



ZEH - Zero Energy House - Casa energeticamente independente e autossuficiente

CATARINA ANDRÉ FERREIRA

Julho de 2017



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

ZEH - Zero Energy House - Casa energeticamente independente e autossuficiente

1120292

Catarina André Ferreira

Unidade Curricular de Dissertação - DSEE

Ano letivo 2016/17

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia
Unidade Curricular de Dissertação - DSEE

Nome aluno: Catarina André Ferreira, N° aluno: 1120292, 1120292@isep.ipp.pt

Nome do trabalho: ZEH - Zero Energy House - Casa energeticamente independente e autossuficiente

Referência do trabalho: D1617-000

Orientação no ISEP: Sérgio Ramos, scr@isep.ipp.pt

Nome da empresa: OHM-E, Gabinete de Engenharia Eletrotécnica, Lda

Orientação na empresa: Fernando Silva Gusmão, fsg@ohm-e.pt



Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Dissertação - DSEE
Ano letivo 2016/17

*“A base de toda a sustentabilidade é o desenvolvimento humano que deve contemplar um
melhor relacionamento do homem com os semelhantes e a Natureza.”*

Nagib Anderáos Neto

Agradecimentos

A elaboração da presente dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, contou com o apoio, direto e indireto, de várias pessoas e instituições, às quais pretendo exprimir algumas palavras de agradecimento e realçar o seu devido valor.

Em primeiro lugar, pretendo agradecer ao meu orientador, Engenheiro Sérgio Ramos, pela oportunidade, por estar sempre disponível e pronto a ajudar e por todas as ideias partilhadas durante a elaboração desta dissertação. E não posso deixar de agradecer por todo o conhecimento partilhado ao longo do meu percurso académico, tanto na Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia como no presente Mestrado.

Ao gabinete OHM-E - Gabinete de Engenharia Eletrotécnica, por todo o apoio prestado, todo o conhecimento partilhado e por todos os contactos disponibilizados. Em especial ao Engenheiro André Gusmão por disponibilizar a sua habitação, para elaborar o estudo presente nesta dissertação.

A todas as instituições e fornecedores, que contribuíram na escolha dos equipamentos utilizados no dimensionamento do sistema produtor de energia deste trabalho. Em especial, ao comercial Nuno Miguel da empresa Gudenergy, que e mostrou disponível e pronto a esclarecer todas as dúvidas.

Agradeço também ao Instituto Superior de Engenharia do Porto e a todos os seus colaboradores por me fazerem crescer ao longo desta minha caminhada, nem sempre fácil, mas que me deram a oportunidade de crescimento académico, pessoal e profissional.

À minha família, em particular destaque, à minha mãe, à minha irmã, ao meu pai, aos meus avós e ao meu tio Américo que sempre me motivaram e acima de tudo sempre acreditaram em mim.

Por último, mas não menos importante, ao meu namorado Raul Ribeiro, pelo apoio não só na elaboração desta dissertação, mas também pelo apoio oferecido no decorrer de todo o meu percurso académico, que sempre esteve presente. Agradeço por todo o incentivo, por nunca me deixar desanimar, por todos os dias e noites de estudo partilhado, por todo o carinho e companheirismo. E acima de tudo agradeço por sempre me apoiar e desafiar a aceitar novos desafios.

Obrigada a todos!

Resumo

Nos tempos que decorrem é necessário apelar à sustentabilidade do mundo, para tal, é importante apostar nos recursos energéticos. Esta atitude deve-se encontrar durante o desenvolvimento e execução dos projetos numa perspetiva de desafio, numa sociedade onde o desenvolvimento tecnológico deve ser colocado em prática para uma melhor qualidade de serviço.

As sociedades de hoje têm cada vez mais consciencialização para uma defesa ambiental, intervindo nos seus projetos, tomando decisões alargadas neste âmbito. E desta forma pretende-se dizer que poucos são os espaços, públicos ou privados, que não procuram adaptar-se “aos novos tempos”.

Durante a elaboração do projeto foi necessário ter consciência, apelando à sustentabilidade bem como a modelos tecnologicamente avançados paralelamente a uma consciência de custos financeiros que todas as decisões que foram tomadas ao longo da sua elaboração acarretaram para o dono de obra.

O presente projeto visa estudar e apresentar soluções para construir uma habitação unifamiliar energeticamente independente e autossustentável. A mesma exige um sistema de segurança com garantia de fiabilidade, conforto e proteção, dando respostas às mais diversas e complexas necessidades solicitadas.

Com a revolução industrial e tendo em conta a natureza do planeta, este trabalho visa a construção de habitações sustentáveis, através de construção ecológica e utilização de fontes alternativas de energia.

Por fim, é importante realçar que ao longo de todo o desenvolvimento do projeto foram tomadas decisões de acordo com as regras técnicas bem como todas as normas vigentes de forma a garantir, satisfatoriamente, o seu desenvolvimento e segurança tendo em conta a utilização prevista.

Palavras-chave

Energias renováveis, sistemas *off-grid*, consumo energético, armazenamento, sustentabilidade.

Índice Geral

Capítulo 1.....	1
1.1. Introdução.....	2
1.2. Contextualização E Motivação.....	2
1.3. Empresa – Identificação E Caracterização.....	5
1.4. Objetivos	8
1.5. Organização Do Texto	8
1.6. Resumo.....	9
Capítulo 2.....	10
2.1. Evolução Histórica Da Energia Elétrica.....	11
2.1.1. Revoluções Industriais.....	13
2.2. Importância Da Sustentabilidade	14
2.3. Habitações Unifamiliares Sustentáveis	16
2.3.1. Exemplo Da Casa Mais Sustentável Do Reino Unido	16
2.3.2. Polo House.....	18
2.3.3. Legion House, Liberty Place	24
2.3.4. Módulos Autosuficientes.....	25
2.4. Resumo.....	28
Capítulo 3.....	29
3.1. Identificação E Caracterização Dos Vetores Energéticos.....	30
3.2. Caracterização Criteriosa Do Tipo De Equipamentos E Eletrodomésticos Eletricamente Mais Eficientes.....	33
3.2.1. Etiqueta De Eficiência	34
3.2.2. Eletrodomésticos Tipicamente Utilizados Nas Habitações.....	36
3.2.2.1. Eletrodomésticos Com Etiqueta Energética	36
3.2.2.1.1. Frigorífico	36
3.2.2.1.2. Máquina De Lavar Roupa.....	37
3.2.2.1.3. Máquina De Lavar Loiça	37
3.2.2.1.4. Máquina De Secar Roupa	37
3.2.2.1.5. Máquina De Lavar E Secar Roupa	38
3.2.2.1.6. Micro-Ondas	38
3.2.2.1.7. Fornos	38

3.2.2.1.8. Placas	38
3.2.2.2. Eletrodomésticos Sem Etiqueta Energética	39
3.2.2.3. Iluminação Led	39
3.3. Resumo.....	40
Capítulo 4.....	41
4.1. Introdução.....	42
4.2. Energia Solar	42
4.2.1. Contextualização Da Energia Solar Em Portugal	43
4.2.2. Efeito Fotovoltaico	44
4.2.3. Sistema Fotovoltaico	46
4.2.3.1. Constituição Do Sistema Fotovoltaico	46
4.2.3.2. Tipos De Células Fotovoltaicas.....	47
4.2.4. Modelo Matemático	48
4.2.4.1. Influência Da Radiação Incidente	51
4.2.4.2. Influência Da Temperatura.....	52
4.2.4.3. Módulos E Painéis.....	53
4.2.5. Legislação Em Vigor - Autoconsumo	54
4.3. Energia Eólica	55
4.3.1. Contextualização Na Energia Eólica No Mundo	55
4.3.2. Contextualização Na Energia Eólica Em Portugal.....	57
4.3.3. Tipos De Sistemas Eólicos	58
4.3.4. Cálculo Energético	62
4.3.4.1. Energia Produzida	64
4.4. Equipamentos De Acumulação E Seus Associados	65
4.4.1. Baterias.....	66
4.4.1.1. Principais Características Das Baterias	67
4.4.2. Controladores De Carga	69
4.4.2.1. Tipos De Controladores De Carga	69
4.4.3. Inversores/Conversores	71
4.5. Energia Geotérmica.....	71
4.5.1. Utilizações Da Energia Geotérmica	72
4.6. Resumo.....	74
Capítulo 5.....	75

5.1. Introdução.....	76
5.2. Sistema Off Grid	77
5.3. Caracterização E Constituição Da Habitação Em Estudo.....	77
5.4. Análise De Consumo.....	80
5.4.1. Potência Necessária.....	84
5.5. Sistema Fotovoltaico	86
5.5.1. Análise Da Região Da Instalação	86
5.5.1. Dimensionamento Do Sistema Fotovoltaico.....	88
5.5.1.1. Dimensionamento Do Inversor E Determinação Das Perdas.....	88
5.5.1.2. Potência Do Gerador Fotovoltaico	89
5.5.1.3. Número De Módulos	90
5.5.1.4. Número Mínimo E Máximo De Módulos Por Fileira	90
5.5.1.5. Número Máximo De Fileiras Em Paralelo	92
5.5.1.6. Solução Do Sistema Fotovoltaico	92
5.6. Sistema Eólico.....	93
5.6.1. Distribuição De Weibull E Distribuição De Rayleigh	95
5.6.2. Dimensionamento Da Turbina	97
5.6.2. Distribuição De Prandtl	99
5.6.3. Cálculo Energético	100
5.6.4. Solução Do Sistema Eólico	101
5.7. Reguladores De Carga.....	102
5.8. Quadros Elétricos	102
5.9. Banco De Baterias	104
5.10. Sistema Geotérmico	106
5.11. Materiais A Empregar Na Instalação	109
5.12. Resumo.....	109
Capítulo 6.....	110
6.1. Solução Do Projeto.....	111
6.2. Critérios De Avaliação Económica E Financeira De Projetos De Investimento	111
6.2.1. Valor Atualizado Líquido.....	112
6.2.2. Período De Recuperação Do Investimento	113
6.2.3. Taxa Interna De Rentabilidade.....	114
6.3. Cenários.....	114

6.3.1. Cenário 1	115
6.3.2. Cenário 2	118
6.3.3. Cenário 3	121
6.4. Análise Geral Aos Cenários Abordados.....	124
6.5. Resumo.....	124
Capítulo 7.....	125
7.1. Conclusões Gerais	126
7.2. Trabalhos Futuros.....	129

Índice de Figuras

Figura 1. Repartição da energia elétrica comercializada pela EDP, por tecnologia em 2015. [1] ..3	
Figura 2. Evolução mensal das emissões específicas em 2015. [1]	4
Figura 3. Emissões associadas a consumos médios anuais. [1]	5
Figura 4. Logotipo da empresa OHM-E.....	5
Figura 5. Organigrama da empresa	7
Figura 6. Criação de luz com recurso ao fogo.....	11
Figura 7. Evolução do Consumo Energético da Eletricidade e da Lenha entre 1989 e 2010 [11] 12	
Figura 8. Primeira central elétrica em Pearl Street, Nova Iorque.....	12
Figura 9. Os três pilares da sustentabilidade	14
Figura 10. Desenvolvimento económico.....	15
Figura 11. Desenvolvimento Social.	15
Figura 12. Proteção Ambiental.....	15
Figura 13. Sustentabilidade e as suas dimensões. [4].....	16
Figura 14. Habitação Unifamiliar que em 2015 ganhou o prémio Swig Awards.	16
Figura 15. Habitação mais sustentável do Reino Unido.....	18
Figura 16. Polo House. [5].....	19
Figura 17. Constituição do Imóvel. [6]	21
Figura 18. Passo a passo para a elaboração da arquitetura. [6]	22
Figura 19. Energia/Ventilação. [6]	23
Figura 20. Legion House. [7]	24
Figura 21. Módulos Autossuficientes. [14]	25
Figura 22. Montagem e transporte dos módulos.	26
Figura 23. Interior dos módulos autossuficientes.....	27
Figura 24. Vetores energéticos em habitações.	30
Figura 25. Consumo de energia na habitação por tipo de vetor. [13].....	32
Figura 26. Distribuição do consumo de energia na habitação, por tipo de uso e fonte de energia – 2010. [13]	33
Figura 27. Inquérito ao consumo de energia no setor doméstico em 2010. [16].....	34
Figura 28. Etiqueta energética antiga vs etiqueta energética nova. [15]	35
Figura 29. Iluminação LED [18]	39
Figura 30. Radiação solar em Portugal. [19].....	43
Figura 31. Mapa de radiação solar na Europa. [19].....	43
Figura 32. Capacidade Solar Fotovoltaica Instalada em Portuga. [20]	44
Figura 33. Efeito fotovoltaico. [24]	45
Figura 34. Sistema solar fotovoltaico. [21]	46

