – Percentagem do consumo total de eletricidade que é satisfeita através de eletricidade não produzida na rede local.

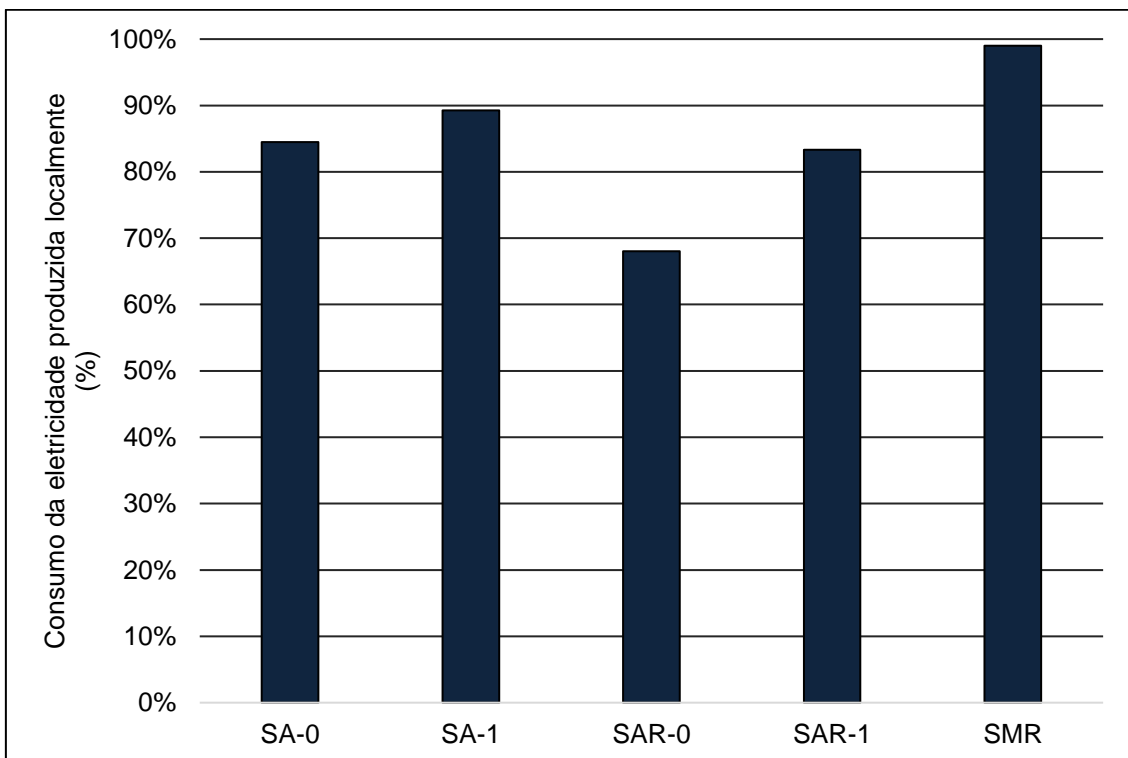


Figura 5.10 – Percentagem de eletricidade produzida que é utilizada para satisfazer as necessidades de consumo das casas simuladas em cada configuração.

6 CONCLUSÃO

Esta dissertação tem o objetivo de avaliar o potencial de diferentes configurações na utilização de recurso solar fotovoltaico para redução de emissões de dióxido de carbono no contexto de produção descentralizada de eletricidade. Além deste objetivo principal, é também pretendido verificar a capacidade de autossuficiência e utilização dos recursos energéticos produzidos localmente.

Para atingir estes objetivos, foi simulado a partir de funções criadas em MATLAB, cinco configurações diferentes de produção descentralizada e consumo de eletricidade, por forma a poder comparar diferentes soluções possíveis, sendo estas, a) configuração de autoconsumo sem armazenamento local e sem fornecimento de excedentes de produção à rede; b) configuração de autoconsumo com armazenamento local e sem fornecimento de excedentes de produção à rede; c) configuração de autoconsumo sem armazenamento local e com venda de excedentes de produção à rede; d) configuração de autoconsumo com armazenamento local e com venda de excedentes de produção à rede; e) configuração em micro-rede com transações *peer-to-peer* de eletricidade produzida localmente. Estas configurações foram simuladas com base numa rua sintética (i.e. não real) de 19 casas, com utilização de dados de consumo reais associados a cada uma e dados de produção fotovoltaica simulados.

A análise dos resultados, não deve ser dissociada dos benefícios económicos destes investimentos. A obtenção de resultados positivos se associados a perdas económicas, torna a solução inviável para aplicação fora do contexto teórico, realizado nesta dissertação.

Relativamente à redução de emissões verificamos que as soluções de autoconsumo com armazenamento são as que conferem maior potencial. No entanto, os resultados económicos negativos desta solução, avisa-nos que não deverá existir interesse de aposta nesta alternativa.

Analisando a utilização de eletricidade produzida localmente nas diferentes configurações, verifica-se que a micro-rede apresenta uma maior utilização dos recursos energéticos produzidos, introduzindo reduzidos excedentes de produção na rede de distribuição. Este aproveitamento de recursos é relevante em termos de eficiência energética, e de limitar os impactos que podem advir da injeção excessiva de excedentes nas redes elétricas.

Relativamente ao autoconsumo, as soluções exploradas na presente dissertação, demonstram que com a tecnologia atual não é possível obter uma micro-rede ou unidade de produção para autoconsumo que permita autossuficiência de forma economicamente viável utilizando somente produção solar fotovoltaica. A percentagem de consumos satisfeitos pela micro-rede através da sua própria produção foi de 24% do total de eletricidade consumida, enquanto que a melhor configuração em autoconsumo (SAR-1) neste aspeto apenas atingiu 42%. Esta dependência

poderá ser colmatada com o aumento futuro da eficiência de conversão de radiação em eletricidade bem como aumento de capacidade de armazenamento.

A perspectiva de melhoramentos futuros pode trazer vantagem na instalação do cenário de micro-rede, uma vez que as instalações são concentradas num número mais reduzido de casas. Assim, existe a possibilidade de adequar a configuração a um possível desenvolvimento futuro da tecnologia ou necessidades de consumo. Esta eventualidade nas restantes configurações tem uma acrescentada dificuldade, dado a dispersão dos recursos instalados e dimensionamento de instalações a esta capacidade instalada.

No geral o objetivo do trabalho de demonstrar que existe uma potencial redução de emissões e promoção da eficiência energética decorrente da eletricidade produzida localmente em micro-redes é conseguido. Além disso, demonstra-se que existe um retorno económico para este tipo de esquemas que procuram a reestruturação do sistema elétrico para fazer face as necessidades de introdução de mais energia renovável, assim como um progresso na democratização do sistema energético.

6.1 Investigação futura

No seguimento deste estudo, identifica-se alguns aspetos que podem ser sujeitos a melhoria de modo a aproximar os resultados da realidade, sendo estes: a) o tamanho da série de consumos domésticos, que na presente dissertação tem apenas um ano, idealmente deveria ter o mesmo número de anos ou maior ao período de vida útil das configurações simuladas, de modo a estabelecimento de tendências evolutivas do consumo e utilização destas nas simulações; b) a periodicidade de dados de produção, correntemente é horária, sendo os dados de consumo com periodicidade de 15 minutos, enquanto uma frequência maior de atualização dos dados aproximaria as simulações da realidade; c) introdução de outras tipologias de tarifas de eletricidade, como o bi-horário e tri-horário.

Numa perspectiva de seguimento do trabalho, considera-se relevante o estudo da variabilidade do preço de venda de eletricidade dentro da micro-rede e à rede de distribuição, esta última podendo ser obtida através das tendências evolutivas destes preços. Esta variabilidade dos preços de venda, terá uma influência na capacidade de produção a ser instalada.

Outra perspectiva com potencial para um estudo futuro, seria a exploração de cenários com introdução de carregamentos de veículos elétricos. No atual paradigma, estes veículos são vistos como a mobilidade predominante no futuro, sendo as emissões equivalentes às efetuadas durante a produção da eletricidade utilizada, considerando esta componente, as emissões reduzidas estendem-se também à mobilidade da comunidade.

7 REFERÊNCIAS

Aitzhan, N. Z., Svetinovic, D. (2018). Security and Privacy in Decentralized Energy Trading Through Multi-Signatures, Blockchain and Anonymous Messaging Streams. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 15(5), 840–852.

<https://doi.org/10.1109/TDSC.2016.2616861>

Banco Central Europeu. (2018). Official interest rates. Retrieved August 18, 2018, from https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/key_ecb_interest_rates/html/index.en.html

Basso, T. (2014). IEEE 1547 and 2030 Standards for Distributed Energy Resources Interconnection and Interoperability with the Electricity Grid IEEE 1547 and 2030 Standards for Distributed Energy Resources Interconnection and Interoperability with the Electricity Grid. National Renewable Energy Laboratory. Retrieved from

<https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63157.pdf>

Byrne, J., Taminiou, J., Kurdgelashvili, L., Kim, K. N. (2015). A review of the solar city concept and methods to assess rooftop solar electric potential, with an illustrative application to the city of Seoul. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 830–844.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.023>

Capros, P., Vita, A., Tasios, N., Siskos, P., Kannavou, M., Petropoulos, A., Evangelopoulou, S., Zampara, M., Papadopoulos, D., Nakos, C., Paroussos, L., Fragiadakis, K., Tsani, S., Karkatsoulis, P., Fragkos, P., Kouvaritakis, N., Isaksson, L., Winiwarter, W., Purohit, P., Sanabria, A., Frank, S., Forsell, N., Gusti, M., Havlik, P., Obersteiner, M., Witzke, H., Kesting, M. (2016). EU Reference Scenario 2016 - Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050. <https://doi.org/10.2833/001137>

Cavaco, A., Silva, H., Canhoto, P., Neves, S., Neto, J., Pereira, M. C. (2016). Annual Average Value of Solar Radiation and its Variability in Portugal. WES 2016 - Workshop on Earth Sciences, Institute of Earth Sciences, Évora, Portugal. Retrieved from https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/19395/1/Afonso_Cavaco_et_al_WES_2016_paper_28.pdf

Christidis, K., Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292–2303. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>

Comissão Europeia (2009). Diretiva 2009/28/EC. Official Journal of the European Union, L 140/16.

Referências

- Comissão Europeia (2016). Regulamento (UE) 2016/631 da comissão. Official Journal of the European Union, L 112/1.
- Comissão Europeia. (2018a). 2020 Climate and Energy Package. Retrieved from European Commission web-portal website: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en
- Comissão Europeia. (2018b). 2050 Long-Term Strategy. Retrieved from European Commission web-portal website: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en
- Comissão Europeia. (2019). 2030 climate and energy framework. Retrieved from European Commission web-portal website: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en
- Costa, J., Ferreira, F. (2013). O Sistema Elétrico Português e as Recentes Alterações ao Seu Regime Jurídico. *Actualidad Jurídica Uría Menéndez*, 34, 130–135. Retrieved from <https://www.uria.com/documentos/publicaciones/3812/documento/port01.pdf?id=4592>
- Costa, P. M., Matos, M. A., Peças Lopes, J. A. (2008). Regulation of microgeneration and microgrids. *Energy Policy*, 36(10), 3893–3904. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2008.07.013>
- DGEG. (2018a). Indicadores Energéticos (atualizado em maio de 2018). Direcção-Geral de Energia e Geologia. Retrieved Jan, 2019 from <http://www.dgeg.gov.pt/wwwbase/wwwinclude/ficheiro.aspx?tipo=0&id=15746&ambiente=WebSiteMenu>
- DGEG. (2018b). Produção e Consumos. Direcção-Geral de Energia e Geologia. Retrieved Jan, 2019 from <http://www.dgeg.gov.pt?cr=13917>
- DGEG. (2019). Estatísticas rápidas. Direcção-Geral de Energia e Geologia. Retrieved Jan, 2019 from <http://www.dgeg.gov.pt>
- Dobbeni, D. (2011). Automatic frequency disconnection settings of installed photovoltaic (PV) panels in some European countries. European Network of Transmission System Operators for Electricity Retrieved from https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/ce/110718_DD_to_COett_pv_final.pdf
- Eddy, Y. S., Gooi, H. B., Chen, S. X. (2015). Multi-Agent System for Distributed Management of Microgrids. *IEEE Transactions on Power Systems*, 30(1), 24–34. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2014.2322622>
- El-Baz, W., Tzscheutschler, P. (2017). Autonomous coordination of smart buildings in microgrids based on a double-sided auction. 2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting, 1–5. <https://doi.org/10.1109/PESGM.2017.8273944>

- ENTSO-E (2018). Connection Network Codes. Retrieved September 20, 2018, from Rede Europeia de Gestores de Redes de Transporte de Eletricidade website: <https://docs.entsoe.eu/cnc-al/>
- ERSE (2018). Tarifas e Preços Para a Energia Elétrica e Outros Serviços em 2018 e Parâmetros Para o Período de Regulação 2018-2020. Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. Retrieved from www.erse.pt
- Fang, X., Misra, S., Xue, G., Yang, D. (2012). Smart Grid — The New and Improved Power Grid: A Survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 14(4), 944–980. <https://doi.org/10.1109/SURV.2011.101911.00087>
- Goranovic, A., Meisel, M., Fotiadis, L., Wilker, S., Treytl, A., Sauter, T. (2017). Blockchain applications in microgrids an overview of current projects and concepts. *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 6153–6158. <https://doi.org/10.1109/IECON.2017.8217069>
- Gouveia, J. P., Seixas, J., Mestre, A. (2017). Daily electricity consumption profiles from smart meters - Proxies of behavior for space heating and cooling. *Energy*, 141, 108–122. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.049>
- Hadjsaid, N., Andrieu, C., Caire, R., Retiere, N., Martino, S. (2003). Impact assessment of LV distributed generation on MV distribution network. *IEEE Power Engineering*, 1423–1428. <https://doi.org/10.1109/pess.2002.1043620>
- Hatziargyriou, N., Asano, H., Iravani, R., Marnay, C. (2007). Microgrids. *IEEE Power and Energy Magazine*, 5(4), 78–94. <https://doi.org/10.1109/MPAE.2007.376583>
- IEEE. (2018). IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces. Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2018.8332112>
- IRENA. (2016a). Innovation Outlook Renewable Mini-Grids. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Retrieved from www.irena.org
- IRENA. (2016b). The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2016/Jun/The-Power-to-Change-Solar-and-Wind-Cost-Reduction-Potential-to-2025>
- IRENA. (2018a). Renewable Energy Statistics 2018. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Retrieved from www.irena.org