Figura 35. Células do tipo silício monocristalino, policristalino e de silício amorfo, respetivamente. [25]	47
Figura 36. Circuito elétrico de uma célula fotovoltaica (modelo de um díodo e três parâmetros).	48
Figura 37. Curvas I-V de duas células com FF diferentes.....	51
Figura 38. Curvas I-V de células com radiação incidente diferente.....	52
Figura 39. Curvas I-V de células para temperaturas diferentes.....	53
Figura 40. Módulos e painéis.	53
Figura 41. Autoconsumo. [8].....	55
Figura 42. Evolução da potência instalada referente à energia eólica. [34]	56
Figura 43. Evolução da energia eólica em Portugal.	57
Figura 44. Percentagem de energia produzida em 2016. [35].....	58
Figura 45. Tipos de aerogeradores classificados pela potência.	59
Figura 46. Princípio de funcionamento da turbina de eixo vertical. [37].....	60
Figura 47. Turbina do tipo Darrieus. [36]	61
Figura 48. Turbina do tipo Savonius. [36].....	61
Figura 49. Princípio de funcionamento da turbina de eixo horizontal. [37].....	62
Figura 50. Potência em função da energia. [39]	63
Figura 51. Função dos acumuladores de energia. [26]	65
Figura 52. Principais características das baterias.	68
Figura 53. Associação de baterias em paralelo, série e misto, respetivamente. [28]	69
Figura 54. Reguladores de carga. [30].....	70
Figura 55. Aproveitamento de energia geotérmica em termas. [32]	72
Figura 56. Aproveitamento da energia geotérmica em centrais. [33]	73
Figura 57. Princípio de funcionamento das bombas de calor. [33]	74
Figura 58. Localização da habitação.	78
Figura 59. Planta da cave.....	78
Figura 60. Planta do rés-do-chão.....	79
Figura 61. Planta piso 1	80
Figura 62. Diagrama de cargas da habitação.....	83
Figura 63. Energia consumida.....	84
Figura 64. Velocidade média do vento em cada mês, desde maio de 2016 a abril de 2017.	94
Figura 65. Velocidade média do vento para o mês de setembro de 2016.	94
Figura 66. Velocidade média do vento para o mês de março de 2017.....	95
Figura 67. Densidade de probabilidade de Rayleigh para uma velocidade média anual de 3,16 m/s.	97
Figura 68. Curva característica da turbina SKYLINE SL-30 3kW da marca En-eco.	98

Figura 69. Potência em função da velocidade do vento.	101
Figura 70. Energia produzida anualmente em função da velocidade do vento.	101
Figura 71. Associação mista das baterias.	106
Figura 72. Sistema geotérmico de captação vertical. [17].....	107
Figura 73. Princípio de funcionamento da bomba de calor.	108
Figura 74. Constituição do sistema previsto para a habitação em estudo.	111
Figura 75. Taxa interna de rentabilidade.	114

Índice de Tabelas

Tabela 1. Potência instalada nos diversos países. [35].....	57
Tabela 3. Consumo diário.....	81
Tabela 4. Resumo do consumo diário.	82
Tabela 5. Equipamentos que funcionam em simultâneo no cenário diurno.....	85
Tabela 6. Equipamentos que funcionam em simultâneo no cenário noturno.....	85
Tabela 7. Informação obtida através do PVGIS.....	87
Tabela 8. Determinação da potência do gerador fotovoltaico.....	89
Tabela 9. Quantidade de módulos do sistema.	90
Tabela 10. Determinação do número mínimo e máximo de módulos por fileira.....	91
Tabela 11. Determinação do número máximo de fileiras em paralelo.....	92
Tabela 12. Análise da solução preconizada.....	93
Tabela 13. Determinação de $f(u)$ a partir da distribuição de Rayleigh.....	96
Tabela 14. Solução da implementação da Lei de Prandtl.....	99
Tabela 15. Valores obtidos para a potência elétrica e a energia produzida anualmente.	100
Tabela 16. Determinação da capacidade das baterias.....	105
Tabela 17. Investimento inicial – Caso 1.	115
Tabela 18. Dados para determinar os critérios de avaliação económica – Cenário 1.	115
Tabela 19. Receitas e custos anuais, para o período de vida útil do projeto – Cenário 1.....	116
Tabela 20. Cash Flow – Cenário 1.	117
Tabela 21. Resultado da análise económica – Cenário 1.	117
Tabela 22. Dados para determinar os critérios de avaliação económica – Cenário 2.	118
Tabela 23. Receitas e custos anuais, para o período de vida útil do projeto – Cenário 2.....	119
Tabela 24. Cash Flow – Cenário 2.	120
Tabela 25. Resultado da análise económica – Cenário 2.	120
Tabela 26. Dados para determinar os critérios de avaliação económica – Cenário 3.	121
Tabela 27. Receitas e custos anuais, para o período de vida útil do projeto – Cenário 3.....	122
Tabela 28. Cash Flow – Cenário 3.	123
Tabela 29. Resultado da análise económica – Cenário 3.	123
Tabela 30. Indicadores Económicos – Resumo dos cenários.....	128

Lista de Siglas e Acrónimos

ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
Payback	Tempo de retorno simples
OHM-E	Gabinete de Engenharia Eletrotécnica
GOP	Gabinete de Organização e Projeto
GET	Gestão de Energia Térmica
STC	Standard Test Conditions
a-Si	Silício amorfo
GIGS	Cobre-Índio-Gálio
CdTe	Telureto de Cádmio
AGM	<i>Absorbent Glass Material</i>
VLA	<i>Vented Lead Acid</i>
VRLA	<i>Valve Regulates Lead Acid</i>
Ni-Cd	Níquel-cádmio
Li-ion	Iões de lítio
NiMH	Níquel-hidretos metálicos
CC	Corrente contínua
CA	Corrente alternada
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
SEN	Sistema Elétrico Nacional
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
RTIEBT	Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

Capítulo 1

Introdução

1.1. INTRODUÇÃO

Numa época de constante mudança e desenvolvimento tecnológico como a atual, os edifícios devem ser dotados de infraestruturas de suporte que garantam o seu correto funcionamento e lhes forneçam todas as valências necessárias à sua atividade.

Sendo o mercado económico cada vez mais exigente e competitivo é fundamental que as infraestruturas de suporte sejam de elevada fiabilidade, mas ao mesmo tempo economicamente viáveis, daí que o projeto tenha que ter em conta a vertente económica e sustentável.

A poluição e o aquecimento global fazem com que cada vez mais pessoas se preocupem com os efeitos secundários causados na natureza e procurem formas diferentes para diminuir ao máximo a destruição do meio ambiente. E para que haja realmente uma mudança na mentalidade de todos, nada melhor do que começar com a residência de cada pessoa.

O presente trabalho foca-se essencialmente na procura de soluções, afim de promover uma habitação unifamiliar autossustentável.

É com base nestes requisitos que surge a necessidade de análise e estudo das melhores soluções, a nível de segurança, do ponto de vista técnico, económico, sustentável e eficiente, para que o seu resultado vá de encontro às necessidades do cliente.

1.2. CONTEXTUALIZAÇÃO E MOTIVAÇÃO

Hoje em dia, a necessidade de uma consciencialização sobre os problemas ambientais é cada vez maior, visto que o planeta está a “sofrer” com a poluição, a perda da biodiversidade e o aquecimento global.

A produção de energia eléctrica pode ser obtida através de energia renovável e energia não renovável. O problema é que a energia não renovável causa inúmeros impactos negativos para o meio ambiente e utiliza recursos esgotáveis para a produção de energia.

Desta forma verifica-se que produção de energia eléctrica tem um impacto ambiental muito significativo, principalmente no que diz respeito aos efeitos causados pela queima de combustíveis fósseis, ao contrário da produção de energia renovável que não prejudica o meio ambiente. No entanto, a construção de centrais hidroeléctricas acarreta impactos, uma vez que esta implica

deslocações de populações, modificação do habitat e espécies piscícolas, provoca a erosão de solos, os quais consequentemente afetam a vegetação local, entre outros.

Em Portugal Continental, a produção de energia elétrica de origem térmica é essencial para assegurar o correto funcionamento do sistema e ainda contribui com uma grande percentagem da sua produção, tal como se pode verificar no gráfico seguinte:

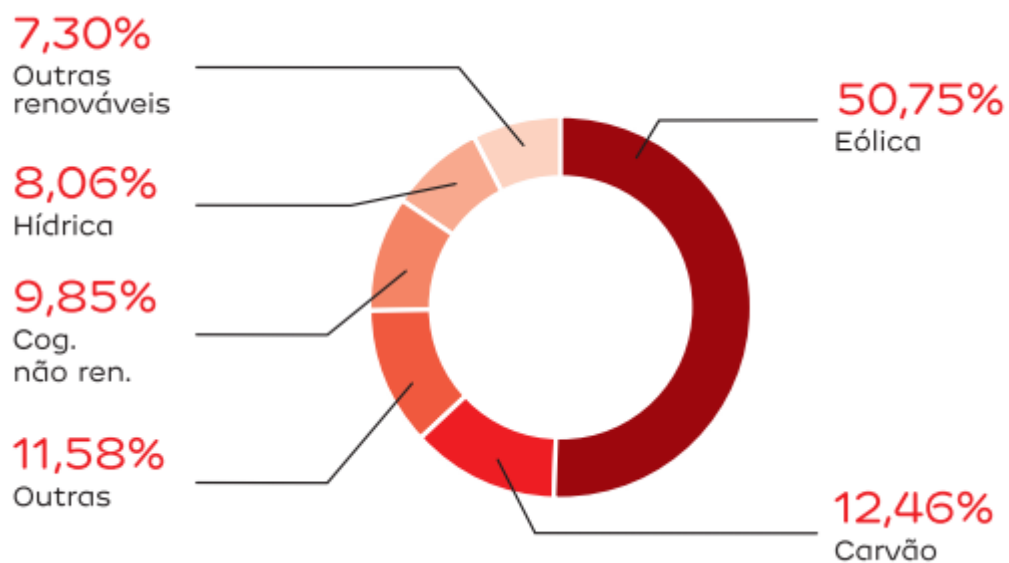


Figura 1. Repartição da energia elétrica comercializada pela EDP, por tecnologia em 2015. [1]

Na produção de energia térmica resultam emissões de gases para a atmosfera, tais como, óxidos de azoto (NO_x), dióxido de carbono (CO_2), dióxido de enxofre (SO_2) e partículas.

Quando o dióxido de enxofre e os óxidos de azoto se misturam com a água, formam os chamados ácidos sulfúrico e nítrico, que são os ácidos responsáveis pelas chuvas ácidas, afetando consequentemente a saúde humana, o meio ambiente e os lagos.

Apesar do dióxido de carbono ser essencial à vida do Planeta Terra, hoje em dia é preocupante a alta concentração em que se encontra. Este gás é responsável pelo efeito de estufa e consequentemente pelo aquecimento global.

Quanto aos óxidos de azoto verifica-se que estes são responsáveis por danos na saúde humana e responsáveis pela destruição da camada de ozono (esta camada impede a passagem de radiações

ultravioletas que prejudicam a vida humana). E as partículas libertadas na produção de energia térmica também causam problemas nos seres vivos.

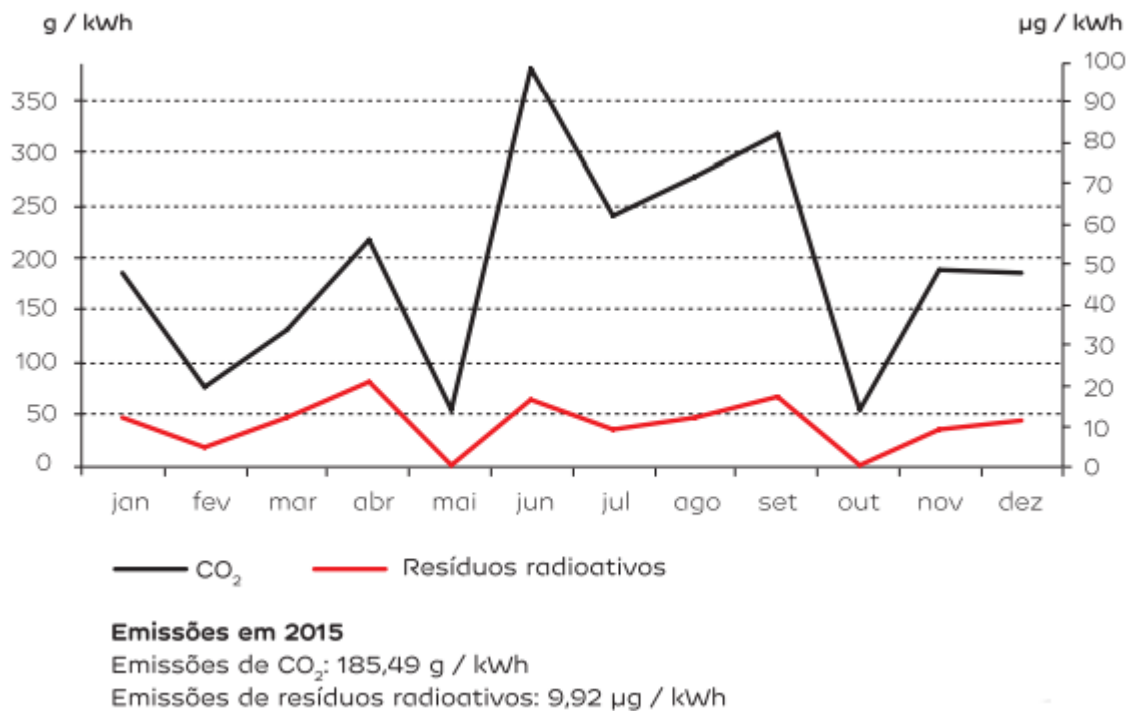


Figura 2. Evolução mensal das emissões específicas em 2015. [1]

Através da figura 2, verifica-se que a emissão de dióxido de carbono apresenta valores bastante significativos. De notar, que o pico da emissão deste gás ocorre nos meses de verão, devido ao facto das energias renováveis mais produtíveis em Portugal (hídrica e eólica) produzirem menor quantidade de energia durante estes meses, implicando consequentemente a produção de energia elétrica através da produção térmica, para poder assegurar o correto funcionamento do sistema nacional de energia.