Referências

IRENA. (2018b). Renewable Power Generation Costs in 2017. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Retrieved from www.irena.org

IRENA. (2019). Renewable Capacity Statistics 2019. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Retrieved from www.irena.org

IRENA, IEA, REN21. (2018). Renewable Energy Policies in a Time of Transition. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Retrieved from www.irena.org

Jordan, D. C., Kurtz, S. R. (2011). Photovoltaic degradation rates—an analytical review. *Prog. Photovolt: Res. Appl.*, 15 (October 2011), 659–676. <https://doi.org/10.1002/pip>

Kost, C., Shammugam, S., Jülch, V., Nguyen, H.-T., Schlegl, T. (2018). Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. Retrieved from www.ise.fraunhofer.de

Lasseter, B. (2001). Microgrids [distributed power generation]. 2001 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, PES 2001 - Conference Proceedings, 1, 146–149. <https://doi.org/10.1109/PESW.2001.917020>

Lidula, N. W. A., Rajapakse, A. D. (2011). Microgrids research: A review of experimental microgrids and test systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 186–202. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.041>

Liu, N., Yu, X., Wang, C., Li, C., Ma, L., Lei, J. (2017). Energy-Sharing Model with Price-Based Demand Response for Microgrids of Peer-to-Peer Prosumers. *IEEE Transactions on Power Systems*, 32(5), 3569–3583. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2017.2649558>

Liu, X., Su, B. (2008). Microgrids - An integration of renewable energy technologies. 2008 China International Conference on Electricity Distribution, CICED 2008, 1–7. <https://doi.org/10.1109/CICED.2008.5211651>

LO3 Energy. (2017). Exergy - Building a robust value mechanism to facilitate transactive energy. Whitepaper. Retrieved from <https://exergy.energy/wp-content/uploads/2017/12/Exergy-Whitepaper-v8.pdf>

Long, C., Wu, J., Zhang, C., Cheng, M., Al-Wakeel, A. (2017). Feasibility of Peer-to-Peer Energy Trading in Low Voltage Electrical Distribution Networks. *Energy Procedia*, 105, 2227–2232. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.632>

- Marnay, C., Rubio, F. J., Siddiqui, A. S. (2001). Shape of the microgrid. Proceedings of the IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conference, 1, 150–153.
<https://doi.org/10.1109/PESW.2001.917022>
- Mengelkamp, E., Gärttner, J., Rock, K., Kessler, S., Orsini, L., Weinhardt, C. (2018). Designing microgrid energy markets. Applied Energy, 210, 870–880.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.054>
- Ministério da Economia da Inovação e do Desenvolvimento (2011). Decreto-Lei n.º 78/2011. N.º 117/2011 Diário da República - I Série, 3352 - 3381.
- Ministério da Economia e da Inovação (2006). Decreto-Lei n.º 172/2006. N.º 162/2006 Diário da República - I Série, 6118 - 6156.
- Ministério da Economia e da Inovação (2006). Decreto-Lei n.º 29/2006. N.º 33/2006 Diário da República - I Série, 1189 - 1203.
- Ministério da Economia e do Emprego (2012). Decreto-Lei n.º 215-A/2012. N.º 194/2012 Diário da República - I Série, 5588-(2) a 5588-(45).
- Ministério da Economia e do Emprego (2012). Decreto-Lei n.º 215-B/2012. N.º 194/2012 Diário da República - I Série, 5588-(45) a 5588-(133).
- Ministério do Ambiente e Transição Energética (2018). RNC2050 - Roteiro para a neutralidade carbónica. Retrieved from <https://descarbonizar2050.pt/roteiro/>
- Ministério Do Ambiente Ordenamento Território Energia (2014). Decreto-Lei n.º 153/2014. N.º 202/2014 Diário da República - I Série, 5298 - 5311.
- Miraz, M. H., Ali, M. (2018). Applications of Blockchain Technology beyond Cryptocurrency. Annals of Emerging Technologies in Computing (AETiC), 2(1).
<https://doi.org/arXiv:1801.03528v1>
- Montes-Romero, J., Torres-Ramirez, M., de la Casa, J., Firman, A., Caceres, M. (2016). Software tool for the extrapolation to Standard Test Conditions (STC) from experimental curves of photovoltaic modules. 2016 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEE), 1–7.
<https://doi.org/10.1109/TAEE.2016.7528252>
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Retrieved from www.bitcoin.org

Referências

- NIST. (2015). Secure Hash Standard. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/NIST.FIPS.180-4>
- OMIE. (2018). Relatório de preços 2018. Operador do Mercado Ibérico. Retrieved from http://www.omie.es/files/omie_informe_precios_pt.pdf
- Parlamento Europeu, Conselho Europeu (2018). Diretiva 2018/2001. Official Journal of the European Union, L 328/82.
- Philipps, S., Warmuth, W., Kiefer, K., Kost, C., Nold, S., Preu, R., Rentsch, J., Schlegl, T., Stryi-Hipp, G., Willeke, G., Wirth, H., Burger, B. (2018). Photovoltaics Report. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems.
- Pop, C., Cioara, T., Antal, M., Anghel, I., Salomie, I., Bertocini, M. (2018). Blockchain Based Decentralized Management of Demand Response Programs in Smart Energy Grids. *Sensors*, 18, 162. <https://doi.org/10.3390/s18010162>
- Roque, P. M. J., Chowdhury, S. P., Huan, Z. (2016). The role of microgrids on decoupling sharp fluctuations of electricity demand in centralized power system. 2016 51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 1–6. <https://doi.org/10.1109/UPEC.2016.8114091>
- Seixas, M. J. F. de, Dinis, R., Alves, B., Baptista, P., Fortes, P., Dias, L., Simões, S., Gouveia, J. P. (2012). Low Carbon RoadMap: Portugal 2050 - Energy and Waste Greenhouse emissions, [Roteiro Nacional de Baixo Carbono: Portugal 2050 - Modelação de gases com efeito estufa, Energia e Resíduos]. Study for the Executive Committee of the Climate Change Commission. Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora.
- Tesla. (2018). Powerwall 2 AC Data Sheet. Retrieved May 30, 2019 from https://www.tesla.com/sites/default/files/pdfs/powerwall/Powerwall_2_AC_Datasheet_en_GB.pdf
- Tesla. (2019). Powerwall. Retrieved May 29, 2019, from https://www.tesla.com/pt_PT/powerwall
- Tugay, D., Kotelevets, S., Korneliuk, S., Zhemerov, G. (2018). Energy Efficiency of Microgrid Implementation with Solar Photovoltaic Power Plants. 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), 275–279. <https://doi.org/10.1109/IEPS.2018.8559579>
- Twidale, S. (2018). What is driving a rally in EU carbon permit prices? Reuters. Retrieved May, 2019 from <https://www.reuters.com/article/us-eu-carbon-rally/what-is-driving-a-rally-in-eu-carbon-permit-prices-idUSKBN1L015Y>

- UNFCCC. (2015). Paris Agreement. 21st Conference of the Parties, 27. United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://doi.org/FCCC/CP/2015/L.9>
- UNFCCC. (2019). The Paris agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change. <https://doi.org/10.4324/9781351270090-20>
- United States Congress (2005). H.R.6 - 109th Congress (2005-2006): Energy Policy Act of 2005. Retrieved from <https://www.congress.gov/bill/109th-congress/house-bill/6>
- Zhang, C., Wu, J., Long, C., Cheng, M. (2017). Review of Existing Peer-to-Peer Energy Trading Projects. *Energy Procedia*, 105, 2563–2568. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.737>
- Zhou, Y., Wu, J., Long, C., Cheng, M., Zhang, C. (2017). Performance Evaluation of Peer-to-Peer Energy Sharing Models. *Energy Procedia*, 143, 817–822. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.12.768>

Referências

8 ANEXOS

ANEXO I – Fator de emissão anual do sistema eletroprodutor utilizado nas simulações efetuadas.

ANEXO II – Perfis de consumo médio horário de eletricidade das casas na rua sintética.

ANEXO III – Potencial de solar fotovoltaico comparativamente ao consumo médio diário das casas em estudo.

ANEXO IV – Configuração SA-0: Valor Atual Líquido para os *prosumers* das simulações de dimensionamento.

ANEXO V - Configuração SA-1: Valor Atual Líquido para os *prosumers* das simulações de dimensionamento.

ANEXO VI - Configuração SAR-0: Valor Atual Líquido para os *prosumers* das simulações de dimensionamento.

ANEXO VII - Configuração SAR-1: Valor Atual Líquido para os *prosumers* das simulações de dimensionamento.

ANEXO I - FATOR DE EMISSÃO ANUAL DO SISTEMA ELETROPRODUTOR UTILIZADO NAS SIMULAÇÕES EFETUADAS.

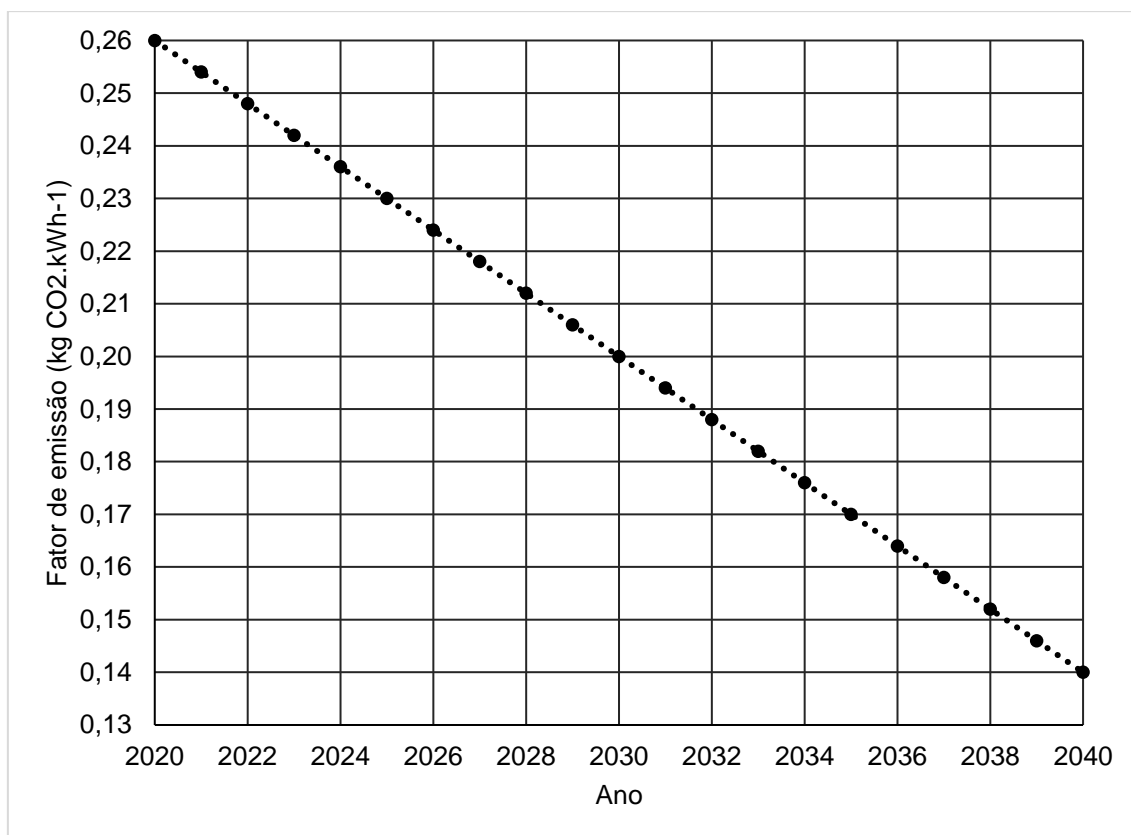


Figura 8.1 - Evolução do fator de emissão do sistema eletroprodutor (2020 a 2040), considerando o cenário de mitigação de 60% das emissões até 2050 do RNBC (Adaptado de: Seixas *et al.*, 2012).

Tabela 8.1 – Valores do fator de emissão anual considerado nas simulações efetuadas, considerando o cenário de mitigação de 60% das emissões até 2050 do RNBC (Adaptado de: Seixas *et al.*, 2012).