Potência contratada (kVA)	BTN - Baixa Tensão Normal		
	= 3,45	= 6,9	> 20,7
Consumo Médio Anual	1,31 MWh	2,74 MWh	27,86 MWh
CO ₂ (kg)	243,0	508,2	5 167,8
Resíduos radioativos (g)	13,0	27,2	276,4
	BTE - Baixa Tensão Especial		
Consumo Médio Anual	70,30 MWh		
CO ₂ (kg)	13 039,9		
Resíduos radioativos (g)	697,4		

Figura 3. Emissões associadas a consumos médios anuais. [1]

Através da figura 3, observa-se que as emissões de dióxido de carbono e dos resíduos radioativos, está relacionada com o consumo de energia. Ou seja, quanto maior é o consumo de energia elétrica, maiores são as quantidades de emissões de CO₂ e dos resíduos radioativos.

A proteção do ambiente, a minimização dos impactos, a utilização racional dos recursos naturais e a prevenção da poluição ambiental deve ser uma preocupação de todos, para que todos juntos se consiga diminuir os impactos causados pela produção de energia elétrica.

1.3. EMPRESA – IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

A presente dissertação foi realizada no âmbito da empresa OHM-E, Gabinete de Engenharia Eletrotécnica, Lda.

A OHM-E, foi fundada em 1989 pelo Eng.º Fernando Silva Gusmão e representa uma referência no domínio da elaboração de projetos de Engenharia Eletrotécnica.



Figura 4. Logotipo da empresa OHM-E

O desenvolvimento de projetos tecnologicamente inovadores, onde as energias renováveis ocupam um lugar importante, destacam-se no seu currículo. Têm também como fatores importantes no desenvolvimento dos seus projetos a sustentabilidade bem como a eficiência energética.

Os seus objetivos focam-se imenso em modelos tecnologicamente avançados (led's, fibra ótica, etc), adequados a cada tipo de instalação, atendendo às exigências dos seus clientes, promovendo paralelamente a implementação de tecnologias detentoras de grandes vantagens económicas e ecológicas.

A motivação de toda a equipa de colaboradores, a qualidade dos serviços e a satisfação do cliente, traduzem este grupo empresarial numa boa aposta, comprometendo desta forma a tecnologia inovadora e as energias renováveis.

O grupo OHM-E atua sempre de acordo com um código de valores próprios, atuando com base nas regras vigentes. Esta empresa tem como missão e objetivos o seguinte:

- Atuar com integridade;
- Competência;
- Responsabilidade e respeito por critérios de rentabilidade do negócio;
- Satisfação dos clientes;
- Assegurar a melhor qualidade de vida para toda a comunidade envolvente.

Não esquecendo outros valores elementares, o grupo OHM-E atua respeitando:

- Orientação ao cliente;
- Atenção aos colaboradores;
- Ética social.

Ao longo destes 27 anos de existência o Grupo OHM-E desenvolveu inúmeros projetos de especial relevância, quer a nível nacional como internacional, destacando-se os seguintes:

- AVENIDA E ROTUNDA DA BOAVISTA | Porto | Arq. Siza Vieira;
- MUSEU DO CARRO ELÉCTRICO | Porto | Arq. Alcino Soutinho;
- IGREJA SANTÍSSIMA TRINDADE | Fátima | Arq. Tombazis e Arq. Paula Santos;
- MUSEU DO NEOREALISMO | Vila Franca de Xira | Arq. Alcino Soutinho;
- INST. ABEL SALAZAR E FAC. DE FARMÁCIA DA UP| Porto | Arq. José Manuel Soares;
- INEGI – FEUP| Porto | Arq. Pedro Ramalho;

- ESTÁDIO DO DRAGÃO | Porto | Risco - Projectistas e Consultores de Design S.A. | Arq. Manuel Salgado e Arq. Jorge Estriga;
- PAVILHÃO “DRAGÃO CAIXA” | Porto | Arq. Manuel Salgado;
- Consultoria luminotécnica ESTÁDIO KARAIKAKI | Atenas, Grécia | Stelios Aghiostratitis;
- HOSPITAL PRIVADO DE GAIA | V.N. de Gaia | Arq. Ricardo Oliveira;
- IPO – Unidade de Radioterapia | Porto | Arq. Balonas;
- HOSPITAL GERAL DE MAPUTO | Maputo | Ministério Saúde de Moçambique;
- YEATMAN HOTEL | V. N. Gaia | Arq. Victor Miranda;
- HOTEL HILTON | Óbidos | Arq. Souto de Moura;
- SEDE BANCO ÚNICO | Maputo | Arqº. Frederico Valsassina;
- BOLSA DE VALORES DO PORTO E PALÁCIO DA BOLSA | Porto | Arq. Alcino Soutinho;
- GRAN PLAZA | Tavira | Martifer;
- ITARION SOLAR | Vila do Conde | Arq. Fernando Sá;
- ABB – NOVA SEDE | Barcelos | BIG Arquitectura;
- AUTOSUECO | Anhanguera, Brasil | OpenBook;
- SEDE ODEBRECHT | São Paulo, Brasil | Atelier Daciano da Costa.

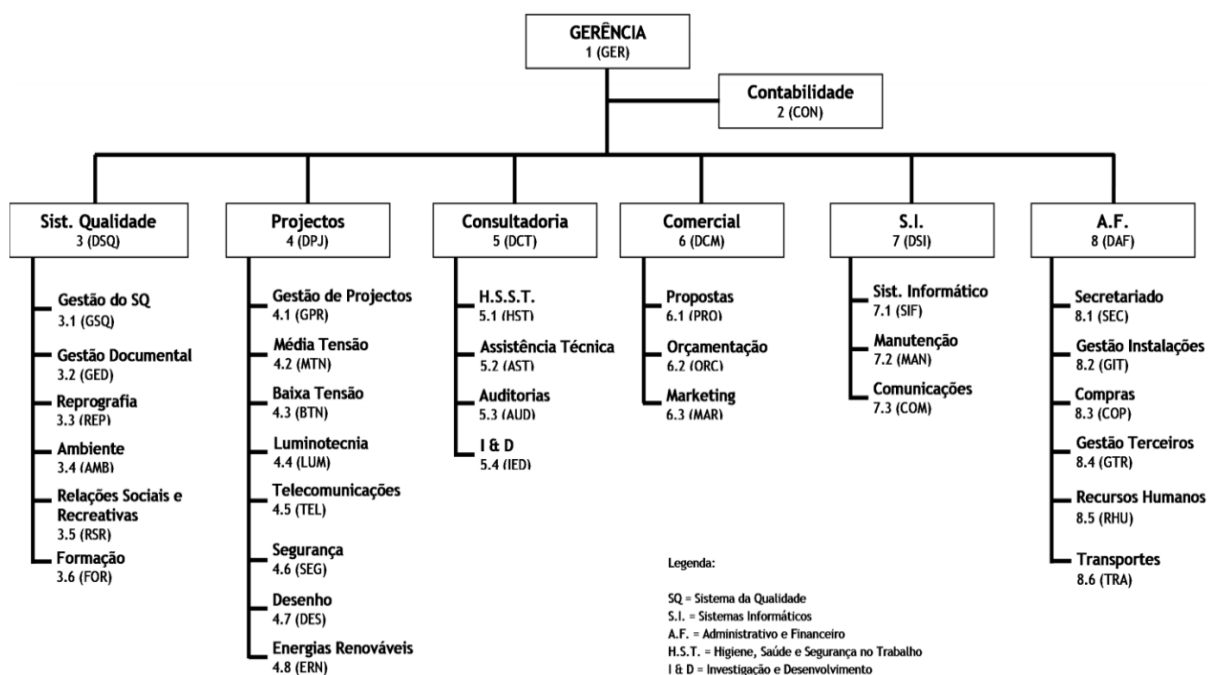


Figura 5. Organograma da empresa

1.4. OBJETIVOS

Os objetivos iniciais propostos para o desenvolvimento da presente dissertação foram:

- Pesquisa de soluções já existentes de casas energeticamente independentes;
- Identificação e caracterização dos vários vetores energéticos que condicionam o consumo de energia elétrica numa habitação;
- Caracterização criteriosa do tipo de equipamentos e eletrodomésticos eletricamente mais eficientes;
- Identificação e caracterização de recursos renováveis com vista ao fornecimento de eletricidade, aquecimento de ar e de água.
- Caracterização e integração dos itens anteriores numa única solução com vista ao desafio de implementação de uma casa energeticamente autónoma.

1.5. ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Esta dissertação é constituída por 7 capítulos, sendo que o capítulo 1 trata-se da Introdução, na qual são feitas algumas considerações gerais sobre a sustentabilidade. Também neste capítulo são apresentados os objetivos do trabalho, a motivação para o realizar e a organização do texto.

No capítulo 2, encontra-se descrito o estado da arte, a pesquisa sobre as soluções existentes no mercado.

No capítulo 3, encontram-se identificados e caracterizados os vários vetores energéticos que condicionam o consumo de energia elétrica numa habitação, o tipo de equipamentos e eletrodomésticos eletricamente mais eficientes, os recursos renováveis com vista ao fornecimento de eletricidade, aquecimento de ar e de água.

No capítulo 4, são abordadas as energias renováveis que serão utilizadas no caso de estudo, tais como, energia eólica, fotovoltaica, geotérmica e equipamentos de acumulação e de conversão.

O capítulo 5, corresponde ao caso de estudo, onde se começa por caracterizar a habitação a abordar, seguindo-se por caracterizar todos os equipamentos e eletrodomésticos a instalar na mesma e suas respetivas etiquetas energéticas. Neste mesmo capítulo encontra-se o dimensionamento do sistema produtor de energia elétrica.

No capítulo 6 é apresentada a solução final do sistema, bem como uma análise económica e financeira, tendo em conta os diversos critérios de avaliação.

O capítulo 7 aborda as diversas conclusões, que se pôde obter com elaboração deste trabalho e algumas perspetivas futuras.

1.6. RESUMO

No presente capítulo, foi abordada a contextualização e a motivação, bem como os objetivos propostos para o desenvolvimento deste trabalho, no âmbito da unidade curricular de Dissertação.

Além disso, foi também exposto a organização e estrutura deste relatório.

O capítulo seguinte apresenta o estado da arte. Começa-se por expor a evolução histórica da energia elétrica e referir a elevada importância da sustentabilidade nos dias de hoje. De seguida são apresentados quatro casos existentes de habitações unifamiliares/edifícios sustentáveis.

Capítulo 2

Habitações Unifamiliares Sustentáveis – Estado da Arte

2.1. EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ENERGIA ELÉTRICA

Desde a Pré-História que o Homem tende a melhorar a sua qualidade de vida, desenvolvendo e evoluindo diversas formas de energia.

Antes do domínio do fogo, o Homem dependia apenas da luz natural para realizar as suas tarefas. Com o aumento da habilidade e da inteligência, permitiu ao Homem resistir melhor aos perigos, adaptar-se e, até, transformar o seu habitat.

Uma das mais importantes conquistas humanas foi o domínio do fogo, o controlo sobre esta fonte de energia transformou imenso a vida do ser humano, permitindo-lhes aquecer e iluminar os seus abrigos, afugentar animais ferozes, cozinhar alimentos e aperfeiçoar os instrumentos que fabricavam. Desde então, o fogo passou a ser fundamental para a vida humana.



Figura 6. Criação de luz com recurso ao fogo.

A partir desse momento, o fogo revolucionou a vida humana com a revolução industrial, a construção de grandes fábricas e sua aplicação nos transportes. Nesse período, os combustíveis fósseis, tais como, carvão mineral, petróleo e gás natural também evoluíram bastante. Até hoje representam uma das mais importantes fontes de energia. Mas foi apenas há pouco mais de 100 anos que surgiu a energia elétrica, símbolo da Era da Informação.

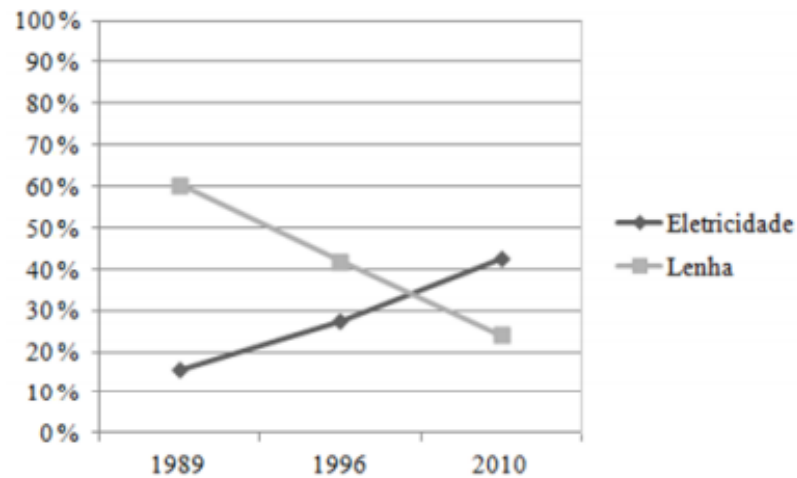


Figura 7. Evolução do Consumo Energético da Eletricidade e da Lenha entre 1989 e 2010 [11]

Na figura 7, verifica-se que com a evolução da energia elétrica, ocorreu uma diminuição no consumo de lenha. Uma vez que, com o aparecimento da eletricidade, a população deixou de utilizar a lenha para diversas tarefas do seu dia-a-dia, tais como, cozinhar, aquecer a sua habitação, entre outras.