Ano	Fator de emissão do sistema eletroprodutor (kg CO ₂ .kWh ⁻¹)	Ano	Fator de emissão do sistema eletroprodutor (kg CO ₂ .kWh ⁻¹)
2020	0,260	2030	0,200
2021	0,254	2031	0,194
2022	0,248	2032	0,188
2023	0,242	2033	0,182
2024	0,236	2034	0,176
2025	0,230	2035	0,170
2026	0,224	2036	0,164
2027	0,218	2037	0,158
2028	0,212	2038	0,152
2029	0,206	2039	0,146

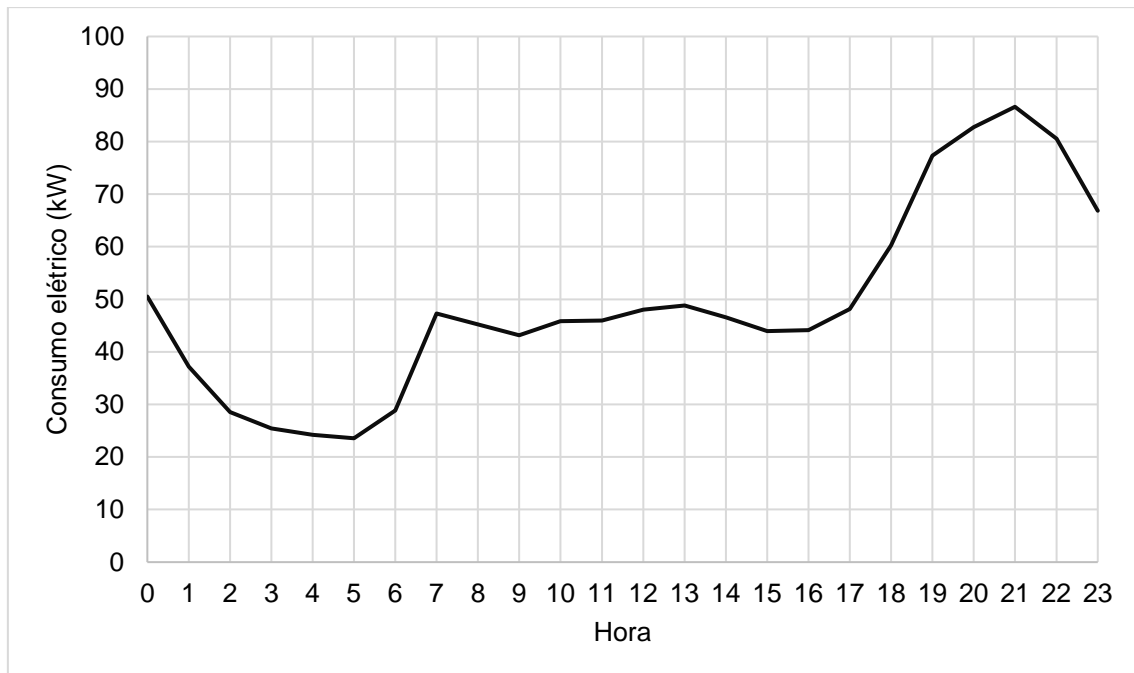
ANEXO II - PERFIS DE CONSUMO MÉDIO HORÁRIO DE ELETRICIDADE DAS CASAS NA RUA SINTÉTICA.

Figura 8.2 - Perfil de consumo médio horário de eletricidade, no primeiro trimestre do ano (inverno) das 19 casas utilizadas nas simulações.

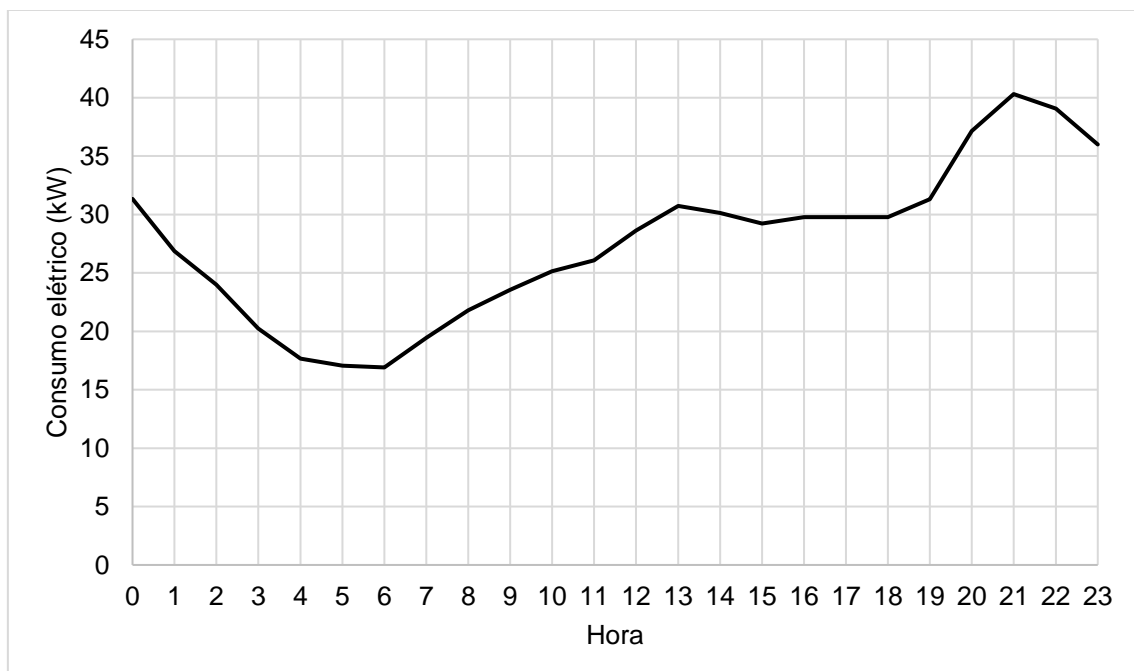


Figura 8.3 - Perfil de consumo médio horário de eletricidade, no terceiro trimestre do ano (verão) das 19 casas utilizadas nas simulações.

ANEXO III - POTENCIAL DE SOLAR FOTOVOLTAICO COMPARATIVAMENTE AO CONSUMO MÉDIO DIÁRIO DAS CASAS EM ESTUDO.

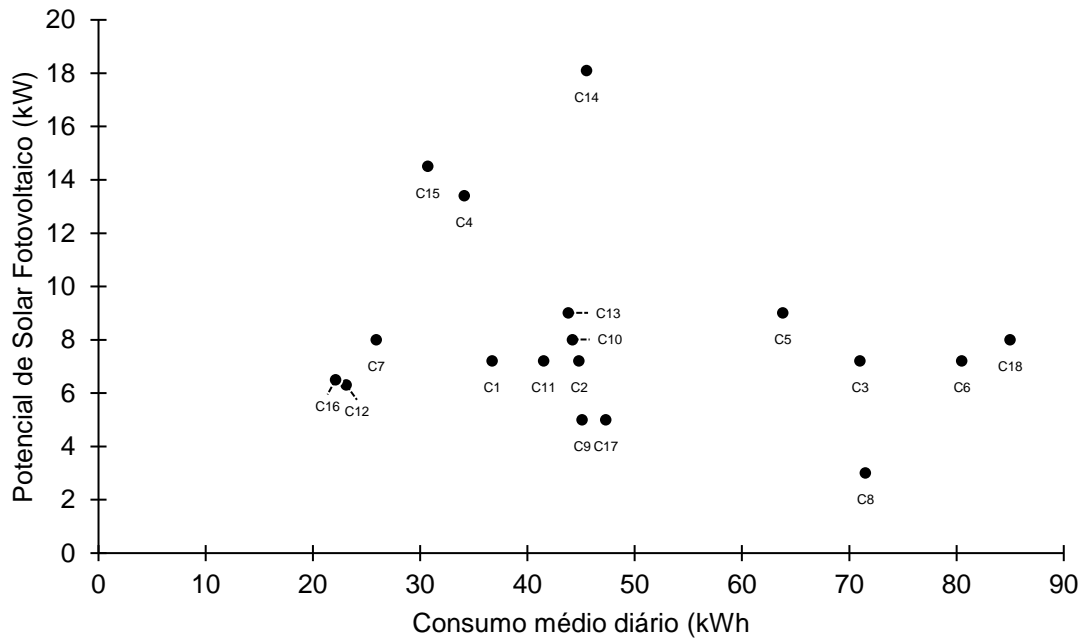


Figura 8.4 - Potencial de solar fotovoltaico passível de ser instalado e consumo médio diário das casas em estudo.

ANEXO IV - CONFIGURAÇÃO SA-0: VALOR ATUAL LÍQUIDO PARA OS PROSUMERS DAS SIMULAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO.

Tabela 8.2 – Valor Atual Líquido em Euros (€) para os *prosumers* nas simulações de dimensionamento da configuração SA-0.

Capacidade de produção instalada (kW)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
C1	82	162	230	270	285	273	238	186	121	46	-39	-132	-233	-340	-453	-572	-695
C2	169	337	506	674	843	1 011	1 176	1 333	1 476	1 598	1 698	1 774	1 825	1 853	1 860	1 848	1 822
C3	176	352	527	698	865	1 019	1 160	1 289	1 405	1 509	1 600	1 681	1 753	1 815	1 869	1 915	1 953
C4	176	352	528	704	880	1 056	1 232	1 407	1 583	1 759	1 935	2 110	2 283	2 454	2 622	2 786	2 945
C5	176	352	528	704	880	1 052	1 216	1 362	1 484	1 583	1 663	1 725	1 771	1 804	1 824	1 833	1 831
C6	156	311	467	623	778	933	1 089	1 244	1 399	1 555	1 710	1 864	2 016	2 163	2 304	2 437	2 562
C7	176	352	527	703	878	1 054	1 229	1 404	1 579	1 754	1 929	2 104	2 278	2 452	2 625	2 798	2 970
C8	175	345	502	642	767	878	977	1 062	1 133	1 189	1 233	1 264	1 283	1 290	1 287	1 274	1 252
C9	175	350	525	699	874	1 049	1 223	1 398	1 572	1 747	1 921	2 096	2 270	2 444	2 618	2 791	2 963
C10	176	352	528	704	879	1 054	1 225	1 390	1 546	1 693	1 830	1 958	2 077	2 186	2 286	2 376	2 458
C11	176	350	513	633	700	726	723	699	659	605	540	468	387	299	205	105	0
C12	176	352	528	704	880	1 055	1 231	1 406	1 581	1 757	1 931	2 104	2 274	2 441	2 603	2 761	2 913
C13	176	352	527	703	878	1 054	1 228	1 398	1 558	1 704	1 832	1 941	2 032	2 105	2 160	2 199	2 224
C14	176	351	527	702	877	1 049	1 218	1 383	1 541	1 692	1 833	1 963	2 081	2 186	2 274	2 346	2 401
C15	162	323	484	640	791	936	1 073	1 195	1 301	1 389	1 461	1 518	1 559	1 587	1 601	1 602	1 592
C16	176	352	527	703	878	1 054	1 229	1 404	1 579	1 753	1 924	2 087	2 240	2 380	2 504	2 610	2 698
C17	175	350	524	693	852	1 000	1 136	1 252	1 346	1 417	1 460	1 477	1 474	1 452	1 414	1 364	1 302
C18	176	351	527	702	877	1 053	1 228	1 403	1 577	1 750	1 920	2 083	2 237	2 379	2 507	2 618	2 711
C19	176	352	528	703	879	1 055	1 230	1 406	1 581	1 756	1 927	2 095	2 259	2 417	2 570	2 716	2 857

Capacidade de produção instalada (kW)	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7
C1	-822	-953	-1 088	-1 226	-1 367	-1 512	-1 660	-1 810	-1 963	-2 117	-2 274	-2 432	-2 592	-2 753	-2 916	-3 079	-3 244	-3 411	-3 578	-3 746
C2	1 782	1 732	1 673	1 606	1 531	1 450	1 363	1 270	1 173	1 071	966	858	746	631	514	394	272	147	20	-109
C3	1 983	2 005	2 018	2 024	2 022	2 011	1 993	1 967	1 935	1 898	1 855	1 808	1 756	1 699	1 638	1 571	1 499	1 422	1 341	1 254
C4	3 100	3 249	3 392	3 527	3 654	3 772	3 881	3 982	4 075	4 159	4 237	4 306	4 368	4 423	4 470	4 510	4 543	4 570	4 590	4 603
C5	1 819	1 795	1 763	1 722	1 674	1 619	1 559	1 494	1 423	1 348	1 268	1 184	1 096	1 004	908	810	708	604	497	389
C6	2 678	2 788	2 889	2 984	3 072	3 152	3 226	3 293	3 354	3 408	3 455	3 495	3 530	3 558	3 580	3 597	3 608	3 615	3 616	3 614
C7	3 140	3 309	3 477	3 642	3 805	3 965	4 122	4 275	4 424	4 568	4 707	4 841	4 969	5 091	5 206	5 315	5 417	5 512	5 601	5 682
C8	1 221	1 183	1 138	1 087	1 029	967	899	827	750	670	586	499	408	314	217	116	13	-94	-203	-315
C9	3 134	3 303	3 471	3 635	3 796	3 953	4 104	4 249	4 387	4 517	4 638	4 750	4 852	-	-	-	-	-	-	-
C10	2 532	2 598	2 658	2 712	2 758	2 798	2 831	2 857	2 876	2 887	2 891	2 887	2 877	2 858	2 833	2 802	2 765	2 722	2 674	2 621
C11	-109	-220	-335	-452	-572	-694	-819	-946	-1 074	-1 205	-1 338	-1 472	-1 608	-1 746	-1 886	-2 027	-2 169	-2 313	-2 458	-2 605
C12	3 059	3 195	3 319	3 428	3 523	3 602	3 666	3 715	3 752	3 776	3 789	3 792	3 785	3 769	3 746	3 715	3 678	3 634	3 584	3 528
C13	2 233	2 229	2 212	2 183	2 144	2 095	2 038	1 973	1 901	1 822	1 737	1 646	1 551	1 451	1 347	1 239	1 127	1 013	895	775
C14	2 440	2 465	2 476	2 476	2 466	2 448	2 421	2 386	2 344	2 296	2 242	2 184	2 121	2 055	1 984	1 910	1 832	1 750	1 664	1 575
C15	1 574	1 548	1 514	1 475	1 429	1 377	1 320	1 257	1 189	1 116	1 040	961	878	792	703	611	517	419	320	217
C16	2 767	2 820	2 856	2 876	2 882	2 876	2 858	2 830	2 793	2 748	2 695	2 635	2 569	2 498	2 420	2 338	2 251	2 160	2 064	1 964
C17	1 231	1 152	1 065	973	874	770	661	548	431	310	186	59	-71	-204	-339	-476	-614	-755	-897	-1 040
C18	2 788	2 847	2 890	2 918	2 933	2 936	2 928	2 911	2 885	2 852	2 813	2 767	2 716	2 659	2 598	2 531	2 460	2 384	2 305	2 221
C19	2 991	3 119	3 240	3 354	3 462	3 563	3 658	3 746	3 829	3 906	3 977	4 042	4 101	4 156	4 204	4 247	4 286	4 319	4 348	4 373

C1	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7
C2	-3 915	-4 085	-4 257	-4 429	-4 602	-4 776	-4 950	-5 125	-5 302	-5 478	-5 656	-5 834	-6 013	-6 193	-6 374	-6 555	-6 736	-6 919	-7 102	-7 285
C3	-240	-374	-509	-646	-786	-927	-1 069	-1 213	-1 358	-1 505	-1 653	-1 801	-1 951	-2 102	-2 254	-2 407	-2 560	-2 715	-2 870	-3 026
C4	1 163	1 068	970	868	763	655	545	432	316	198	78	-45	-169	-296	-424	-554	-686	-819	-955	-1 091
C5	4 611	4 613	4 610	4 601	4 587	4 569	4 546	4 518	4 487	4 451	4 411	4 367	4 320	4 270	4 216	4 160	4 101	4 038	3 974	3 906
C6	277	164	48	-70	-190	-312	-436	-562	-690	-819	-950	-1 082	-1 215	-1 350	-1 487	-1 624	-1 764	-1 904	-2 046	-2 189
C7	3 606	3 595	3 580	3 561	3 538	3 511	3 481	3 447	3 410	3 370	3 326	3 280	3 231	3 179	3 124	3 066	3 006	2 943	2 877	2 809
C8	5 758	5 827	5 890	5 948	6 001	6 048	6 089	6 126	6 158	6 185	6 207	6 224	6 237	6 246	6 250	6 251	6 247	6 240	6 229	6 214
C9	-430	-547	-667	-789	-914	-1 040	-1 169	-1 299	-1 431	-1 564	-1 699	-1 836	-1 974	-2 114	-2 255	-2 397	-2 541	-2 686	-2 832	-2 979
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	2 563	2 500	2 432	2 360	2 284	2 204	2 120	2 033	1 942	1 849	1 752	1 653	1 551	-	-	-	-	-	-	-
C12	-2 753	-2 902	-3 052	-3 203	-3 356	-3 509	-3 663	-3 818	-3 973	-4 129	-4 286	-4 444	-4 602	-4 761	-4 920	-5 080	-5 241	-5 402	-5 564	-5 726
C13	3 468	3 402	3 332	3 257	3 178	3 095	3 008	2 918	2 824	2 727	2 627	2 524	2 419	2 311	2 201	2 089	1 974	1 858	1 739	1 619
C14	652	526	398	268	135	1	-136	-275	-415	-557	-701	-847	-994	-1 143	-1 293	-1 445	-1 598	-1 753	-1 909	-2 067
C15	1 483	1 387	1 289	1 188	1 085	979	871	760	647	533	416	297	177	55	-69	-195	-322	-451	-581	-712
C16	113	6	-103	-214	-328	-443	-561	-681	-802	-926	-1 051	-1 178	-1 306	-1 436	-1 567	-1 700	-1 834	-1 970	-2 106	-2 244
C17	1 860	1 752	1 640	1 525	1 407	1 286	1 162	1 036	907	776	643	508	370	230	89	-55	-201	-348	-497	-648
C18	-1 185	-1 332	-1 480	-1 629	-1 780	-1 932	-2 085	-2 240	-2 395	-2 552	-2 709	-2 868	-3 028	-3 188	-3 350	-3 512	-3 676	-3 840	-4 005	-4 171
C19	2 133	2 041	1 946	1 848	1 746	1 642	1 535	1 426	1 314	1 200	1 084	965	845	-	-	-	-	-	-	-
	4 393	4 409	4 421	4 429	4 434	4 435	4 432	4 427	4 418	4 406	4 391	4 373	4 352	4 328	4 301	4 271	4 238	4 202	4 164	4 122

Capacidade de produção instalada (kW)	5,8	5,9	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	
C1	-7 469	-7 653	-7 838	-8 023	-8 208	-8 394	-8 580	-8 766	-8 953	-9 140	-9 328	-9 515	-9 703	-9 892	-10 080	-	-	-	-	-	-
C2	-3 183	-3 340	-3 498	-3 657	-3 816	-3 976	-4 137	-4 298	-4 461	-4 623	-4 787	-4 950	-5 115	-5 280	-5 446	-	-	-	-	-	-
C3	-1 229	-1 369	-1 509	-1 651	-1 794	-1 938	-2 083	-2 229	-2 377	-2 525	-2 675	-2 825	-2 977	-3 129	-3 282	-	-	-	-	-	-
C4	3 836	3 764	3 690	3 613	3 535	3 453	3 370	3 285	3 197	3 108	3 016	2 923	2 827	2 730	2 631	-	-	-	-	-	-
C5	-2 333	-2 479	-2 626	-2 773	-2 922	-3 072	-3 224	-3 376	-3 529	-3 683	-3 838	-3 994	-4 151	-4 309	-4 468	-4 788	-4 949	-5 111	-5 273	-5 437	-
C6	2 738	2 665	2 590	2 513	2 433	2 351	2 267	2 181	2 093	2 004	1 912	1 819	1 723	1 626	1 527	1 324	1 220	1 114	1 007	898	-
C7	6 196	6 174	6 149	6 121	6 090	6 055	6 018	5 978	5 934	5 889	5 840	5 790	5 736	5 681	5 623	-	-	-	-	-	-
C8	-3 127	-3 276	-3 426	-3 577	-3 729	-3 882	-4 036	-4 191	-4 347	-4 504	-4 662	-4 820	-4 980	-5 140	-5 301	-5 625	-5 788	-5 951	-6 116	-6 280	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-5 890	-6 053	-6 218	-6 382	-6 548	-6 714	-6 880	-7 047	-7 214	-7 381	-7 549	-7 718	-7 887	-8 056	-8 226	-8 566	-8 737	-8 908	-9 080	-9 252	-
C12	1 498	1 374	1 250	1 123	996	867	736	604	471	337	202	66	-72	-210	-350	-	-	-	-	-	-
C13	-2 226	-2 386	-2 547	-2 709	-2 872	-3 036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-845	-979	-1 115	-1 252	-1 390	-1 529	-1 669	-1 811	-1 953	-2 097	-2 242	-2 388	-2 535	-2 682	-2 831	-3 132	-3 283	-3 436	-3 589	-3 743	-
C15	-2 383	-2 524	-2 665	-2 808	-2 952	-3 097	-3 243	-3 391	-3 540	-3 690	-3 841	-3 993	-4 146	-4 300	-4 456	-4 612	-4 769	-4 927	-5 085	-5 245	-
C16	-800	-953	-1 108	-1 264	-1 421	-1 579	-1 738	-1 898	-2 059	-2 221	-2 384	-2 548	-2 712	-2 878	-3 044	-3 378	-3 546	-3 715	-3 885	-4 056	-
C17	-4 337	-4 504	-4 672	-4 841	-5 010	-5 179	-5 350	-5 521	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	4 079	4 032	3 983	3 932	3 879	3 824	3 766	3 707	3 646	3 583	3 518	3 451	3 383	3 313	3 242	3 094	3 018	2 940	2 860	2 779	-

Capacidade de produção instalada (kW)	7,8	7,9	8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-5 601	-5 766	-5 932	-6 099	-6 266	-6 434	-6 602	-6 772	-6 941	-7 112	-7 283	-7 455	-7 627	-7 800	-7 974	-8 148	-8 322	-8 498	-8 673	-8 850
C6	788	676	562	447	331	214	95	-25	-147	-270	-394	-519	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-6 446	-6 612	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-9 424	-9 597	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-3 898	-4 054	-4 210	-4 367	-4 525	-4 684	-4 844	-5 004	-5 164	-5 326	-5 488	-5 651	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-5 405	-5 566	-5 728	-5 890	-6 053	-6 217	-6 382	-6 546	-6 712	-6 878	-7 044	-7 211	-7 379	-7 547	-7 715	-7 884	-8 053	-8 223	-8 393	-8 564
C16	-4 227	-4 398	-4 571	-4 744	-4 917	-5 091	-5 266	-5 441	-5 616	-5 792	-5 969	-6 146	-6 324	-6 502	-6 681	-6 860	-7 039	-7 220	-7 400	-7 581
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	2 697	2 613	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	9,8	9,9	10	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-9 027	-9 204	-9 382	-9 560	-9 739	-9 918	-10 098	-10 278	-10 458	-10 639	-10 820	-11 002	-11 184	-11 366	-11 548	-11 731	-11 914	-12 098	-12 281	-12 465	
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-8 735	-8 906	-9 078	-9 250	-9 423	-9 596	-9 769	-9 943	-10 117	-10 292	-10 467	-10 642	-10 817	-10 993	-11 170	-11 346	-11 523	-11 700	-11 877	-12 055	
C16	-7 763	-7 944	-8 127	-8 310	-8 493	-8 676	-8 860	-9 045	-9 229	-9 414	-9 600	-9 785	-9 971	-10 158	-10 344	-10 531	-10 719	-10 906	-11 094	-11 281	
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	11,8	11,9	12	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-12 650	-12 834	-13 019	-13 204	-13 390	-13 575	-13 761	-13 947	-14 133	-14 320	-14 506	-14 693	-14 880	-15 067	-15 255	-15 442	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-12 233	-12 411	-12 590	-12 769	-12 948	-13 127	-13 307	-13 487	-13 667	-13 847	-14 028	-14 208	-14 389	-14 571	-14 752	-14 934	-15 116	-15 298	-15 480	-15 662	-
C16	-11 469	-11 658	-11 846	-12 035	-12 224	-12 413	-12 602	-12 791	-12 981	-13 171	-13 361	-13 551	-13 741	-13 931	-14 122	-14 312	-14 503	-14 694	-14 885	-15 076	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	13,8	13,9	14	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9	15	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C15	-15 845 -16 028 -16 211 -16 394 -16 578 -16 761 -16 945 -17 129 -17 313 -17 498 -17 682 -17 867 -18 052 -18 237 -18 422 -18 608 -18 793 -18 979 -19 165 -19 351																				
C16	-15 268 -15 459 -15 651 -15 843 -16 034 -16 226 -16 418																				
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Capacidade de produção instalada (kW)	15,8	15,9	16	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-19 537	-19 723	-19 910	-20 096	-20 283	-20 470	-20 657	-20 844	-21 031	-21 218	-21 406	-21 593	-21 781	-21 968	-22 156	-22 344	-22 532	-22 721	-22 909	-23 097	-
C16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexos

Capacidade de produção instalada (kW)	17,8	17,9	18	18,1
C1	-	-	-	-
C2	-	-	-	-
C3	-	-	-	-
C4	-	-	-	-
C5	-	-	-	-
C6	-	-	-	-
C7	-	-	-	-
C8	-	-	-	-
C9	-	-	-	-
C10	-	-	-	-
C11	-	-	-	-
C12	-	-	-	-
C13	-	-	-	-
C14	-	-	-	-
C15	-23 286	-23 474	-23 663	-23 852
C16	-	-	-	-
C17	-	-	-	-
C18	-	-	-	-
C19	-	-	-	-

ANEXO V - CONFIGURAÇÃO SA-1: VALOR ATUAL LÍQUIDO PARA OS PROSUMERS DAS SIMULAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO.

Tabela 8.3 – Valor Atual Líquido em Euros (€) para os *prosumers* nas simulações de dimensionamento da configuração SA-1.

Capacidade de produção instalada (kW)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
C1	-14 141	-13 975	-13 830	-13 724	-13 632	-13 543	-13 457	-13 376	-13 297	-13 219	-13 143	-13 071	-13 003	-12 938	-12 877	-12 819	-12 763
C2	-14 133	-13 958	-13 782	-13 607	-13 433	-13 264	-13 096	-12 928	-12 762	-12 598	-12 436	-12 277	-12 120	-11 965	-11 813	-11 662	-11 514
C3	-14 132	-13 956	-13 780	-13 605	-13 430	-13 256	-13 083	-12 912	-12 742	-12 574	-12 406	-12 240	-12 074	-11 910	-11 746	-11 583	-11 421
C4	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 076	-12 900	-12 724	-12 549	-12 373	-12 197	-12 021	-11 846	-11 671	-11 496	-11 322
C5	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 253	-13 078	-12 905	-12 734	-12 566	-12 400	-12 235	-12 072	-11 911	-11 750	-11 591	-11 433
C6	-14 134	-13 960	-13 793	-13 632	-13 472	-13 311	-13 150	-12 989	-12 828	-12 667	-12 506	-12 347	-12 190	-12 035	-11 881	-11 727	-11 575
C7	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 077	-12 901	-12 725	-12 549	-12 373	-12 197	-12 022	-11 846	-11 670	-11 495	-11 319
C8	-14 132	-13 957	-13 783	-13 610	-13 440	-13 270	-13 102	-12 935	-12 770	-12 606	-12 443	-12 281	-12 121	-11 962	-11 804	-11 647	-11 492
C9	-14 132	-13 956	-13 780	-13 605	-13 429	-13 253	-13 077	-12 901	-12 726	-12 550	-12 374	-12 198	-12 022	-11 847	-11 671	-11 495	-11 320
C10	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 077	-12 902	-12 728	-12 555	-12 383	-12 212	-12 042	-11 872	-11 704	-11 537	-11 370
C11	-14 132	-13 956	-13 782	-13 611	-13 446	-13 285	-13 127	-12 971	-12 817	-12 664	-12 512	-12 361	-12 211	-12 061	-11 913	-11 767	-11 623
C12	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 076	-12 901	-12 725	-12 549	-12 373	-12 197	-12 022	-11 847	-11 672	-11 498	-11 325
C13	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 077	-12 901	-12 727	-12 554	-12 383	-12 214	-12 046	-11 881	-11 717	-11 554	-11 394
C14	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 429	-13 253	-13 078	-12 903	-12 729	-12 555	-12 383	-12 211	-12 041	-11 873	-11 705	-11 540	-11 376
C15	-14 133	-13 959	-13 791	-13 629	-13 469	-13 308	-13 149	-12 991	-12 835	-12 680	-12 528	-12 376	-12 226	-12 080	-11 938	-11 803	-11 672
C16	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 077	-12 901	-12 725	-12 549	-12 374	-12 199	-12 025	-11 853	-11 682	-11 513	-11 346
C17	-14 132	-13 956	-13 780	-13 605	-13 431	-13 256	-13 086	-12 916	-12 748	-12 583	-12 420	-12 260	-12 102	-11 946	-11 791	-11 638	-11 486
C18	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 253	-13 077	-12 901	-12 725	-12 549	-12 374	-12 200	-12 026	-11 853	-11 682	-11 513	-11 345
C19	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 076	-12 901	-12 725	-12 549	-12 373	-12 198	-12 024	-11 849	-11 676	-11 503	-11 330