Com a chegada da energia elétrica, muitas atividades do quotidiano e algumas formas de energia tornaram-se mais eficientes, tais como o calor, energia mecânica ou até mesmo a iluminação.

Em 1882, foi inaugurada a primeira central elétrica em Pearl Street, Nova Iorque, alimentando uma rede de iluminação pública com 400 lâmpadas de 83 Watt cada, dentro de uma área com 1,5 km de raio. Esta data marca o início da era da energia elétrica, cuja produção global atingiu 22 720 TWh em 2012, exibindo uma taxa de crescimento anual média de 3% desde 1990. [3]



Figura 8. Primeira central elétrica em Pearl Street, Nova Iorque.

As primeiras centrais elétricas eram acionadas por máquinas a vapor e geravam corrente contínua por meio de dínamos, tipicamente à tensão de 110 Volt. [3]

Apesar de a maioria das pessoas pensarem que a energia eólica é uma energia moderna, esta já é conhecida há mais de 3000 anos, quando as civilizações utilizavam cata-ventos para moer grãos, transportar barcos à vela e até para bombear água. No entanto, a ideia de produzir energia elétrica a partir do vento surgiu apenas em 1970, com a crise do petróleo.

Mais tarde, começaram a surgir os outros tipos de energia não renovável, tornando-se fulcral para o progresso e o desenvolvimento sustentável, que por sua vez, dependem da utilização de energias alternativas.

2.1.1. REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

No início do século XVIII, na Grã-Bretanha, uma revolução transformou a maneira de pensar, de trabalhar e de agir, para sempre.

Até esse momento, a maioria das pessoas vivia como sempre foi feito por gerações, tinham uma agricultura de subsistência, definida pelas colheitas e estações do ano, governada por uma pequena elite política e social.

O século XVIII avançou como uma explosão sem precedentes, com novas ideias e novas invenções tecnológicas, transformando o uso da energia e criando, de forma crescente, um país industrial e urbanizado.

A primeira Revolução industrial ocorreu com a descoberta do ferro e do carvão. A Inglaterra foi pioneira nesta revolução, devido à existência de minas de carvão mineral e minério de ferro. Com o consumo cada vez maior do carvão, levou à procura de minas cada vez mais profundas, como consequência, foi necessário encontrar um modo de bombear a água para fora das minas. Inicialmente as pessoas usavam bombas tracionadas com o uso da força animal, para drenar a água para fora das minas, com profundidade de cerca de 90 metros, no entanto, ainda ficava muito carvão na parte subterrânea. Foi então que, em 1712, Thomas Newcomen, projetou uma máquina que aproveitaria a energia do carvão, para produzir vapor e acionar uma bomba de água (primeira máquina a vapor, comercializada e bem sucedida). Com esta revolução, foram construídas estradas de ferro e inventados os navios e as locomotivas a vapor.

A segunda Revolução Industrial, ocorreu no final no século XIX e início do século XX, nos Estados Unidos. Esta revolução é marcada com a descoberta da energia elétrica e do uso do petróleo como combustível. Foi possível aperfeiçoar as tecnologias usadas nas máquinas industriais, tornando-as mais eficientes, resultando maior produtividade e redução de custos. Nesta época, foram também efetuados avanços na área de telecomunicações (telefone e rádio).

A terceira Revolução Industrial, iniciou em meados do século XX, final da Segunda Guerra Mundial, nos Estados Unidos. Trata-se de uma revolução tecnológica, na qual, a internet foi capaz de desenvolver a globalização.

A quarta Revolução Industrial é marcada com o conhecimento e a comunicação. Numa sociedade cada vez mais evolutiva e competitiva, leva a que as organizações/profissionais tenham que adquirir cada vez mais conhecimentos para se conseguir diferenciar no mercado. Sobreviverão as organizações que tiverem conhecimento diferenciado, conhecimento de marketing, logística, administração e demais áreas funcionais. Além disso, tudo deve comunicar de forma simples, objetiva e sem excesso, pois este excesso pode ser o erro. [2]

2.2. IMPORTÂNCIA DA SUSTENTABILIDADE

Durante bastante tempo, muitas pessoas acreditavam que a sustentabilidade estaria, diretamente relacionada, apenas com o meio ambiente. Dessa forma, acreditava-se que a mesma, consistia exclusivamente na manutenção das funções e componentes do ecossistema, de forma sustentável, tomando novas medidas para preservar a fauna e a flora e proteger espécies em vias de extinção.

Hoje em dia, verifica-se que a sustentabilidade não se baseia unicamente no meio ambiente. A sustentabilidade encontra-se assente em três pilares fundamentais:

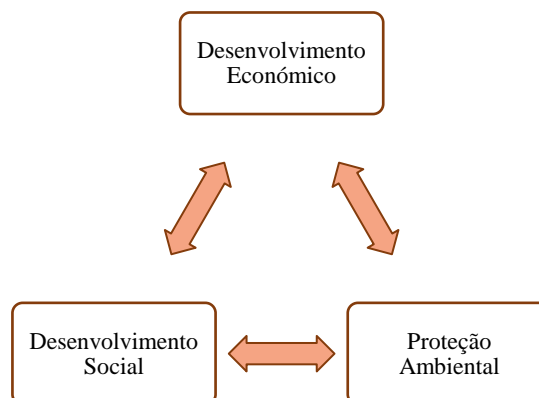


Figura 9. Os três pilares da sustentabilidade

- **Pilar Económico:** A organização deve ser capaz de produzir e distribuir os seus produtos/serviços de forma justa, tendo em conta os seus concorrentes. Deve, também, gerar prosperidade em diferentes níveis da sociedade e tornar as suas atividades económicas, eficientes e viáveis.

De notar, que para que uma organização se desenvolva, economicamente sustentável, não deve praticar ações que prejudique os demais concorrentes, para obter maiores valias.



Figura 10. Desenvolvimento económico.

- **Pilar Social:** consiste na igualdade de oportunidades e direitos na sociedade. Estimulando uma sociedade cada vez mais equilibrada e justa, com o objetivo de eliminar a pobreza.



Figura 11. Desenvolvimento Social.

- **Pilar ambiental:** consiste em conservar a fauna e a flora e proteger as espécies em vias de extinção. Pratica ações para minimizar a poluição (das águas, do ar e do solo), melhorar a saúde ambiental e preservar a biodiversidade.



Figura 12. Proteção Ambiental.

Conclui-se que a sustentabilidade está assente em três pilares, sendo eles, social, ambiental e económico. No entanto, para que um produto/serviço seja realmente desenvolvido sustentavelmente, deve ser vivível, justo e viável.

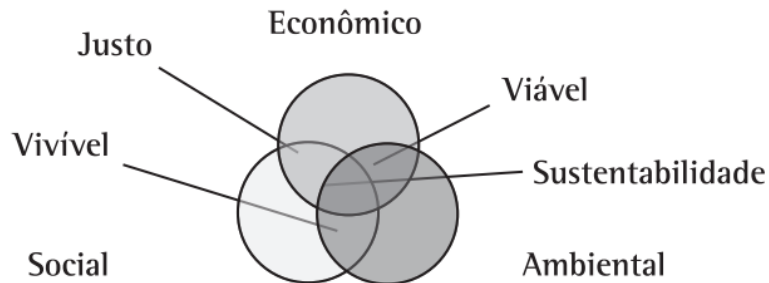


Figura 13. Sustentabilidade e as suas dimensões. [4]

2.3. HABITAÇÕES UNIFAMILIARES SUSTENTÁVEIS

2.3.1. EXEMPLO DA CASA MAIS SUSTENTÁVEL DO REINO UNIDO

Em 2015, uma habitação unifamiliar ganhou o prémio de melhor edifício doméstico, na categoria de “Eficiência Energética” – *Swig Awards*. A moradia encontra-se localizada em West Kirby, Sebúrdio e Liverpool, na Inglaterra.



Figura 14. Habitação Unifamiliar que em 2015 ganhou o prémio *Swig Awards*.

Os proprietários desta moradia são Colin e Jenny Usber. Devido ao baixo consumo, este casal consegue ter energia elétrica durante todo o ano, gastando apenas cerca de 17 euros anualmente.

Colin é arquiteto de profissão e foi ele que desenvolveu o projeto da sua habitação, apelando à utilização de fontes renováveis em todo o decorrer do processo. Para tal, estudou as leis da termodinâmica para posteriormente criar um sistema arquitetónico no qual a casa perde apenas um grau Celsius por dia quando o aquecimento está desligado. As bases para a construção consistiram em:

- Isolamento térmico;
- Produção da sua própria energia elétrica;
- Criação de um sistema de aquecimento.

Para tornar o projeto mais eficiente e viável, utilizou betão, janelas com vidro triplo e esquadrias grossas para evitar as perdas de calor. Instalou painéis fotovoltaicos e banco de baterias, produzindo energia elétrica para alimentar tomadas de usos gerais, equipamentos específicos e iluminação normal.

Além disso, uma bomba de calor de alta tecnologia suga o ar exterior e aquece a água encanada que corre por baixo do piso. Como o ar quente sobe, por ser menos denso do que o ar frio, o sistema de ventilação fica nas regiões altas da casa – que tem um pé-direito altíssimo – e armazena o calor gerado por chuveiros e fogões, devolvendo ar fresco para os espaços sociais.

Para além dessas medidas fundamentais, o projeto foi desenhado e dimensionado:

- Para possuir imensas janelas que garantem iluminação natural para durante o dia e durante a noite utilizam lâmpadas LED.
- Os pisos e revestimentos são em madeira para garantir o isolamento térmico;
- Pé-direito muito alto, para manter a massa de calor dentro de casa;

O consumo total de energia elétrica desta habitação é de 3.453 kWh por ano, mas a produção de energia através dos painéis fotovoltaicos é de 3.338 kWh, ou seja, a casa praticamente produz toda a energia necessária (exceto 115 kWh, o que acarreta um custo de aproximadamente 17 euros anuais em energia elétrica).



Figura 15. Habitação mais sustentável do Reino Unido.

A construção deste imóvel, a compra do terreno e a demolição da habitação existente custou cerca de 498.202,00€.

2.3.2. POLO HOUSE

Em 2013 foi criada a *Polo House* para participar no *D3 Natural Systems International Architectural Design Competition*. Este projeto é da autoria de Konrad Wójcik, um estudante de arquitetura, da Dinamarca. Trata-se de um projeto residencial baseado na sustentabilidade do Planeta.

Por enquanto, trata-se apenas de um projeto, mas poderá ser um caso real em breve.



Figura 16. Polo House. [5]

Este projeto foi inspirado na funcionalidade e estrutura das árvores e na sua relação com os animais. É na árvore que os animais se abrigam e se protegem de predadores, do orvalho e das condições climáticas, como muito calor, frio ou chuva. A casa também é uma forma de protesto contra o desmatamento desenfreado. [5]

Segundo o arquiteto, a casa é prática e confortável e possui um design muito funcional. Foi dimensionada para habitar apenas duas pessoas, mas em ocasiões especiais ela consegue alojar até quatro pessoas.

A habitação tem 61m² e é constituída por:

- Sala;
- Cozinha;
- WC;
- Escritório;
- Dois Quartos.

A arquitetura deste projeto foi muito bem pensada e elaborada, ela consiste em:

- Minimizar a poluição visual, uma vez que se assemelha a uma árvore;
- Possui um ângulo apropriado para receber a luz solar;
- Possui espaço para um *mudroom*;
- Duas colunas extras para equilibrar a construção.