Capacidade de produção instalada (kW)	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
C1	-12 710	-12 658	-12 609	-12 561	-12 516	-12 472	-12 430	-12 389	-12 351	-12 316	-12 287	-12 265	-12 249	-12 243	-12 246	-12 259	-12 280	-12 309	-12 346	-12 390	
C2	-11 366	-11 221	-11 076	-10 932	-10 789	-10 647	-10 505	-10 364	-10 223	-10 083	-9 944	-9 806	-9 669	-9 534	-9 405	-9 282	-9 166	-9 058	-8 959	-8 871	
C3	-11 259	-11 099	-10 939	-10 780	-10 622	-10 465	-10 308	-10 153	-9 997	-9 843	-9 689	-9 535	-9 383	-9 232	-9 083	-8 935	-8 788	-8 644	-8 502	-8 363	
C4	-11 148	-10 974	-10 802	-10 630	-10 459	-10 289	-10 119	-9 951	-9 783	-9 617	-9 451	-9 285	-9 121	-8 957	-8 794	-8 631	-8 470	-8 309	-8 148	-7 989	
C5	-11 276	-11 120	-10 965	-10 810	-10 657	-10 504	-10 352	-10 200	-10 049	-9 898	-9 748	-9 599	-9 451	-9 305	-9 161	-9 020	-8 882	-8 748	-8 619	-8 497	
C6	-11 423	-11 272	-11 122	-10 972	-10 823	-10 675	-10 528	-10 381	-10 235	-10 089	-9 945	-9 801	-9 659	-9 517	-9 375	-9 235	-9 095	-8 956	-8 818	-8 680	
C7	-11 144	-10 968	-10 793	-10 618	-10 444	-10 269	-10 095	-9 922	-9 749	-9 576	-9 403	-9 232	-9 061	-8 890	-8 720	-8 551	-8 382	-8 215	-8 047	-7 881	
C8	-11 341	-11 198	-11 064	-10 938	-10 820	-10 708	-10 603	-10 503	-10 411	-10 323	-10 241	-10 165	-10 092	-10 025	-9 964	-9 910	-9 862	-9 822	-9 789	-9 763	
C9	-11 144	-10 969	-10 794	-10 619	-10 445	-10 271	-10 097	-9 924	-9 752	-9 581	-9 410	-9 241	-9 072	-	-	-	-	-	-	-	
C10	-11 205	-11 040	-10 875	-10 711	-10 548	-10 386	-10 225	-10 064	-9 903	-9 744	-9 585	-9 427	-9 270	-9 113	-8 957	-8 803	-8 649	-8 498	-8 349	-8 205	
C11	-11 481	-11 340	-11 201	-11 067	-10 939	-10 819	-10 708	-10 603	-10 507	-10 422	-10 348	-10 284	-10 233	-10 194	-10 168	-10 154	-10 152	-10 159	-10 175	-10 199	
C12	-11 152	-10 980	-10 809	-10 640	-10 472	-10 306	-10 141	-9 978	-9 816	-9 655	-9 495	-9 337	-9 179	-9 022	-8 866	-8 711	-8 556	-8 402	-8 249	-8 096	
C13	-11 234	-11 076	-10 920	-10 764	-10 610	-10 456	-10 304	-10 153	-10 006	-9 862	-9 724	-9 590	-9 461	-9 335	-9 211	-9 090	-8 970	-8 853	-8 741	-8 636	
C14	-11 214	-11 053	-10 893	-10 735	-10 578	-10 421	-10 266	-10 111	-9 956	-9 803	-9 650	-9 497	-9 345	-9 194	-9 042	-8 891	-8 741	-8 591	-8 441	-8 292	
C15	-11 544	-11 417	-11 291	-11 166	-11 041	-10 917	-10 793	-10 671	-10 550	-10 430	-10 311	-10 193	-10 076	-9 960	-9 845	-9 732	-9 622	-9 516	-9 416	-9 324	
C16	-11 181	-11 017	-10 855	-10 695	-10 536	-10 378	-10 222	-10 066	-9 912	-9 758	-9 605	-9 452	-9 301	-9 149	-8 999	-8 849	-8 699	-8 550	-8 401	-8 254	
C17	-11 335	-11 184	-11 034	-10 885	-10 737	-10 589	-10 444	-10 294	-10 148	-10 002	-9 859	-9 717	-9 578	-9 443	-9 315	-9 197	-9 091	-8 997	-8 918	-8 855	
C18	-11 179	-11 015	-10 852	-10 691	-10 531	-10 372	-10 215	-10 058	-9 902	-9 747	-9 593	-9 439	-9 286	-9 133	-8 981	-8 829	-8 678	-8 527	-8 377	-8 227	
C19	-11 159	-10 987	-10 817	-10 647	-10 478	-10 310	-10 142	-9 975	-9 808	-9 642	-9 477	-9 312	-9 147	-8 984	-8 820	-8 658	-8 496	-8 334	-8 173	-8 013	

Capacidade de produção instalada (kW)	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7
C1	-12 442	-12 499	-12 564	-12 635	-12 713	-12 796	-12 886	-12 981	-13 083	-13 191	-13 304	-13 422	-13 545	-13 672	-13 803	-13 937	-14 074	-14 214	-14 357	-14 502
C2	-8 795	-8 733	-8 684	-8 650	-8 628	-8 619	-8 620	-8 633	-8 657	-8 690	-8 732	-8 782	-8 839	-8 903	-8 972	-9 048	-9 128	-9 213	-9 302	-9 396
C3	-8 228	-8 097	-7 972	-7 855	-7 745	-7 645	-7 555	-7 475	-7 406	-7 348	-7 302	-7 267	-7 243	-7 230	-7 226	-7 232	-7 246	-7 267	-7 296	-7 331
C4	-7 830	-7 671	-7 513	-7 356	-7 199	-7 043	-6 887	-6 733	-6 581	-6 430	-6 281	-6 134	-5 989	-5 848	-5 711	-5 578	-5 449	-5 326	-5 209	-5 096
C5	-8 381	-8 271	-8 168	-8 072	-7 985	-7 908	-7 840	-7 782	-7 733	-7 694	-7 665	-7 646	-7 635	-7 634	-7 640	-7 653	-7 674	-7 702	-7 736	-7 778
C6	-8 542	-8 405	-8 269	-8 135	-8 003	-7 873	-7 746	-7 623	-7 504	-7 388	-7 277	-7 171	-7 070	-6 973	-6 882	-6 796	-6 715	-6 641	-6 571	-6 507
C7	-7 715	-7 550	-7 385	-7 221	-7 057	-6 894	-6 732	-6 570	-6 408	-6 247	-6 087	-5 927	-5 768	-5 609	-5 452	-5 295	-5 140	-4 986	-4 834	-4 684
C8	-9 746	-9 736	-9 734	-9 739	-9 751	-9 770	-9 796	-9 828	-9 866	-9 910	-9 960	-10 016	-10 079	-10 147	-10 220	-10 300	-10 384	-10 473	-10 567	-10 665
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-8 064	-7 928	-7 796	-7 669	-7 546	-7 429	-7 316	-7 209	-7 107	-7 009	-6 917	-6 830	-6 748	-	-	-	-	-	-	-
C11	-10 230	-10 268	-10 311	-10 359	-10 412	-10 470	-10 532	-10 599	-10 670	-10 745	-10 824	-10 908	-10 996	-11 089	-11 186	-11 286	-11 390	-11 497	-11 608	-11 723
C12	-7 945	-7 795	-7 647	-7 501	-7 357	-7 215	-7 075	-6 938	-6 803	-6 671	-6 543	-6 421	-6 306	-6 198	-6 099	-6 009	-5 929	-5 857	-5 796	-5 745
C13	-8 537	-8 447	-8 368	-8 302	-8 250	-8 211	-8 188	-8 177	-8 179	-8 192	-8 217	-8 252	-8 295	-8 346	-8 403	-8 467	-8 536	-8 609	-8 687	-8 770
C14	-8 144	-7 998	-7 857	-7 720	-7 588	-7 461	-7 340	-7 225	-7 118	-7 020	-6 932	-6 854	-6 786	-6 729	-6 682	-6 645	-6 617	-6 600	-6 592	-6 593
C15	-9 241	-9 168	-9 104	-9 052	-9 011	-8 980	-8 959	-8 947	-8 944	-8 948	-8 960	-8 978	-9 003	-9 034	-9 070	-9 111	-9 158	-9 209	-9 265	-9 326
C16	-8 109	-7 967	-7 830	-7 699	-7 575	-7 458	-7 350	-7 251	-7 164	-7 088	-7 025	-6 974	-6 935	-6 907	-6 890	-6 883	-6 886	-6 899	-6 920	-6 949
C17	-8 810	-8 783	-8 773	-8 778	-8 798	-8 831	-8 876	-8 932	-8 997	-9 070	-9 150	-9 236	-9 327	-9 424	-9 525	-9 632	-9 743	-9 859	-9 978	-10 102
C18	-8 078	-7 929	-7 781	-7 635	-7 493	-7 356	-7 226	-7 105	-6 993	-6 892	-6 803	-6 725	-6 659	-	-	-	-	-	-	-
C19	-7 853	-7 695	-7 538	-7 381	-7 226	-7 072	-6 919	-6 768	-6 619	-6 473	-6 330	-6 190	-6 055	-5 924	-5 798	-5 677	-5 561	-5 451	-5 347	-5 250

Capacidade de produção instalada (kW)	5,8	5,9	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	
C1	-14 649	-14 798	-14 949	-15 102	-15 257	-15 415	-15 574	-15 735	-15 897	-16 061	-16 227	-16 393	-16 562	-16 732	-16 903	-	-	-	-	-	-
C2	-9 493	-9 593	-9 697	-9 804	-9 913	-10 025	-10 139	-10 255	-10 374	-10 495	-10 617	-10 742	-10 869	-10 997	-11 128	-	-	-	-	-	-
C3	-7 373	-7 420	-7 473	-7 530	-7 592	-7 658	-7 729	-7 803	-7 881	-7 962	-8 048	-8 137	-8 229	-8 325	-8 423	-	-	-	-	-	-
C4	-4 990	-4 889	-4 796	-4 709	-4 629	-4 555	-4 488	-4 429	-4 376	-4 331	-4 293	-4 262	-4 238	-4 221	-4 210	-	-	-	-	-	-
C5	-7 825	-7 878	-7 937	-8 002	-8 072	-8 147	-8 227	-8 313	-8 404	-8 499	-8 598	-8 702	-8 809	-8 919	-9 032	-9 267	-9 388	-9 512	-9 639	-9 767	-
C6	-6 450	-6 397	-6 350	-6 307	-6 270	-6 238	-6 211	-6 188	-6 170	-6 156	-6 146	-6 141	-6 139	-6 141	-6 148	-6 173	-6 192	-6 216	-6 244	-6 275	-
C7	-4 537	-4 392	-4 251	-4 114	-3 982	-3 855	-3 733	-3 618	-3 509	-3 406	-3 311	-3 223	-3 142	-3 069	-3 002	-	-	-	-	-	-
C8	-10 767	-10 874	-10 984	-11 097	-11 214	-11 334	-11 457	-11 582	-11 710	-11 840	-11 973	-12 109	-12 246	-12 386	-12 527	-12 815	-12 961	-13 109	-13 258	-13 408	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-11 841	-11 962	-12 087	-12 215	-12 345	-12 477	-12 612	-12 749	-12 888	-13 029	-13 173	-13 317	-13 464	-13 612	-13 761	-14 063	-14 216	-14 370	-14 525	-14 681	-
C12	-5 704	-5 672	-5 649	-5 635	-5 629	-5 630	-5 638	-5 653	-5 675	-5 703	-5 736	-5 775	-5 820	-5 870	-5 924	-	-	-	-	-	-
C13	-8 858	-8 950	-9 046	-9 148	-9 255	-9 366	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-6 603	-6 621	-6 647	-6 679	-6 718	-6 763	-6 814	-6 870	-6 932	-6 998	-7 069	-7 145	-7 224	-7 308	-7 396	-7 582	-7 679	-7 780	-7 883	-7 988	-
C15	-9 392	-9 462	-9 536	-9 615	-9 698	-9 784	-9 874	-9 967	-10 063	-10 162	-10 264	-10 370	-10 478	-10 588	-10 701	-10 816	-10 934	-11 053	-11 173	-11 296	-
C16	-6 985	-7 028	-7 078	-7 132	-7 192	-7 257	-7 327	-7 402	-7 482	-7 566	-7 654	-7 746	-7 841	-7 941	-8 044	-8 260	-8 373	-8 490	-8 610	-8 733	-
C17	-10 230	-10 362	-10 498	-10 637	-10 780	-10 925	-11 074	-11 224	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-5 159	-5 074	-4 996	-4 923	-4 856	-4 795	-4 739	-4 688	-4 641	-4 600	-4 562	-4 529	-4 500	-4 476	-4 455	-4 424	-4 415	-4 409	-4 406	-4 407	-

Capacidade de produção instalada (kW)	7,8	7,9	8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-9 898	-10 031	-10 165	-10 302	-10 440	-10 581	-10 723	-10 867	-11 012	-11 160	-11 309	-11 460	-11 612	-11 765	-11 920	-12 077	-12 234	-12 393	-12 553	-12 714	-
C6	-6 311	-6 350	-6 392	-6 437	-6 486	-6 538	-6 592	-6 650	-6 710	-6 774	-6 840	-6 908	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-13 560	-13 713	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-14 837	-14 994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-8 097	-8 207	-8 320	-8 436	-8 554	-8 675	-8 798	-8 924	-9 051	-9 181	-9 313	-9 447	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-11 420	-11 546	-11 673	-11 802	-11 933	-12 064	-12 197	-12 331	-12 466	-12 602	-12 739	-12 877	-13 017	-13 157	-13 298	-13 441	-13 584	-13 728	-13 873	-14 019	-
C16	-8 859	-8 988	-9 119	-9 254	-9 390	-9 530	-9 671	-9 814	-9 960	-10 107	-10 256	-10 406	-10 559	-10 713	-10 868	-11 025	-11 183	-11 342	-11 503	-11 664	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-4 411	-4 418	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	9,8	9,9	10	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-12 876	-13 039	-13 203	-13 368	-13 534	-13 701	-13 868	-14 037	-14 206	-14 375	-14 546	-14 716	-14 888	-15 060	-15 232	-15 405	-15 579	-15 753	-15 928	-16 103	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-14 165	-14 313	-14 461	-14 610	-14 760	-14 911	-15 063	-15 216	-15 370	-15 524	-15 680	-15 836	-15 992	-16 150	-16 308	-16 466	-16 626	-16 786	-16 947	-17 108	-
C16	-11 827	-11 990	-12 155	-12 321	-12 487	-12 655	-12 823	-12 992	-13 162	-13 332	-13 504	-13 676	-13 848	-14 021	-14 195	-14 370	-14 545	-14 721	-14 897	-15 073	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	11,8	11,9	12	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,6	12,6	12,7	12,8	12,9	13	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-16 278	-16 454	-16 630	-16 807	-16 984	-17 161	-17 339	-17 517	-17 695	-17 874	-18 053	-18 233	-18 413	-18 593	-18 774	-18 954	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-17 271	-17 434	-17 597	-17 762	-17 927	-18 092	-18 259	-18 425	-18 593	-18 761	-18 929	-19 099	-19 268	-19 438	-19 609	-19 780	-19 951	-20 123	-20 296	-20 469	-	-
C16	-15 251	-15 428	-15 606	-15 785	-15 963	-16 143	-16 322	-16 502	-16 682	-16 863	-17 043	-17 224	-17 406	-17 588	-17 770	-17 952	-18 135	-18 317	-18 501	-18 684	-	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	13,8	13,9	14	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9	15	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-20 642	-20 816	-20 990	-21 165	-21 340	-21 515	-21 691	-21 867	-22 044	-22 220	-22 397	-22 575	-22 752	-22 930	-23 108	-23 286	-23 465	-23 644	-23 823	-24 002
C16	-18 868	-19 051	-19 235	-19 420	-19 604	-19 789	-19 974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	15,8	15,9	16	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-24 182	-24 361	-24 541	-24 721	-24 902	-25 082	-25 263	-25 444	-25 625	-25 807	-25 989	-26 170	-26 353	-26 535	-26 717	-26 900	-27 083	-27 265	-27 448	-27 632
C16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexos

Capacidade de produção instalada (kW)	17,8	17,9	18	18,1
C1	-	-	-	-
C2	-	-	-	-
C3	-	-	-	-
C4	-	-	-	-
C5	-	-	-	-
C6	-	-	-	-
C7	-	-	-	-
C8	-	-	-	-
C9	-	-	-	-
C10	-	-	-	-
C11	-	-	-	-
C12	-	-	-	-
C13	-	-	-	-
C14	-	-	-	-
C15	-27 815	-27 999	-28 182	-28 366
C16	-	-	-	-
C17	-	-	-	-
C18	-	-	-	-
C19	-	-	-	-

ANEXO VI - CONFIGURAÇÃO SAR-0: VALOR ATUAL LÍQUIDO PARA OS *PROSUMERS* DAS SIMULAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO.

Tabela 8.4 – Valor Atual Líquido em Euros (€) para os *prosumers* nas simulações de dimensionamento da configuração SAR-0.

Capacidade de produção instalada (kW)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
C1	115	229	335	421	490	540	576	599	614	620	621	615	605	590	571	549	523
C2	171	342	513	684	855	1 025	1 194	1 357	1 509	1 647	1 770	1 876	1 967	2 041	2 101	2 149	2 187
C3	176	352	527	700	869	1 030	1 181	1 324	1 458	1 584	1 702	1 813	1 917	2 016	2 109	2 196	2 278
C4	176	352	528	704	880	1 056	1 232	1 408	1 583	1 759	1 935	2 110	2 284	2 456	2 626	2 794	2 958
C5	176	352	528	704	880	1 053	1 220	1 375	1 514	1 638	1 748	1 846	1 934	2 013	2 083	2 146	2 201
C6	161	321	482	643	803	964	1 124	1 285	1 445	1 606	1 766	1 926	2 084	2 239	2 390	2 536	2 676
C7	176	352	527	703	879	1 054	1 230	1 405	1 581	1 756	1 931	2 106	2 281	2 455	2 629	2 803	2 976
C8	175	347	511	664	807	940	1 066	1 182	1 289	1 386	1 475	1 555	1 627	1 692	1 749	1 799	1 844
C9	175	351	526	701	876	1 051	1 226	1 401	1 576	1 751	1 926	2 101	2 276	2 451	2 625	2 799	2 972
C10	176	352	528	704	879	1 054	1 227	1 395	1 557	1 713	1 862	2 005	2 142	2 272	2 396	2 514	2 625
C11	176	350	518	655	757	831	886	926	956	976	990	998	1 000	998	991	980	966
C12	176	352	528	704	880	1 055	1 231	1 406	1 582	1 757	1 932	2 106	2 278	2 447	2 614	2 778	2 938
C13	176	352	527	703	879	1 054	1 229	1 401	1 566	1 721	1 865	1 996	2 114	2 220	2 315	2 398	2 471
C14	176	352	527	702	878	1 051	1 223	1 390	1 554	1 712	1 864	2 009	2 145	2 271	2 387	2 492	2 585
C15	167	333	499	662	822	978	1 128	1 268	1 397	1 513	1 618	1 713	1 798	1 874	1 940	1 998	2 049
C16	176	352	528	703	879	1 054	1 230	1 405	1 580	1 755	1 927	2 094	2 254	2 404	2 543	2 671	2 786
C17	175	350	525	696	861	1 018	1 166	1 301	1 421	1 524	1 609	1 677	1 730	1 771	1 802	1 824	1 838
C18	176	351	527	702	878	1 053	1 229	1 404	1 579	1 753	1 924	2 091	2 252	2 404	2 546	2 677	2 796
C19	176	352	528	704	879	1 055	1 231	1 407	1 582	1 757	1 930	2 101	2 268	2 433	2 594	2 750	2 903

Capacidade de produção instalada (kW)	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7
C1	494	463	429	393	354	314	271	227	181	133	84	35	-16	-68	-121	-175	-229	-284	-340	-397
C2	2 217	2 239	2 256	2 267	2 273	2 274	2 272	2 266	2 257	2 245	2 231	2 215	2 196	2 175	2 153	2 129	2 103	2 076	2 047	2 016
C3	2 354	2 425	2 491	2 552	2 607	2 657	2 701	2 741	2 777	2 808	2 836	2 861	2 883	2 901	2 917	2 928	2 937	2 942	2 943	2 942
C4	3 119	3 276	3 429	3 577	3 719	3 855	3 985	4 109	4 227	4 341	4 449	4 552	4 651	4 744	4 832	4 916	4 994	5 069	5 138	5 204
C5	2 250	2 291	2 326	2 355	2 379	2 400	2 416	2 429	2 439	2 445	2 448	2 449	2 446	2 441	2 434	2 424	2 413	2 399	2 384	2 368
C6	2 811	2 941	3 066	3 187	3 303	3 414	3 521	3 623	3 721	3 815	3 904	3 989	4 070	4 146	4 219	4 288	4 353	4 415	4 474	4 530
C7	3 148	3 319	3 489	3 658	3 825	3 990	4 152	4 313	4 470	4 624	4 775	4 923	5 066	5 206	5 341	5 471	5 598	5 720	5 837	5 949
C8	1 883	1 916	1 945	1 969	1 990	2 007	2 020	2 031	2 038	2 043	2 045	2 045	2 042	2 038	2 031	2 021	2 010	1 997	1 982	1 964
C9	3 145	3 317	3 487	3 655	3 821	3 985	4 144	4 300	4 450	4 596	4 736	4 869	4 997	-	-	-	-	-	-	-
C10	2 731	2 832	2 929	3 022	3 109	3 192	3 271	3 345	3 414	3 478	3 537	3 591	3 640	3 684	3 724	3 759	3 790	3 818	3 842	3 863
C11	950	931	910	888	864	838	811	783	753	721	689	655	620	583	546	508	469	429	387	345
C12	3 092	3 241	3 381	3 512	3 632	3 742	3 842	3 932	4 013	4 086	4 151	4 210	4 262	4 308	4 349	4 385	4 417	4 444	4 467	4 486
C13	2 535	2 589	2 634	2 672	2 702	2 726	2 745	2 758	2 766	2 770	2 769	2 765	2 758	2 747	2 734	2 718	2 700	2 679	2 657	2 632
C14	2 668	2 741	2 806	2 863	2 913	2 957	2 996	3 029	3 058	3 082	3 103	3 121	3 136	3 148	3 158	3 165	3 169	3 171	3 171	3 168
C15	2 093	2 133	2 168	2 198	2 224	2 246	2 264	2 279	2 290	2 298	2 304	2 307	2 308	2 307	2 304	2 299	2 292	2 283	2 273	2 261
C16	2 889	2 980	3 060	3 130	3 190	3 242	3 286	3 324	3 355	3 381	3 401	3 417	3 429	3 437	3 441	3 442	3 440	3 434	3 426	3 414
C17	1 846	1 849	1 847	1 840	1 830	1 816	1 799	1 779	1 756	1 731	1 704	1 674	1 643	1 610	1 575	1 539	1 502	1 464	1 424	1 384
C18	2 904	2 999	3 084	3 159	3 225	3 283	3 334	3 379	3 418	3 452	3 482	3 508	3 530	3 548	3 563	3 575	3 584	3 589	3 592	3 592
C19	3 052	3 197	3 337	3 472	3 604	3 731	3 854	3 973	4 088	4 199	4 306	4 409	4 509	4 605	4 698	4 787	4 873	4 956	5 035	5 112

Capacidade de produção instalada (kW)	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7
C1	-454	-513	-571	-631	-690	-751	-812	-873	-935	-998	-1 061	-1 124	-1 189	-1 253	-1 318	-1 384	-1 449	-1 516	-1 582	-1 649
C2	1 985	1 951	1 917	1 881	1 844	1 806	1 767	1 727	1 685	1 643	1 601	1 557	1 513	1 468	1 423	1 377	1 330	1 283	1 235	1 186
C3	2 937	2 930	2 921	2 909	2 895	2 880	2 862	2 843	2 822	2 799	2 775	2 749	2 722	2 694	2 665	2 634	2 602	2 569	2 535	2 499
C4	5 266	5 324	5 378	5 429	5 476	5 520	5 561	5 599	5 634	5 667	5 696	5 723	5 748	5 771	5 791	5 809	5 826	5 840	5 853	5 864
C5	2 350	2 330	2 309	2 286	2 262	2 237	2 210	2 182	2 153	2 122	2 091	2 059	2 026	1 992	1 956	1 920	1 883	1 845	1 806	1 767
C6	4 583	4 633	4 681	4 726	4 768	4 808	4 846	4 881	4 914	4 944	4 973	5 000	5 024	5 047	5 068	5 087	5 104	5 119	5 133	5 144
C7	6 058	6 162	6 263	6 359	6 453	6 542	6 628	6 711	6 790	6 866	6 939	7 008	7 075	7 139	7 200	7 258	7 314	7 367	7 417	7 465
C8	1 946	1 925	1 902	1 878	1 852	1 825	1 797	1 768	1 737	1 705	1 672	1 638	1 603	1 567	1 530	1 492	1 453	1 414	1 373	1 332
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	3 880	3 894	3 905	3 912	3 918	3 920	3 920	3 918	3 913	3 907	3 898	3 888	3 876	-	-	-	-	-	-	-
C11	302	259	214	169	123	76	29	-18	-66	-115	-164	-213	-263	-314	-364	-416	-467	-519	-572	-625
C12	4 502	4 514	4 524	4 530	4 533	4 534	4 532	4 528	4 521	4 512	4 501	4 489	4 474	4 458	4 441	4 422	4 401	4 379	4 356	4 332
C13	2 606	2 578	2 548	2 517	2 484	2 450	2 415	2 378	2 340	2 300	2 260	2 218	2 175	2 131	2 087	2 041	1 994	1 946	1 897	1 847
C14	3 163	3 155	3 146	3 135	3 123	3 108	3 093	3 075	3 056	3 036	3 014	2 992	2 968	2 942	2 916	2 888	2 859	2 830	2 799	2 768
C15	2 248	2 232	2 216	2 198	2 178	2 157	2 135	2 111	2 086	2 060	2 033	2 004	1 975	1 944	1 913	1 880	1 847	1 812	1 777	1 741
C16	3 401	3 384	3 365	3 344	3 321	3 296	3 269	3 240	3 210	3 178	3 145	3 110	3 074	3 036	2 997	2 956	2 915	2 872	2 828	2 783
C17	1 342	1 300	1 257	1 212	1 167	1 121	1 074	1 026	978	929	879	828	777	725	673	620	566	512	457	402
C18	3 590	3 585	3 577	3 568	3 556	3 543	3 527	3 510	3 492	3 471	3 449	3 426	3 401	-	-	-	-	-	-	-
C19	5 186	5 257	5 325	5 391	5 454	5 515	5 573	5 630	5 684	5 737	5 787	5 835	5 881	5 924	5 966	6 006	6 044	6 080	6 113	6 145