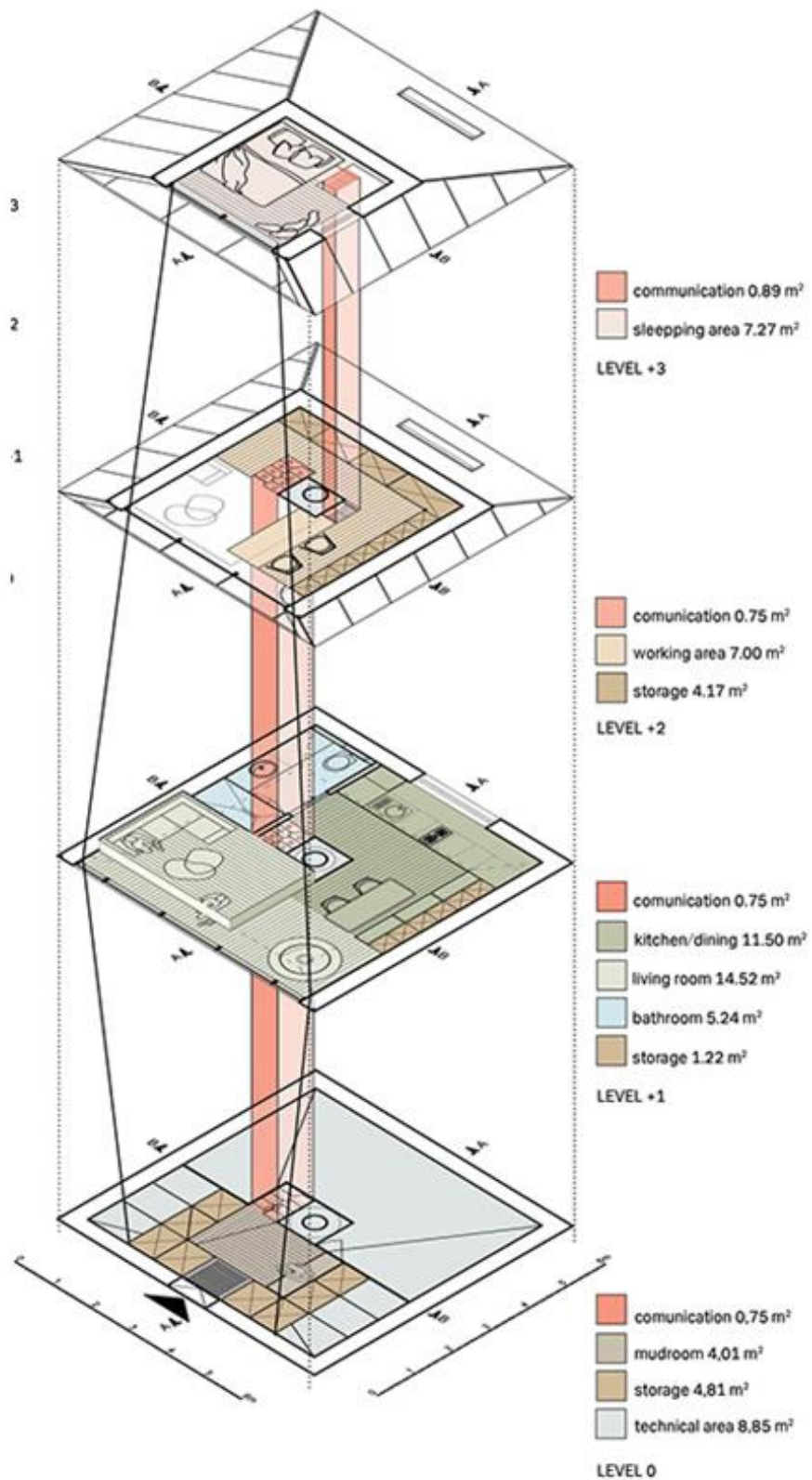


Figura 17. Constituição do Imóvel. [6]

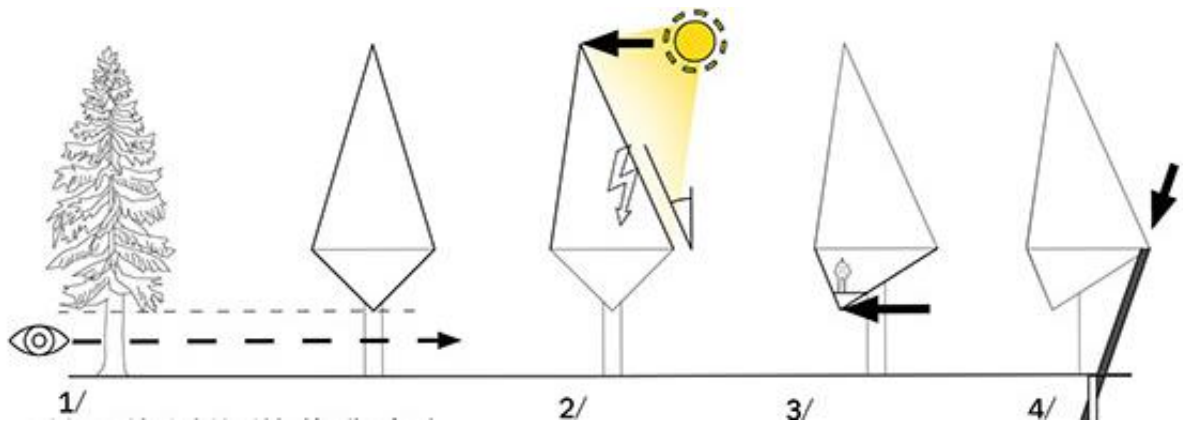


Figura 18. Passo a passo para a elaboração da arquitetura. [6]

O objetivo era projetar uma unidade autossuficiente que não exigiria qualquer ligação à infraestrutura técnica local (fornecedor de energia elétrica). Desta forma, a habitação pode ser colocada em qualquer lugar do mundo sem perturbar o ambiente.

Todas as tecnologias renováveis e viáveis energeticamente, foram implementadas neste projeto, a fim de economizar e produzir tanta energia quanto possível. Em caso de problemas técnicos, esta habitação possui uma reserva de energia.

O que torna este projeto sustentável, vai para além da escolha inteligente dos materiais de construção, ou seja:

- Contém 40m² para instalar painéis fotovoltaicos. A sua inclinação de 25 graus favorece a produção de energia elétrica;
- Equilíbrio da luz solar, uma vez que não possui diretamente iluminação solar;
- Entrada e saída de ventilação natural;
- Energia livre do solo;
- Contém um biodigestor, que pode ser utilizado com qualquer tipo de resíduos para formar energia elétrica e gás;
- Aproveitamento da água da chuva;
- Em todas as estações, depende da temperatura exterior;
- Fonte de energia em caso de emergência;
- Utilização de lâmpadas LED;
- Sistema de energia geotérmica;
- Maximização da luz natural.

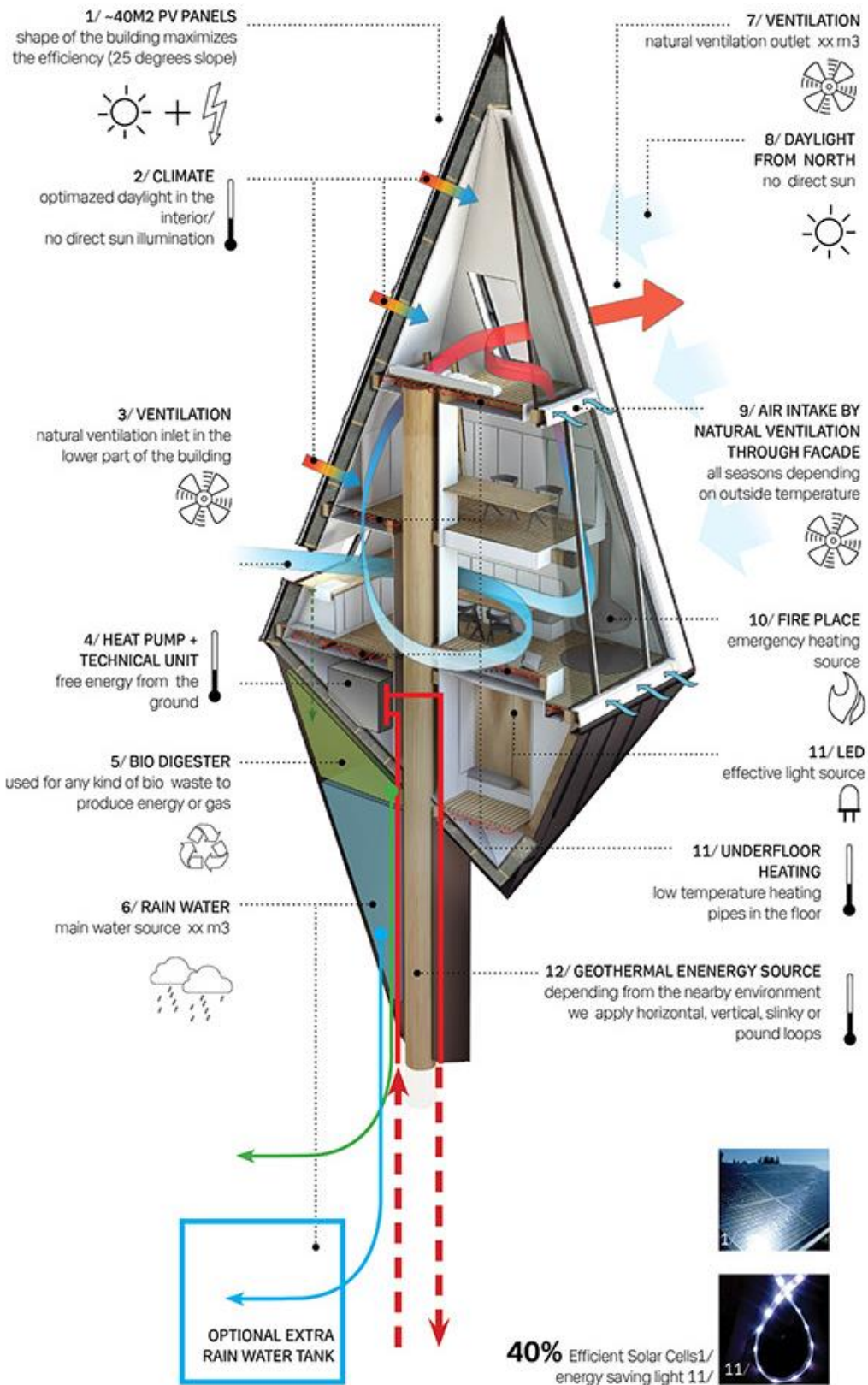


Figura 19. Energia/Ventilação. [6]

2.3.3. LEGION HOUSE, LIBERTY PLACE

A *Legion House* foi construída originalmente em 1902, em Sidney, pelo YWCA e funcionou como um hostel para mulheres. A construção é considerada Património Histórico e é protegida pelo seu significado social.

Como parte da sua reforma, a *Legion House* passou a ter mais dois andares (ficando com cinco andares no total) e, com uso de tecnologia de ponta, tornou-se um dos melhores projetos arquitetónicos de sustentabilidade do mundo. A energia utilizada provém de um processo chamado gaseificação de biomassa, que produz gás combustível, usado para produzir energia. Essa é efetivamente uma fonte de energia sem emissão de carbono, já que os gases do efeito estufa liberados na produção de energia se igualam com o absorvido na criação de biomassa. Um sistema de feixes refrigerados fornece ar condicionado para todo o espaço. A ventilação proporcionada pelo sistema utiliza 100% de ar fresco do exterior. Num ano normal de chuvas, a água utilizada em todo o prédio provem totalmente da água da chuva capturada no telhado. Isso é possível graças à utilização de tecnologia avançada de conservação de água, sanitários a vácuo e utilização de reciclagem de águas pluviais de alta qualidade.

Este projeto já recebeu 3 prémios, sendo eles, *2014 World Architecture Festival Award*, *2014 Sustainability Awards* e *2014 Green Globe Awards*.



Figura 20. Legion House. [7]

2.3.4. MÓDULOS AUTOSUFICIENTES

Em 2004, o projeto Módulos Autossuficientes recebeu o prémio "Arquitetura Sustentável" *Fassa Bortolo*, atribuído pela Faculdade de Arquitetura da Universidade de Ferrara, em Itália. Os autores responsáveis por este projeto foram Fátima Fernandes e Michele Cannatà (Arquitetura), Gop – João Maria Sobreira (Fundações e estruturas), Gop – Raquel Fernandes (Rede e água e esgotos), Get – Raul Bessa (Engenharia mecânica) e OHM-E – Fernando Silva (Engenharia elétrica).

Estes módulos foram dimensionados para poder responder a diversas funções, tais como, posto de vigia contra incêndios, habitação com tipologia T0, observatório ambiental, bar, quiosque, entre outros. Podem ser instalados em parques, praças, praias, zonas onde não é possível ter acesso a infraestruturas e em lugares que não permitem grandes alterações ao terreno.

A intenção é produzir um módulo que é repetível e associável quase interminavelmente. É um módulo que tem a característica de ser funcionalmente mutável, capaz de construir condições urbanas a partir de formas associativas do elemento base, com autonomia absoluta de infraestruturas (rede elétrica, águas, saneamento e de construção). É um módulo pré-fabricado, capaz de dar resposta a todo o conforto com as qualidades acrescidas de perfeição e rigor da prefabricação, com recurso a processos e materiais de recuperação de energia, nomeadamente a utilização de painéis fotovoltaicos, e a aplicação de tecnologias de ponta. [14]



Figura 21. Módulos Autossuficientes. [14]

Estes protótipos foram desenvolvidos para retribuírem conforto e excelência aos seus utilizadores, e contêm as seguintes características:

- Dimensões: 3,00m de largura, 9,00m de comprimento e uma área de 27m²;

- Não acarreta qualquer trabalho prévio no local onde será instalado;
- São transportados por camião ou helicóptero (já montado);
- Materiais e tecnologias inovadoras e sustentáveis.



Figura 22. Montagem e transporte dos módulos.

Tendo em conta as instalações elétricas, os módulos autossuficientes são constituídos por:

- Tomadas de usos gerais;
- Iluminação/EIB;
- Sistema automático de deteção de intrusão;
- Sistema de proteção de pessoas;
- Infraestruturas de telecomunicações (telefones/informática);
- Sistema de produção de energia, através da instalação de painéis fotovoltaicos.



Figura 23. Interior dos módulos autossuficientes.

Sistema de Produção de Energia/Eficiência Energética

A produção de energia elétrica é efetuada através da instalação de painéis fotovoltaicos. A solução preconizada é composta por:

- 20 painéis SIEMENS/SHELL SM110-24V, obtendo consequentemente uma potência instalada de 2,2 kW e uma produção média diária de 5760kWh;
- 1 inversor híbrido SUNPOWER PV UP 3000;
- Bloco de baterias EXIBE-CLASSIC OPzS Solar 660 de 660 Ah a 48V, com uma autonomia de 72 horas;
- Regulador de carga MORNINGSTAR;
- Cablagem;
- Sistema de montagem em alumínio (fixo).

De notar, que os painéis fotovoltaicos ocupam uma área de 17,5m², as baterias situadas no interior, ocupam 0,75m² e o inversor ocupa 0,10m².

Quanto ao sistema de iluminação proposto, verifica-se que é do tipo EIB, permitindo o controlo (ligar, desligar e regular a intensidade luminosa) de todas a iluminação, através de controlo remoto ou comandos locais. As lâmpadas instaladas são do tipo fluorescentes de baixo consumo.

Instalações Mecânicas

No que se refere ao dimensionamento das instalações mecânicas, foram averiguadas três soluções distintas:

- Apenas aquecimento das águas de consumo, por meio de um painel solar, apoiado por uma resistência elétrica abastecida pelo painel fotovoltaico; [14]
- Aquecimento das águas de consumo por meio de um painel solar apoiado por uma caldeira mural a gás propano, a qual produzirá também água quente a 90 °C, para alimentar um radiador para aquecimento ambiente; [14]
- Aquecimento das águas de consumo por meio de um painel solar apoiado por uma resistência elétrica abastecida pelo painel fotovoltaico, e climatização ambiental por meio de uma unidade de climatização de expansão direta do tipo bomba de calor, abastecida eletricamente pelo painel fotovoltaico. [14]

2.4. RESUMO

No presente capítulo, foram apresentados quatro casos de habitações/edifícios sustentáveis, com auxílio a energias renováveis, banco de baterias e tendo em conta os diversos materiais utilizados na construção dos edifícios.

No capítulo seguinte são identificados e caracterizados os vetores energéticos, o tipo de equipamentos e eletrodomésticos eletricamente mais eficientes e é também abordada a importância das etiquetas energéticas e da utilização do tipo LED.

Capítulo 3

Conceitos de Estudo

3.1. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS VETORES ENERGÉTICOS

Hoje em dia, o consumo de energia elétrica é um fator muito relevante em todo o tipo de edifícios, sem exceção do setor residencial, uma vez que todos os equipamentos utilizados nas habitações (tomadas de usos gerais, eletrodomésticos, iluminação, entre outros) necessitam de alimentação elétrica.

Normalmente, o aumento do consumo de eletricidade está diretamente associado ao aumento do conforto térmico e ao crescimento do número de equipamentos elétricos disponíveis nas habitações. [9]

A sociedade atual deverá assumir um papel mais ativo no que se refere à eficiência energética, uma vez que esta permite diminuir a consumo de energia primária e ainda contribui para uma poupança económica.



Figura 24. Vetores energéticos em habitações.

Neste sentido é necessário identificar e caracterizar os principais vetores energéticos que se encontram presentes nas habitações:

- **Eletricidade:** atualmente, vive-se numa época em que a eletricidade se tornou um vetor essencial para o desenvolvimento das nações, constituindo o motor que alimenta o seu progresso. [10]

A eletricidade nas habitações é o vetor energético com maior percentagem. Ela está presente no dia-a-dia de praticamente toda a sociedade, desde quando se liga um eletrodoméstico até quando se passeia à noite por um jardim público.

Características gerais da eletricidade:

- Mais um bem de consumo mas, com características diferenciadas;

- Não é armazenável: é produzida, transportada e consumida “no mesmo momento”;
 - Transporte efetuado apenas por caminhos específicos - leis de Kirchoff;
 - A sua utilização impulsionou os gigantescos e sofisticados sistemas industriais, orientados para as várias fases: os Sistemas Eléctricos de Energia (SEE).
- **Gás Natural:** Em Portugal não existe produção de gás natural. O abastecimento de gás natural no mercado português é realizado através de contratos “*take-or-pay*” com os países que fornecem este combustível.

Pode-se encontrar este gás no subsolo, por acumulações em rochas porosas, isoladas do exterior por rochas impermeáveis. É o resultado da degradação da matéria orgânica de forma anaeróbica, oriunda de quantidades extraordinárias de micro-organismos que, em eras pré-históricas, se acumulavam nas águas litorâneas dos mares da época. Essa matéria orgânica foi soterrada a grandes profundidades e, por isso, a sua degradação deu-se fora do contacto com o ar, a grandes temperaturas e sob fortes pressões. [11]

A receção, o armazenamento, a regaseificação, o armazenamento subterrâneo e o transporte do gás natural são atividades realizadas ao abrigo de contratos de concessão estabelecidos com o Estado Português.

A comercialização do gás natural é semelhante à comercialização de eletricidade, ou seja, encontra-se aberto à concorrência.

- **Butano:** O butano trata-se de petróleo liquefeito, armazenado em botijas ou garrafas. Este tipo de gás é principal alternativa para as famílias que não conseguem estar ligadas à rede de gás natural.

Os cilindros de gás butano tem como função alimentar os equipamentos de cozinha, aquecimento e água quente.

- **Carvão:** através da queima/carbonização de madeira é obtido o carvão. Este vetor é utilizado nas habitações para churrasqueiras, fogões a lenha, lareiras, entre outros.
- **Gasóleo para aquecimento:** é utilizado para aquecer a habitação.

A figura seguinte apresenta o consumo de energia, expresso em tep, nos anos de 1989, 1996 e 2010.

Verifica-se que, em 2010, a eletricidade surge como a principal fonte de energia consumida no setor doméstico em Portugal, representando a maioria do consumo total de energia.

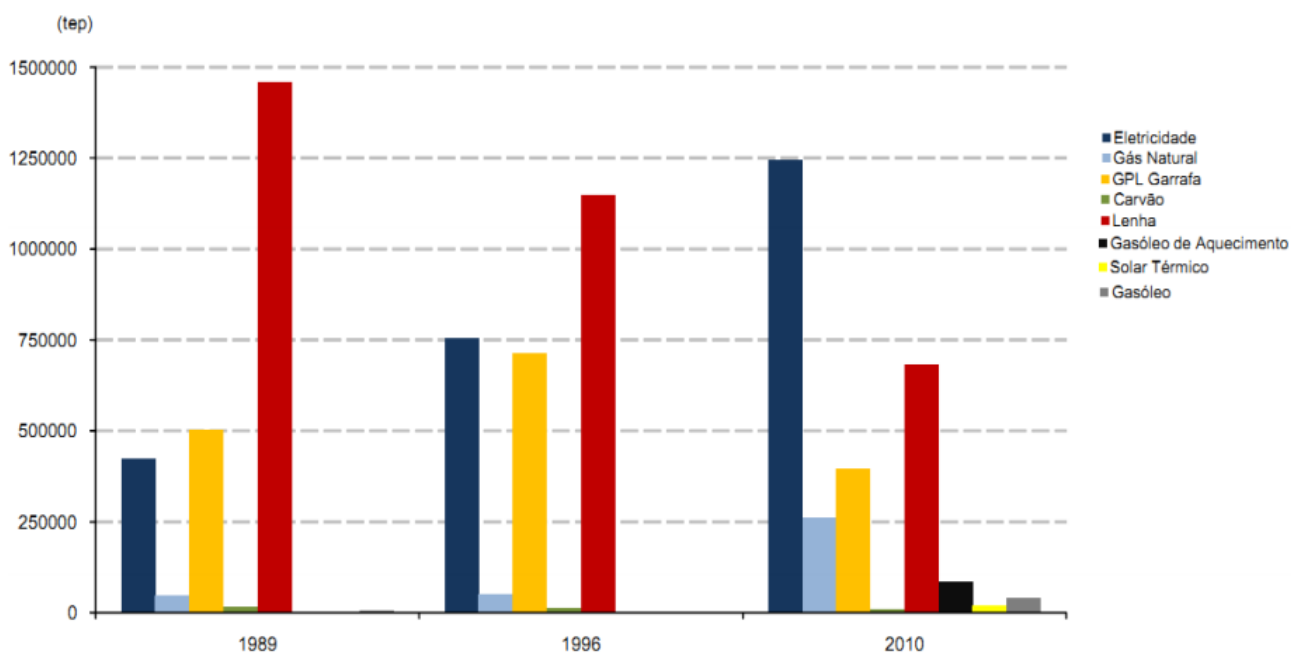


Figura 25. Consumo de energia na habitação por tipo de vetor. [13]

Neste contexto, é importante analisar a distribuição dos vetores energéticos utilizados nas habitações por tipo de uso e fonte de energia.

Tendo em conta a figura seguinte, observa-se que é na cozinha que se concentra o maior consumo. Com exceção do aquecimento de águas, conclui-se que o vetor da eletricidade é o que possui maior percentagem de consumo.

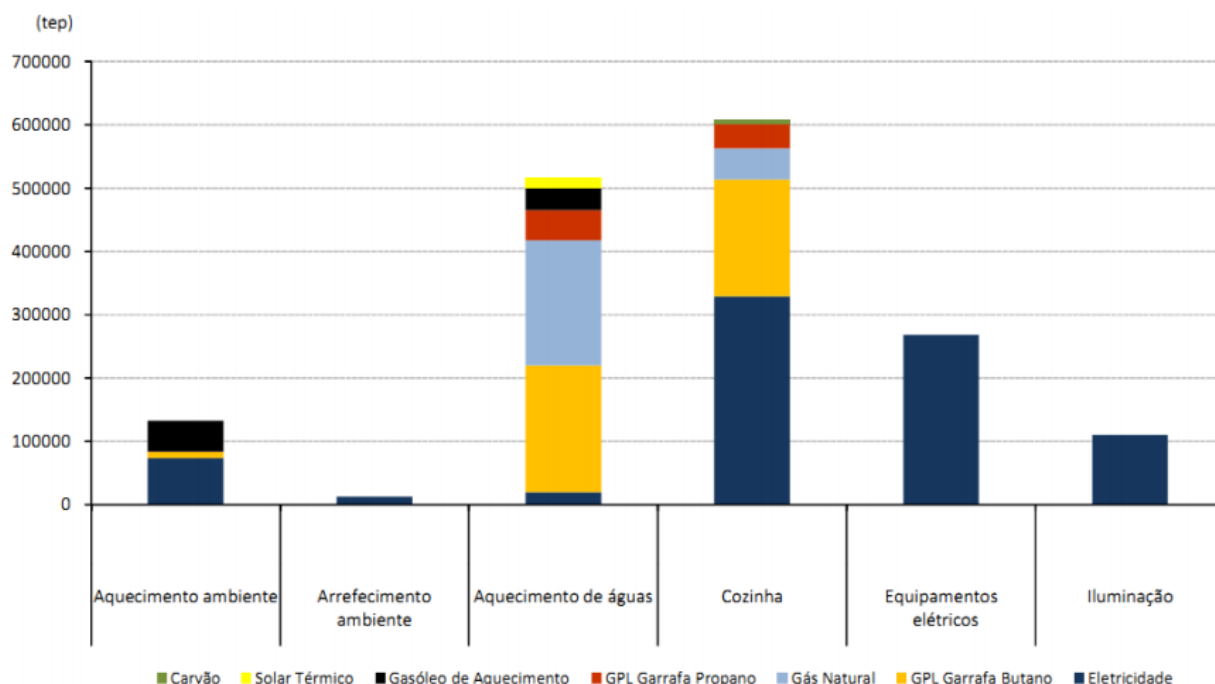


Figura 26. Distribuição do consumo de energia na habitação, por tipo de uso e fonte de energia – 2010. [13]

3.2. CARACTERIZAÇÃO CRITERIOSA DO TIPO DE EQUIPAMENTOS E ELETRODOMÉSTICOS ELETRICAMENTE MAIS EFICIENTES

O consumo de energia elétrica nas habitações está diretamente relacionado com diversos fatores, sendo que um deles é o tipo de eletrodomésticos que se utiliza.

A eficiência energética começa na escolha dos eletrodomésticos. Quando se pretende comprar algum eletrodoméstico deve-se ter sempre em contra o seu grau de eficiência, para que mais tarde não se verifique um elevado consumo de energia elétrica, acarretando custos superiores na fatura energética.

Em Portugal, uma das causas do aumento de consumo de energia deve-se à ineficiência dos eletrodomésticos utilizados nas habitações, e dos procedimentos e hábitos de utilização dos mesmos.

Com algumas pequenas intervenções nos edifícios, é possível poupar até 30-35% de energia, mantendo as mesmas condições de conforto. [15]

A figura seguinte demonstra a repartição dos consumos de electricidade pelas diversas utilizações finais:

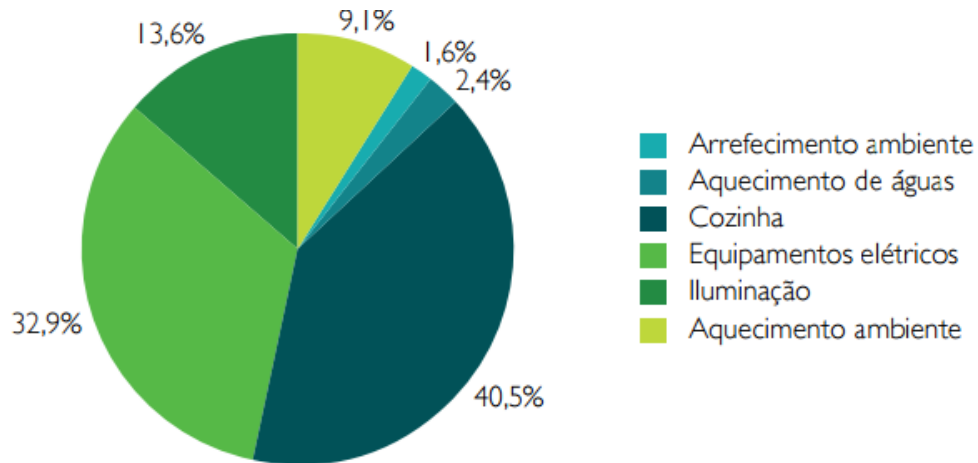


Figura 27. Inquérito ao consumo de energia no setor doméstico em 2010. [16]

3.2.1. ETIQUETA DE EFICIÊNCIA

A etiqueta energética da União Europeia foi criada para colmatar as dificuldades dos consumidores na hora de comprar os seus eletrodomésticos, uma vez que esta etiqueta informa o consumidor sobre determinadas características dos equipamentos. Desta forma o consumidor, consegue verificar se o equipamento é mais ou menos eficiente energeticamente e avaliar o potencial de redução de custos de energia eléctrica.