Capacidade de produção instalada (kW)	5,8	5,9	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	
C1	-1 717	-1 784	-1 852	-1 920	-1 989	-2 058	-2 126	-2 196	-2 265	-2 334	-2 404	-2 474	-2 544	-2 615	-2 685	-	-	-	-	-	-
C2	1 137	1 088	1 038	988	938	886	835	783	730	678	624	570	516	462	407	-	-	-	-	-	-
C3	2 463	2 426	2 388	2 350	2 310	2 270	2 229	2 187	2 145	2 101	2 058	2 013	1 968	1 922	1 875	-	-	-	-	-	-
C4	5 873	5 881	5 887	5 892	5 895	5 897	5 897	5 896	5 893	5 889	5 884	5 877	5 869	5 860	5 850	-	-	-	-	-	-
C5	1 726	1 685	1 643	1 600	1 556	1 512	1 467	1 421	1 375	1 327	1 280	1 231	1 182	1 133	1 082	980	928	876	823	769	
C6	5 155	5 163	5 170	5 176	5 180	5 182	5 184	5 183	5 182	5 179	5 175	5 170	5 163	5 156	5 147	5 125	5 113	5 099	5 085	5 069	
C7	7 511	7 554	7 595	7 634	7 671	7 705	7 738	7 769	7 798	7 825	7 850	7 873	7 895	7 916	7 934	-	-	-	-	-	-
C8	1 290	1 248	1 205	1 160	1 116	1 070	1 024	978	930	882	833	784	734	684	633	530	477	425	371	318	
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C11	-678	-732	-786	-840	-895	-950	-1 006	-1 062	-1 118	-1 174	-1 231	-1 288	-1 345	-1 402	-1 460	-1 577	-1 635	-1 694	-1 753	-1 812	
C12	4 307	4 280	4 253	4 224	4 195	4 164	4 133	4 101	4 068	4 034	4 000	3 965	3 929	3 892	3 854	-	-	-	-	-	
C13	1 796	1 745	1 693	1 640	1 586	1 532	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C14	2 735	2 701	2 667	2 632	2 596	2 559	2 522	2 483	2 444	2 404	2 364	2 322	2 280	2 237	2 194	2 105	2 060	2 014	1 968	1 921	
C15	1 704	1 667	1 628	1 589	1 549	1 508	1 466	1 424	1 380	1 336	1 291	1 245	1 199	1 152	1 104	1 056	1 006	957	907	856	
C16	2 736	2 689	2 642	2 593	2 544	2 494	2 443	2 391	2 339	2 286	2 233	2 179	2 124	2 069	2 014	1 901	1 844	1 786	1 728	1 670	
C17	346	290	233	176	119	61	2	-57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C19	6 176	6 204	6 231	6 256	6 280	6 302	6 323	6 342	6 361	6 378	6 393	6 408	6 421	6 433	6 444	6 463	6 471	6 477	6 483	6 487	

Capacidade de produção instalada (kW)	7,8	7,9	8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	715	661	605	550	494	437	380	323	265	207	148	89	30	-30	-91	-151	-213	-274	-336	-398	
C6	5 052	5 035	5 016	4 996	4 975	4 954	4 931	4 908	4 884	4 858	4 832	4 806	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	264	209	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-1 872	-1 932	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	1 873	1 825	1 776	1 727	1 677	1 627	1 576	1 525	1 474	1 421	1 369	1 316	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	805	753	700	648	594	541	487	432	377	322	266	211	154	98	41	-16	-74	-132	-190	-248	
C16	1 611	1 552	1 492	1 432	1 371	1 311	1 249	1 188	1 126	1 064	1 001	938	874	811	747	682	618	553	488	422	
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	6 491	6 493	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	9,8	9,9	10	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-461	-524	-587	-651	-714	-779	-843	-908	-973	-1 038	-1 104	-1 170	-1 236	-1 302	-1 369	-1 435	-1 502	-1 570	-1 637	-1 704	
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-307	-366	-425	-485	-544	-604	-665	-725	-786	-847	-908	-970	-1 031	-1 093	-1 156	-1 218	-1 281	-1 343	-1 406	-1 470	
C16	356	290	223	156	89	22	-46	-114	-182	-250	-319	-387	-456	-526	-595	-665	-734	-804	-875	-945	
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	11,8	11,9	12	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,6	12,6	12,7	12,8	12,9	13	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-1 772	-1 840	-1 908	-1 976	-2 045	-2 113	-2 182	-2 251	-2 320	-2 389	-2 459	-2 528	-2 597	-2 667	-2 737	-2 807	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-1 533	-1 597	-1 660	-1 724	-1 788	-1 853	-1 917	-1 982	-2 047	-2 112	-2 177	-2 242	-2 307	-2 373	-2 439	-2 505	-2 571	-2 637	-2 703	-2 770	-	-
C16	-1 015	-1 086	-1 156	-1 227	-1 298	-1 369	-1 440	-1 512	-1 583	-1 655	-1 726	-1 798	-1 870	-1 942	-2 014	-2 086	-2 158	-2 231	-2 303	-2 376	-	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	13,8	13,9	14	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9	15	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-2 836	-2 903	-2 970	-3 037	-3 104	-3 171	-3 238	-3 306	-3 373	-3 441	-3 509	-3 577	-3 645	-3 713	-3 782	-3 850	-3 919	-3 987	-4 056	-4 125
C16	-2 448	-2 521	-2 594	-2 667	-2 740	-2 813	-2 886	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	15,8	15,9	16	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-4 194	-4 263	-4 332	-4 401	-4 470	-4 539	-4 609	-4 678	-4 748	-4 818	-4 887	-4 957	-5 027	-5 097	-5 167	-5 238	-5 308	-5 378	-5 449	-5 519	-
C16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexos

Capacidade de produção instalada (kW)	17,8	17,9	18	18,1
C1	-	-	-	-
C2	-	-	-	-
C3	-	-	-	-
C4	-	-	-	-
C5	-	-	-	-
C6	-	-	-	-
C7	-	-	-	-
C8	-	-	-	-
C9	-	-	-	-
C10	-	-	-	-
C11	-	-	-	-
C12	-	-	-	-
C13	-	-	-	-
C14	-	-	-	-
C15	-5 590	-5 660	-5 731	-5 801
C16	-	-	-	-
C17	-	-	-	-
C18	-	-	-	-
C19	-	-	-	-

ANEXO VII - CONFIGURAÇÃO SAR-1: VALOR ATUAL LÍQUIDO PARA OS PROSUMERS DAS SIMULAÇÕES DE DIMENSIONAMENTO.

Tabela 8.5 – Valor Atual Líquido em Euros (€) para os *prosumers* nas simulações de dimensionamento da configuração SAR-1.

Capacidade de produção instalada (kW)	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
C1	-14 141	-13 975	-13 822	-13 693	-13 575	-13 459	-13 346	-13 236	-13 128	-13 022	-12 917	-12 815	-12 715	-12 618	-12 523	-12 430	-12 340
C2	-14 133	-13 958	-13 782	-13 607	-13 433	-13 262	-13 091	-12 921	-12 752	-12 586	-12 422	-12 260	-12 101	-11 944	-11 789	-11 636	-11 485
C3	-14 132	-13 956	-13 780	-13 605	-13 430	-13 256	-13 083	-12 912	-12 742	-12 574	-12 406	-12 240	-12 074	-11 910	-11 746	-11 583	-11 421
C4	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 076	-12 900	-12 724	-12 549	-12 373	-12 197	-12 021	-11 846	-11 671	-11 496	-11 322
C5	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 253	-13 078	-12 905	-12 734	-12 566	-12 400	-12 235	-12 072	-11 911	-11 750	-11 591	-11 433
C6	-14 134	-13 960	-13 792	-13 627	-13 463	-13 299	-13 135	-12 971	-12 807	-12 643	-12 478	-12 315	-12 154	-11 994	-11 835	-11 676	-11 519
C7	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 077	-12 901	-12 725	-12 549	-12 373	-12 197	-12 022	-11 846	-11 670	-11 495	-11 319
C8	-14 132	-13 957	-13 783	-13 610	-13 440	-13 270	-13 102	-12 935	-12 770	-12 606	-12 443	-12 281	-12 121	-11 962	-11 804	-11 647	-11 492
C9	-14 132	-13 956	-13 780	-13 605	-13 429	-13 253	-13 077	-12 901	-12 726	-12 550	-12 374	-12 198	-12 022	-11 847	-11 671	-11 495	-11 320
C10	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 077	-12 902	-12 728	-12 555	-12 383	-12 212	-12 042	-11 872	-11 704	-11 537	-11 370
C11	-14 132	-13 956	-13 782	-13 611	-13 446	-13 285	-13 127	-12 971	-12 817	-12 664	-12 512	-12 361	-12 211	-12 061	-11 913	-11 766	-11 620
C12	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 076	-12 901	-12 725	-12 549	-12 373	-12 197	-12 022	-11 847	-11 672	-11 498	-11 325
C13	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 077	-12 901	-12 727	-12 554	-12 383	-12 214	-12 046	-11 881	-11 717	-11 554	-11 394
C14	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 429	-13 253	-13 078	-12 903	-12 729	-12 555	-12 383	-12 211	-12 041	-11 873	-11 705	-11 540	-11 376
C15	-14 133	-13 959	-13 788	-13 622	-13 456	-13 291	-13 127	-12 964	-12 803	-12 644	-12 486	-12 330	-12 175	-12 022	-11 874	-11 729	-11 588
C16	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 077	-12 901	-12 725	-12 549	-12 374	-12 199	-12 025	-11 853	-11 682	-11 513	-11 346
C17	-14 132	-13 956	-13 780	-13 605	-13 431	-13 258	-13 086	-12 916	-12 748	-12 583	-12 420	-12 260	-12 102	-11 946	-11 791	-11 638	-11 486
C18	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 253	-13 077	-12 901	-12 725	-12 549	-12 374	-12 200	-12 026	-11 853	-11 682	-11 513	-11 345
C19	-14 132	-13 956	-13 780	-13 604	-13 428	-13 252	-13 076	-12 901	-12 725	-12 549	-12 373	-12 198	-12 024	-11 849	-11 676	-11 503	-11 330

Capacidade de produção instalada (kW)	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
C1	-12 250	-12 162	-12 076	-11 990	-11 905	-11 823	-11 741	-11 660	-11 580	-11 504	-11 431	-11 362	-11 298	-11 241	-11 189	-11 144	-11 104	-11 070	-11 042	-11 018	
C2	-11 335	-11 187	-11 039	-10 892	-10 747	-10 601	-10 457	-10 313	-10 169	-10 026	-9 884	-9 742	-9 602	-9 463	-9 327	-9 196	-9 070	-8 949	-8 835	-8 727	
C3	-11 259	-11 099	-10 939	-10 780	-10 622	-10 465	-10 308	-10 153	-9 997	-9 843	-9 689	-9 535	-9 383	-9 231	-9 081	-8 932	-8 784	-8 637	-8 493	-8 351	
C4	-11 148	-10 974	-10 802	-10 630	-10 459	-10 289	-10 119	-9 951	-9 783	-9 617	-9 451	-9 285	-9 121	-8 957	-8 794	-8 631	-8 470	-8 309	-8 148	-7 989	
C5	-11 276	-11 120	-10 965	-10 810	-10 657	-10 504	-10 352	-10 200	-10 049	-9 898	-9 748	-9 598	-9 450	-9 303	-9 157	-9 013	-8 871	-8 732	-8 597	-8 466	
C6	-11 362	-11 206	-11 050	-10 896	-10 742	-10 589	-10 436	-10 284	-10 133	-9 982	-9 833	-9 684	-9 536	-9 388	-9 242	-9 096	-8 950	-8 806	-8 661	-8 518	
C7	-11 144	-10 968	-10 793	-10 618	-10 444	-10 269	-10 095	-9 922	-9 749	-9 576	-9 403	-9 232	-9 061	-8 890	-8 720	-8 551	-8 382	-8 215	-8 047	-7 881	
C8	-11 339	-11 190	-11 048	-10 911	-10 778	-10 649	-10 524	-10 404	-10 288	-10 175	-10 066	-9 960	-9 857	-9 757	-9 661	-9 570	-9 483	-9 400	-9 322	-9 249	
C9	-11 144	-10 969	-10 794	-10 619	-10 445	-10 271	-10 097	-9 924	-9 752	-9 581	-9 410	-9 241	-9 072	-	-	-	-	-	-	-	
C10	-11 205	-11 040	-10 875	-10 711	-10 548	-10 386	-10 225	-10 064	-9 903	-9 744	-9 585	-9 427	-9 270	-9 113	-8 957	-8 802	-8 648	-8 496	-8 346	-8 199	
C11	-11 476	-11 333	-11 191	-11 052	-10 917	-10 788	-10 664	-10 544	-10 429	-10 322	-10 222	-10 128	-10 043	-9 966	-9 897	-9 836	-9 782	-9 735	-9 694	-9 658	
C12	-11 152	-10 980	-10 809	-10 640	-10 472	-10 306	-10 141	-9 978	-9 816	-9 655	-9 495	-9 337	-9 179	-9 022	-8 866	-8 711	-8 556	-8 402	-8 249	-8 096	
C13	-11 234	-11 076	-10 920	-10 764	-10 610	-10 456	-10 304	-10 153	-10 004	-9 858	-9 715	-9 575	-9 438	-9 303	-9 170	-9 039	-8 908	-8 780	-8 655	-8 535	
C14	-11 214	-11 053	-10 893	-10 735	-10 578	-10 421	-10 266	-10 111	-9 956	-9 803	-9 650	-9 497	-9 345	-9 194	-9 042	-8 891	-8 741	-8 591	-8 441	-8 292	
C15	-11 449	-11 310	-11 173	-11 036	-10 900	-10 764	-10 629	-10 495	-10 362	-10 229	-10 098	-9 967	-9 837	-9 707	-9 579	-9 452	-9 327	-9 205	-9 087	-8 974	
C16	-11 181	-11 017	-10 855	-10 695	-10 536	-10 378	-10 222	-10 066	-9 912	-9 758	-9 605	-9 452	-9 301	-9 149	-8 999	-8 849	-8 699	-8 550	-8 401	-8 254	
C17	-11 335	-11 184	-11 034	-10 885	-10 737	-10 589	-10 441	-10 294	-10 148	-10 002	-9 858	-9 715	-9 573	-9 435	-9 302	-9 175	-9 056	-8 946	-8 845	-8 754	
C18	-11 179	-11 015	-10 852	-10 691	-10 531	-10 372	-10 215	-10 058	-9 902	-9 747	-9 593	-9 439	-9 286	-9 133	-8 981	-8 829	-8 678	-8 527	-8 377	-8 227	
C19	-11 159	-10 987	-10 817	-10 647	-10 478	-10 310	-10 142	-9 975	-9 808	-9 642	-9 477	-9 312	-9 147	-8 984	-8 820	-8 658	-8 496	-8 334	-8 173	-8 012	