A estrutura da etiqueta foi elaborada de forma uniforme para todos os produtos de uma mesma categoria, para que o consumidor consiga comparar as diversas características dos mesmos, facilitando a sua escolha na hora de compra.

A etiqueta foi regulamentada em 1992 e já é de carácter obrigatório em diversos eletrodomésticos, tais como, máquina de lavar/secar roupa, frigoríficos, televisões, entre outros.

Toda a informação que consta na etiqueta é baseada em ensaios normalizados, tal como prevê a legislação. [15]

Inicialmente a etiqueta classificava os produtos de A a G, sendo a classe A a mais eficiente e a classe G a menos energética.

No entanto, com a evolução tecnológica, surgiu a necessidade de fazer uma revisão às diretivas sobre rotulagem energética e sobre conceção ecológica de produtos, resultando a adoção da Diretiva 2010/30/CE e da Diretiva 2009/125/CE.

Surgindo, conseqüentemente uma nova etiqueta energética. A nova etiqueta energética classifica os produtos até à classe A+++ e foram alterados alguns critérios da sua atribuição face à etiqueta antiga.

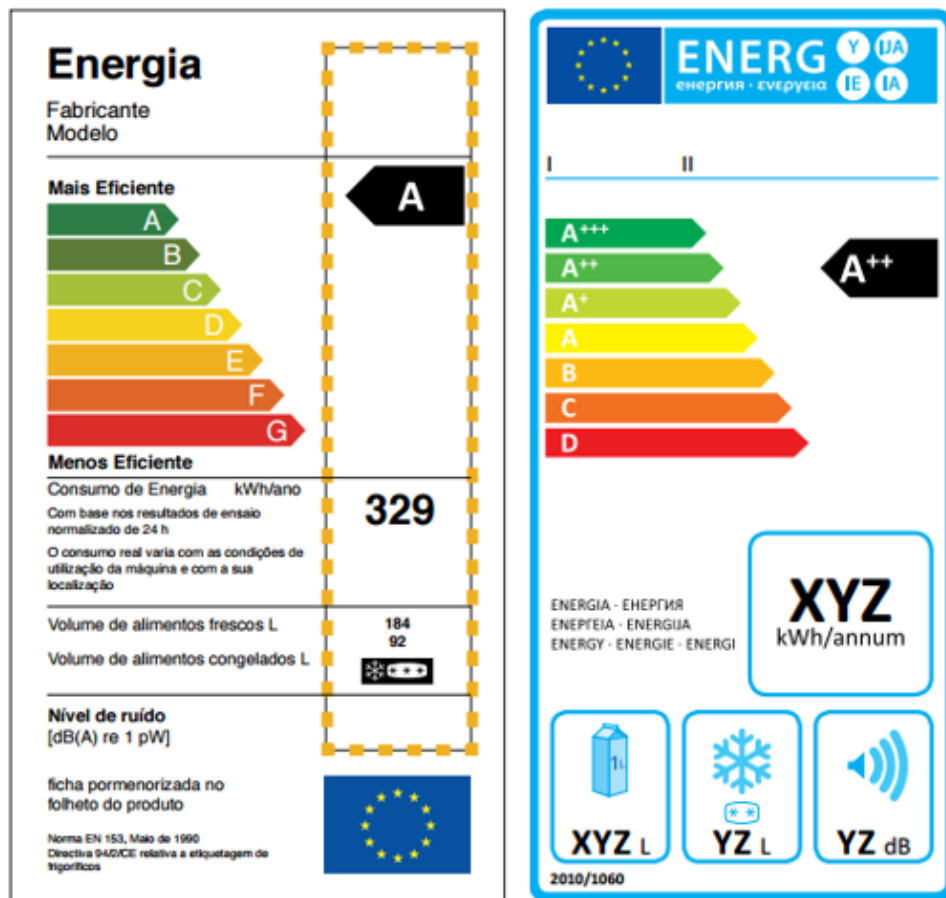


Figura 28. Etiqueta energética antiga vs etiqueta energética nova. [15]

Equipamentos que possuem a etiqueta energética antiga:

- Ar condicionado;
- Máquinas de secar roupa;
- Lâmpadas;
- Fornos elétricos;

Equipamentos que possuem a etiqueta energética nova:

- Máquina de lavar roupa/loiaça;
- Televisores;
- Eletrodomésticos de frio (refrigerador).

3.2.2. ELETRODOMÉSTICOS TÍPICAMENTE UTILIZADOS NAS HABITAÇÕES

Como foi referido anteriormente, verifica-se que a escolha dos equipamentos para as habitações deve ser feita de forma consciente, para se obter uma maior eficiência energética e um consumo de energia elétrica inferior.

De seguida serão apresentados e caracterizados os equipamentos mais comuns que se utilizam nas habitações.

3.2.2.1. ELETRODOMÉSTICOS COM ETIQUETA ENERGÉTICA

3.2.2.1.1. FRIGORÍFICO

O frigorífico consome imensa energia elétrica, uma vez que está 24 horas por dia ligado à rede elétrica, apesar de não estar 24 horas em funcionamento. Este equipamento é desligado para limpeza, manutenção ou ausência prolongada dos habitantes.

Os frigoríficos têm ciclos de descongelação internos automáticos, que impedem a formação de gelo. Esta função evita a necessidade de descongelar frequentemente o equipamento, resultando numa melhoria da eficiência energética.

Este eletrodoméstico possui duas etiquetas energéticas possíveis:

- 7 Classes de A+++ a D: os frigoríficos cuja etiqueta tem 7 classes de eficiência energética correspondem genericamente à tecnologia mais difundida, que é em média mais eficiente energeticamente, e através da qual o frio é produzido por ação de um compressor movido por um motor elétrico. [15]
- 10 Classes de A+++ a G: os frigoríficos cuja etiqueta energética possui 10 classes de eficiência são os aparelhos de refrigeração por absorção. Os aparelhos que usam esta

tecnologia são diferentes dos aparelhos de refrigeração por compressão, que representam a tecnologia predominante. [15]

3.2.2.1.2. MÁQUINA DE LAVAR ROUPA

Desde 1 de dezembro de 2011, este eletrodoméstico com capacidade nominal superior a 3kg passou a ser de classe A.

Os pictogramas referem-se à informação sobre [15]:

- Classe de Eficiência de Centrifugação;
- Capacidade em quilogramas;
- Consumo anual de água em litros;
- Consumo anual de energia em kWh;
- Emissão de ruído em decibéis.

O consumo anual de energia e de água e a classe de eficiência da centrifugação indicada na etiqueta são calculadas com base em:

- Programa de algodão a 60°, com carga total e parcial;
- Programa de algodão a 40° em carga parcial;
- Estado inativo (*left-on mode*) e desligado (*off-mode*).

3.2.2.1.3. MÁQUINA DE LAVAR LOIÇA

Desde dezembro de 2011, este eletrodoméstico passou a ser de classe A.

A classe de eficiência energética é calculada com base em [15]:

- Consumo anual de energia normalizado, com a capacidade nominal completa;
- Potência e tempo em estado inativo (*left-on mode*) e desligado (*off-mode*).

3.2.2.1.4. MÁQUINA DE SECAR ROUPA

Depois de uma centrifugação a 1.000 rpm existe um remanescente de humidade de 60%. Quer isto dizer que se a carga da máquina for de 6 kg de algodão, no final da lavagem a roupa contém cerca de 3,5 litros de água que têm que ser eliminados pelo processo de secagem.

Por isso, é tão importante centrifugar a roupa o máximo possível para poupar energia durante a secagem. Na etiqueta energética da máquina de secar está indicado se a lavagem é de extração ou condensação.

3.2.2.1.5. MÁQUINA DE LAVAR E SECAR ROUPA

Este equipamento permite lavar e secar roupa apenas com um único eletrodoméstico

Numa máquina de lavar e secar roupa é possível secar metade da roupa que se pode lavar (6 kg lavados contra apenas 3 kg secos). A sua etiqueta energética, na verdade, unifica duas etiquetas, com especial atenção para a lavagem. [15]

3.2.2.1.6. MICRO-ONDAS

A utilização deste eletrodoméstico tem vindo a aumentar nos últimos anos, por ser um equipamento mais cómodo, fácil e rápido. Algumas pessoas também utilizam este equipamento em substituição do forno, que implica consequentemente uma redução do consumo de energia (uma vez que o forno consome mais energia do que o micro-ondas).

3.2.2.1.7. FORNOS

De notar que existem dois tipos de fornos:

- Forno a gás;
- Forno elétrico.

A etiqueta energética para fornos elétricos distingue o forno em três tamanhos (pequeno, médio e grande) e a classe de cada forno varia consoante o tamanho.

3.2.2.1.8. PLACAS

Tal como os fornos elétricos, estas podem ser a gás e elétricas.

As placas elétricas podem ser de três tipos:

- Resistência convencional;
- Vitrocerâmica;
- Indução.

3.2.2.2. ELETRODOMÉSTICOS SEM ETIQUETA ENERGÉTICA

Existem ainda alguns eletrodomésticos/equipamentos que não necessitam obrigatoriamente da etiqueta energética, tais como:

- Televisores;
- Plamas;
- Ecrãs LED;
- Equipamentos informáticos;

3.2.2.3. ILUMINAÇÃO LED

A arquitetura da luz começa a ser uma necessidade emergente pela exigência das sociedades contemporâneas que vivem cada vez mais o seu quotidiano em contacto com a luz artificial.

Vários estudos sociológicos mostram a importância da luz na vida humana; a influência da luz, por exemplo, na produtividade ou nas manifestações de humor – alegria ou tristeza.



Figura 29. Iluminação LED [18]

Daí que, quando se projeta, para além das questões científicas a observar, deverá ter-se em conta a importância de uma boa iluminação contextualizada em vários ambientes procurando sempre o conforto dos utentes e a qualidade ambiental dos espaços.

Para a consecução dos objetivos referidos, tornar-se-á necessário implementar no projeto modelos tecnologicamente avançados adequados às especificidades dos ambientes a iluminar – otimizar os graus de adequações às exigências e ainda promover a implementação de tecnologias ecológicas

no âmbito da luminotecnia, que objetivamente apresentam vantagens económicas, ergonómicas e ecológicas de grande sustentabilidade.

Quando se pretende escolher a melhor iluminação para as habitações, deve-se ter em conta o seguinte:

- Segurança
 - Segurança na circulação de pessoas;
 - Segurança na deslocação de veículos;
- Económicas
 - Economia de energia;
 - Redução de potência de contrato;
 - Baixa de custos fixos;
- Ergonómicas
 - Melhoria das condições de habitabilidade;
 - Motivação para a ocupação dos espaços;
 - Sensação de conforto e amenidade do lugar;
- Ecológicas
 - Redução do efeito de estufa;
 - Contributo para uma melhoria ambiental.

Para preconizar uma solução que reúna todos estes requisitos, deve-se optar por escolher lâmpadas LED. Para além de terem um baixo consumo, possuem um tempo de vida útil superior e uma maior robustez (não se partem com tanta facilidade). Como não existem perdas de calor, toda a energia fornecida às lâmpadas LED é consumida na iluminação e ainda contém à disposição, variadas cores, permitindo inúmeros efeitos de iluminação.

3.3. RESUMO

O presente capítulo abordou diversos assuntos importantes e fundamentais para a escolha dos diversos eletrodomésticos/iluminação a utilizar em habitações, de forma a tornarem-na mais sustentável e eficiente.

No capítulo seguinte são apresentadas energias renováveis e a seu princípio de funcionamento, bem como, equipamentos utilizados para armazenar a energia obtida através de fontes renováveis.

Capítulo 4

Energias Renováveis

4.1. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, a população começa a ter mais consciencialização pelo meio ambiente. E sabe-se que produção de energia elétrica, principalmente resultante da queima de combustíveis fósseis, causa um grande impacto no meio ambiente. No entanto, e ao contrário da energia obtida através da queima de combustíveis fósseis, a energia renovável, não causa danos, pelo menos, danos tão fortes para o ambiente.

A integração das energias renováveis nas habitações unifamiliares é fundamental para tornar as casas mais eficientes, sustentáveis e amigas do ambiente.

No final de 2008, o Parlamento Europeu aprovou o pacote para a energia e clima. Os novos objetivos definem que a União Europeia, até 2020 – Diretiva 2009/28/CE, conhecida como a meta 20-20-20:

- Reduzir em 20% as emissões de gases com efeito de estufa;
- Aumentar para 20% a quota parte das energias renováveis no consumo de energia (final);
- Aumentar para 20% a eficiência energética;
- Aumentar para 10% a incorporação de energias renováveis nos combustíveis utilizados nos transportes.

4.2. ENERGIA SOLAR

A energia solar é aquela cuja fonte principal é o sol. Esta pode ser transformada em energia elétrica ou energia térmica. As duas principais formas de aproveitar a energia solar são aquecer a água e produzir energia elétrica usando painéis solares térmicos e fotovoltaicos, respetivamente.