Capacidade de produção instalada (kW)	3,8	3,9	4	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7
C1	-10 998	-10 983	-10 973	-10 967	-10 966	-10 968	-10 975	-10 986	-11 003	-11 025	-11 052	-11 084	-11 122	-11 164	-11 211	-11 263	-11 320	-11 381	-11 446	-11 515
C2	-8 628	-8 537	-8 455	-8 383	-8 318	-8 261	-8 211	-8 169	-8 133	-8 103	-8 079	-8 060	-8 047	-8 037	-8 032	-8 031	-8 034	-8 041	-8 052	-8 067
C3	-8 211	-8 074	-7 942	-7 815	-7 692	-7 576	-7 467	-7 364	-7 269	-7 180	-7 099	-7 025	-6 958	-6 898	-6 844	-6 796	-6 753	-6 716	-6 683	-6 655
C4	-7 830	-7 671	-7 513	-7 356	-7 199	-7 043	-6 887	-6 732	-6 579	-6 427	-6 276	-6 127	-5 979	-5 834	-5 692	-5 552	-5 416	-5 284	-5 155	-5 030
C5	-8 339	-8 216	-8 098	-7 985	-7 877	-7 776	-7 680	-7 591	-7 508	-7 431	-7 361	-7 296	-7 238	-7 186	-7 139	-7 097	-7 060	-7 028	-7 002	-6 980
C6	-8 374	-8 232	-8 090	-7 949	-7 810	-7 672	-7 537	-7 404	-7 273	-7 145	-7 021	-6 900	-6 782	-6 668	-6 557	-6 449	-6 346	-6 246	-6 150	-6 057
C7	-7 715	-7 550	-7 385	-7 221	-7 057	-6 894	-6 732	-6 570	-6 408	-6 247	-6 087	-5 927	-5 767	-5 609	-5 451	-5 294	-5 137	-4 983	-4 829	-4 676
C8	-9 181	-9 118	-9 059	-9 006	-8 956	-8 912	-8 871	-8 834	-8 802	-8 773	-8 750	-8 731	-8 716	-8 706	-8 701	-8 700	-8 705	-8 714	-8 727	-8 745
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-8 054	-7 913	-7 775	-7 639	-7 507	-7 379	-7 254	-7 132	-7 014	-6 899	-6 788	-6 680	-6 576	-	-	-	-	-	-	-
C11	-9 626	-9 599	-9 575	-9 554	-9 536	-9 521	-9 510	-9 501	-9 495	-9 493	-9 493	-9 498	-9 506	-9 519	-9 536	-9 558	-9 583	-9 614	-9 648	-9 687
C12	-7 945	-7 794	-7 645	-7 497	-7 350	-7 205	-7 062	-6 920	-6 780	-6 642	-6 506	-6 375	-6 248	-6 126	-6 009	-5 899	-5 795	-5 698	-5 606	-5 522
C13	-8 419	-8 309	-8 207	-8 113	-8 028	-7 953	-7 887	-7 829	-7 780	-7 738	-7 704	-7 676	-7 653	-7 636	-7 623	-7 614	-7 610	-7 608	-7 611	-7 617
C14	-8 143	-7 997	-7 853	-7 712	-7 575	-7 440	-7 310	-7 184	-7 063	-6 948	-6 839	-6 736	-6 640	-6 551	-6 468	-6 392	-6 322	-6 258	-6 201	-6 150
C15	-8 867	-8 767	-8 673	-8 586	-8 507	-8 434	-8 368	-8 307	-8 252	-8 202	-8 157	-8 117	-8 081	-8 049	-8 021	-7 997	-7 978	-7 963	-7 952	-7 946
C16	-8 108	-7 964	-7 824	-7 688	-7 556	-7 430	-7 309	-7 196	-7 089	-6 990	-6 899	-6 816	-6 741	-6 673	-6 612	-6 558	-6 510	-6 468	-6 431	-6 400
C17	-8 676	-8 608	-8 552	-8 505	-8 467	-8 438	-8 416	-8 402	-8 393	-8 389	-8 390	-8 394	-8 402	-8 414	-8 430	-8 450	-8 474	-8 502	-8 533	-8 570
C18	-8 077	-7 928	-7 780	-7 634	-7 490	-7 349	-7 213	-7 082	-6 959	-6 842	-6 733	-6 631	-6 537	-	-	-	-	-	-	-
C19	-7 853	-7 694	-7 536	-7 379	-7 222	-7 066	-6 912	-6 758	-6 606	-6 456	-6 307	-6 161	-6 018	-5 877	-5 740	-5 605	-5 474	-5 347	-5 223	-5 104

Capacidade de produção instalada (kW)	5,8	5,9	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	
C1	-11 587	-11 663	-11 741	-11 824	-11 909	-11 998	-12 089	-12 183	-12 280	-12 379	-12 481	-12 586	-12 692	-12 801	-12 913						
C2	-8 085	-8 108	-8 133	-8 163	-8 196	-8 232	-8 271	-8 314	-8 360	-8 409	-8 462	-8 518	-8 576	-8 637	-8 701						
C3	-6 632	-6 612	-6 597	-6 586	-6 579	-6 575	-6 575	-6 579	-6 586	-6 597	-6 612	-6 630	-6 652	-6 677	-6 705						
C4	-4 908	-4 791	-4 679	-4 570	-4 467	-4 367	-4 273	-4 183	-4 098	-4 017	-3 942	-3 871	-3 805	-3 744	-3 688						
C5	-6 963	-6 951	-6 943	-6 940	-6 942	-6 948	-6 959	-6 974	-6 994	-7 018	-7 046	-7 077	-7 113	-7 151	-7 193	-7 286	-7 338	-7 392	-7 449	-7 509	
C6	-5 969	-5 884	-5 803	-5 726	-5 652	-5 582	-5 515	-5 452	-5 393	-5 336	-5 283	-5 233	-5 187	-5 144	-5 104	-5 035	-5 007	-4 982	-4 960	-4 943	
C7	-4 526	-4 377	-4 231	-4 088	-3 947	-3 811	-3 678	-3 548	-3 423	-3 302	-3 186	-3 075	-2 968	-2 867	-2 770						
C8	-8 768	-8 795	-8 826	-8 862	-8 901	-8 945	-8 993	-9 044	-9 098	-9 156	-9 217	-9 281	-9 348	-9 419	-9 492	-9 646	-9 726	-9 809	-9 894	-9 982	
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
C11	-9 731	-9 778	-9 830	-9 885	-9 945	-10 007	-10 072	-10 140	-10 211	-10 285	-10 361	-10 439	-10 520	-10 603	-10 688	-10 863	-10 954	-11 046	-11 140	-11 236	
C12	-5 444	-5 372	-5 307	-5 247	-5 193	-5 144	-5 100	-5 062	-5 028	-4 998	-4 973	-4 953	-4 937	-4 925	-4 918						
C13	-7 628	-7 643	-7 663	-7 687	-7 715	-7 749	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
C14	-6 104	-6 064	-6 029	-5 999	-5 974	-5 953	-5 936	-5 923	-5 915	-5 910	-5 910	-5 913	-5 920	-5 931	-5 945	-5 985	-6 010	-6 038	-6 069	-6 104	
C15	-7 943	-7 945	-7 951	-7 962	-7 977	-7 995	-8 017	-8 043	-8 073	-8 106	-8 143	-8 183	-8 226	-8 273	-8 322	-8 373	-8 428	-8 484	-8 543	-8 603	
C16	-6 374	-6 353	-6 336	-6 323	-6 314	-6 309	-6 309	-6 313	-6 321	-6 332	-6 348	-6 368	-6 391	-6 418	-6 449	-6 523	-6 565	-6 610	-6 659	-6 712	
C17	-8 610	-8 655	-8 705	-8 758	-8 815	-8 877	-8 942	-9 010	-	-	-	-	-	-	-						
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
C19	-4 989	-4 878	-4 771	-4 667	-4 568	-4 472	-4 380	-4 291	-4 206	-4 124	-4 046	-3 971	-3 898	-3 830	-3 764	-3 642	-3 586	-3 533	-3 483	-3 436	

	Capacidade de produção instalada (kW)	7,8	7,9	8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	
C1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5		-7 571	-7 637	-7 704	-7 773	-7 845	-7 919	-7 995	-8 073	-8 153	-8 235	-8 319	-8 406	-8 493	-8 583	-8 674	-8 767	-8 862	-8 958	-9 055	-9 153	-
C6		-4 928	-4 917	-4 909	-4 904	-4 902	-4 903	-4 907	-4 914	-4 923	-4 936	-4 951	-4 970	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8		-10 071	-10 162	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11		-11 333	-11 432	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14		-6 140	-6 180	-6 222	-6 268	-6 316	-6 367	-6 421	-6 477	-6 537	-6 598	-6 662	-6 728	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15		-8 665	-8 730	-8 796	-8 865	-8 935	-9 008	-9 082	-9 157	-9 235	-9 313	-9 393	-9 474	-9 557	-9 641	-9 726	-9 812	-9 900	-9 990	-10 080	-10 172	-
C16		-6 768	-6 827	-6 889	-6 955	-7 023	-7 094	-7 168	-7 244	-7 323	-7 404	-7 487	-7 573	-7 661	-7 751	-7 843	-7 937	-8 032	-8 130	-8 229	-8 329	-
C17		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19		-3 392	-3 350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	9,8	9,9	10	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-9 253	-9 353	-9 455	-9 559	-9 663	-9 768	-9 874	-9 982	-10 090	-10 200	-10 310	-10 422	-10 535	-10 649	-10 764	-10 881	-10 998	-11 117	-11 237	-11 358	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-10 264	-10 358	-10 454	-10 551	-10 650	-10 749	-10 850	-10 951	-11 053	-11 157	-11 262	-11 368	-11 474	-11 582	-11 691	-11 803	-11 914	-12 028	-12 143	-12 257	-
C16	-8 430	-8 533	-8 636	-8 741	-8 848	-8 955	-9 064	-9 173	-9 284	-9 396	-9 510	-9 624	-9 740	-9 856	-9 973	-10 092	-10 210	-10 329	-10 450	-10 571	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	11,8	11,9	12	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-11 480	-11 602	-11 725	-11 848	-11 974	-12 098	-12 224	-12 351	-12 479	-12 606	-12 736	-12 865	-12 995	-13 127	-13 259	-13 390	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-12 374	-12 493	-12 612	-12 731	-12 853	-12 977	-13 102	-13 225	-13 352	-13 478	-13 604	-13 732	-13 860	-13 989	-14 119	-14 250	-14 380	-14 512	-14 644	-14 777	-
C16	-10 693	-10 816	-10 939	-11 062	-11 188	-11 314	-11 441	-11 568	-11 695	-11 825	-11 953	-12 082	-12 214	-12 346	-12 478	-12 613	-12 748	-12 882	-13 018	-13 154	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	13,8	13,9	14	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9	15	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-14 910	-15 044	-15 179	-15 313	-15 448	-15 584	-15 719	-15 855	-15 989	-16 126	-16 262	-16 399	-16 536	-16 672	-16 809	-16 945	-17 082	-17 220	-17 357	-17 496	-
C16	-13 290	-13 428	-13 563	-13 702	-13 840	-13 977	-14 117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Capacidade de produção instalada (kW)	15,8	15,9	16	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9	17	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	
C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C15	-17 634	-17 773	-17 911	-18 050	-18 189	-18 329	-18 469	-18 610	-18 750	-18 890	-19 029	-19 170	-19 312	-19 452	-19 594	-19 736	-19 878	-20 020	-20 163	-20 306	-
C16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Anexos

Capacidade de produção instalada (kW)	17,8	17,9	18	18,1
C1	-	-	-	-
C2	-	-	-	-
C3	-	-	-	-
C4	-	-	-	-
C5	-	-	-	-
C6	-	-	-	-
C7	-	-	-	-
C8	-	-	-	-
C9	-	-	-	-
C10	-	-	-	-
C11	-	-	-	-
C12	-	-	-	-
C13	-	-	-	-
C14	-	-	-	-
C15	-20 450	-20 593	-20 739	-20 882
C16	-	-	-	-
C17	-	-	-	-
C18	-	-	-	-
C19	-	-	-	-