Através de coletores solares, a energia solar pode ser transformada em energia térmica, e usando painéis fotovoltaicos a energia luminosa pode ser convertida em energia elétrica.

Uma grande vantagem da energia solar é que ela permite a produção de energia, no mesmo local de consumo, através da integração da arquitetura.

4.2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR EM PORTUGAL

Portugal é um dos países que apresenta maior disponibilidade de radiação solar. Este facto, torna-se vantajoso para Portugal uma vez que facilita a produção de energia a partir deste recurso renovável.

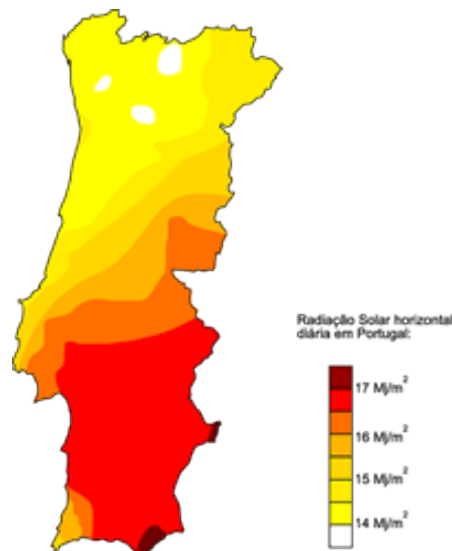


Figura 30. Radiação solar em Portugal. [19]

Tal como se pode verificar na imagem seguinte, Portugal apresenta níveis de radiação solar superiores aos níveis de radiação disponíveis na Alemanha. Em Portugal o número médio anual de horas de sol varia entre 2200 e 3000 horas, enquanto na Alemanha os valores médios variam entre 1200 e 1700 horas. [19]

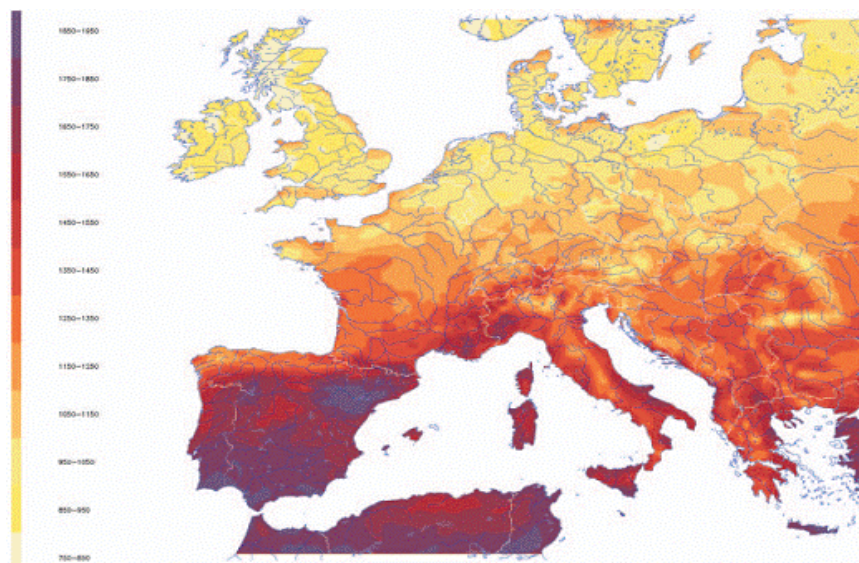


Figura 31. Mapa de radiação solar na Europa. [19]

A evolução da capacidade solar fotovoltaica em Portugal tem vindo a aumentar de forma exponencial nos últimos anos. Com a enorme disponibilidade e com a evolução das energias renováveis o país tem vindo a apostar na instalação de equipamentos e sistemas para a produção de energia fotovoltaica.

Tal como se pode verificar pela figura seguinte, a potência solar total instalada entre 2000 e 2015 teve um aumento de cerca de 453 MW.

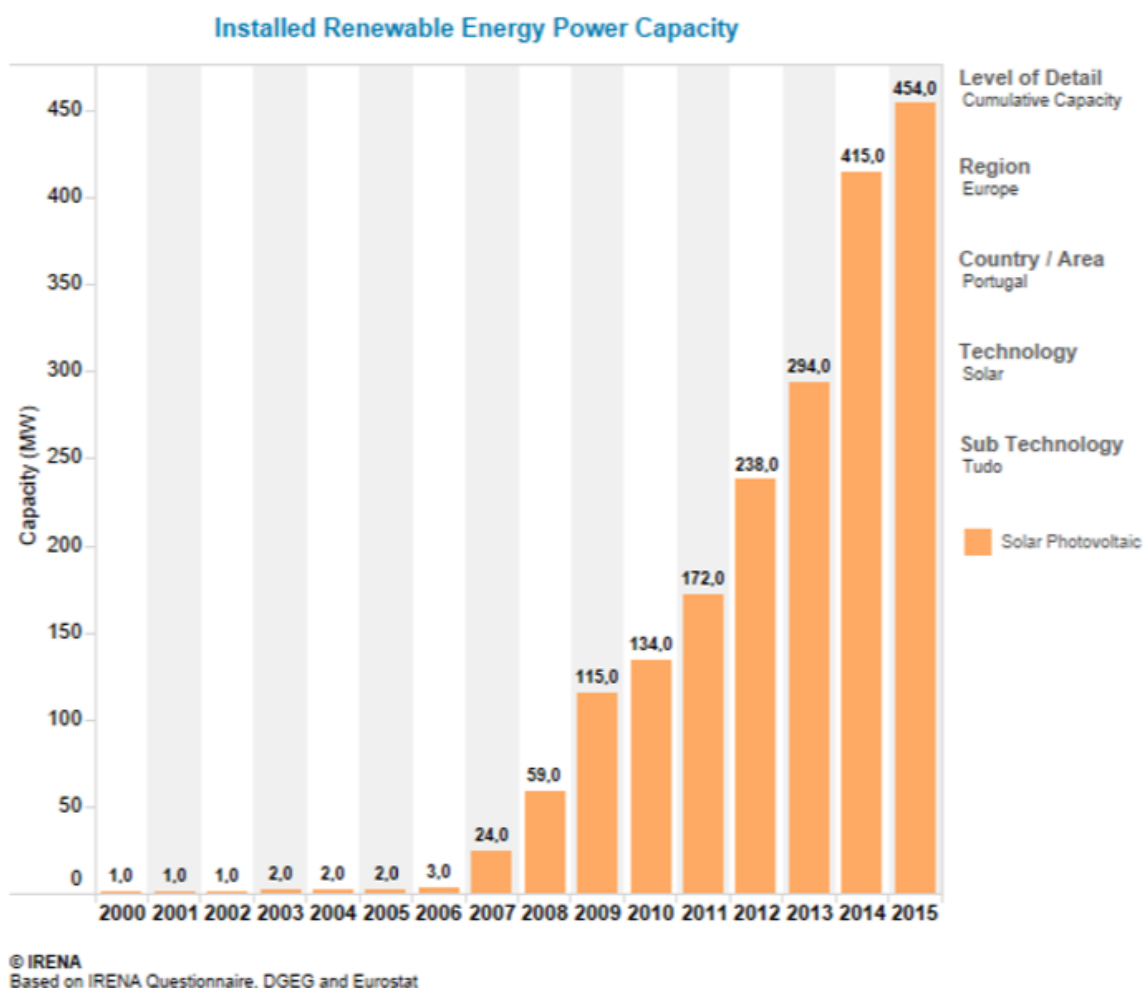


Figura 32. Capacidade Solar Fotovoltaica Instalada em Portuga. [20]

4.2.2. EFEITO FOTOVOLTAICO

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839, pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel. Numa das suas experiências verificou que, quando os elétrodos de platina/prata se encontravam exposto à luz, originava o chamado efeito fotovoltaico, uma vez que ocorria uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semiconductor.

Em 1904, o físico Albert Einstein explicou este efeito, ou seja, a transformação parcial de energia luminosa em energia eléctrica, através da sua teoria da relatividade. Mais tarde, em 1954 nos laboratórios Bell, fabricou-se pela primeira vez, o protótipo de célula fotovoltaica de silício. E quatro anos depois, a energia solar foi aplicada no espaço.

O efeito fotovoltaico não é nada mais nada menos que a conversão de energia solar em energia eléctrica. Esse fenómeno ocorre quando a luz/radiação solar incide sobre uma célula fotovoltaica.

A luz solar é composta de fotões, ou partículas de energia solar. Estes fotões contêm uma grande quantidade de energia, correspondente aos diferentes comprimentos de onda do espectro solar. Quando os fotões colidem com uma célula fotovoltaica, eles podem ser refletidos, absorvidos, ou mesmo atravessar direto a célula. Somente os fotões absorvidos geram energia eléctrica. Quando isto acontece, é transferida a energia do fotão a um elétron em um átomo da célula. [23]

Uma célula fotovoltaica é composta pela junção de duas camadas de materiais semicondutores, uma com iões positivos e outra com iões negativos. O material com camada do tipo negativo possui um excedente de electrões e o material do tipo positivo apresenta falta deles. Dessa forma, os electrões da camada negativa fluem para a camada positiva, originando a formação de um campo eléctrico.

A camada superior de material negativo de uma célula fotovoltaica é bastante fina, e a luz penetra nesse material e descarrega a sua energia sobre os electrões, fazendo com que eles tenham energia suficiente para “vencer” a barreira de potencial (campo eléctrico) e conseqüentemente movimentam-se da camada do tipo negativo para a camada do tipo positivo. Dessa forma, enquanto houver luz solar os electrões continuam a livrar-se dos átomos, originando uma corrente eléctrica. Na figura seguinte está representado o efeito fotovoltaico:

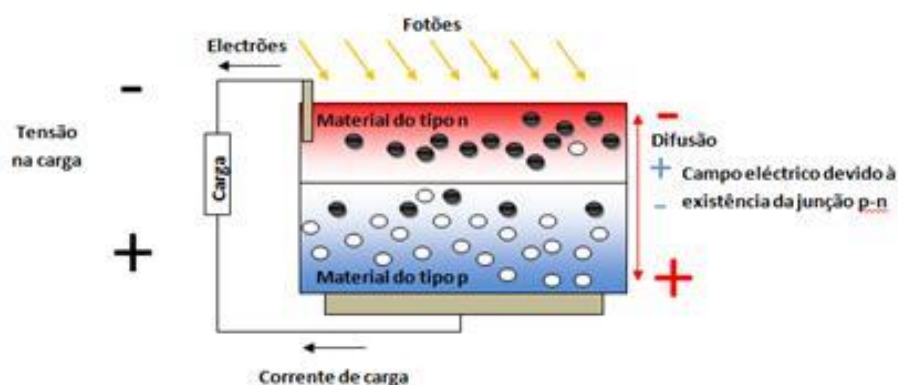


Figura 33. Efeito fotovoltaico. [24]

4.2.3. SISTEMA FOTOVOLTAICO

4.2.3.1. CONSTITUIÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O processo de produção de energia solar pode ser descrito através da figura seguinte.

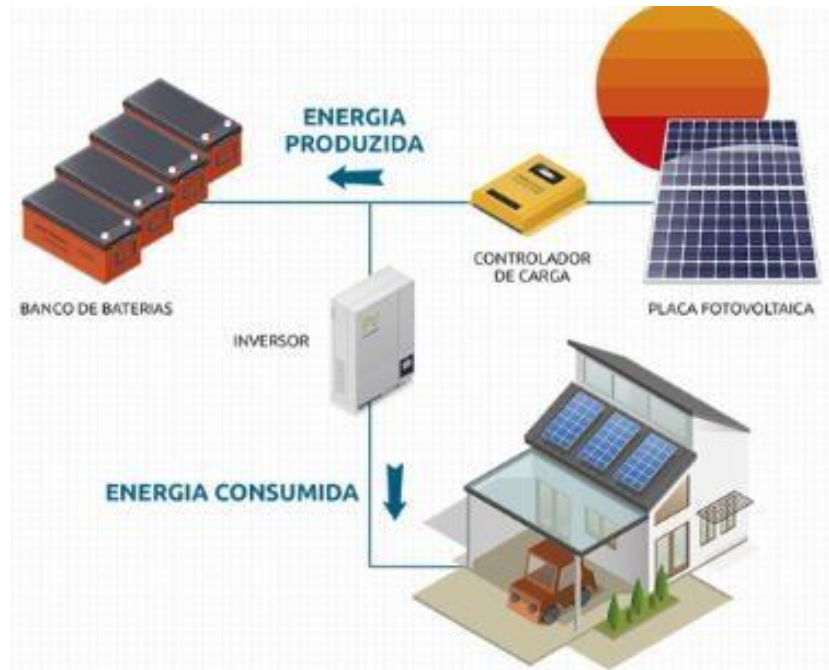


Figura 34. Sistema solar fotovoltaico. [21]

O sistema solar fotovoltaico é constituído por:

- Painéis fotovoltaicos:
 - Policristalinos e monocristalinos;
 - Micro amorfos rígido;
 - Micro amorfos flexível;
- Estruturas de suporte:
 - Fixas;
 - Móveis (movimentam-se conforme a deslocação do sol);
- Inversores:
 - Descentralizados;
 - Centralizados;
- Controladores de carga.

4.2.3.2. TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

As células fotovoltaicas do painel são constituídas por um material semicondutor (silício) ao qual são adicionadas substâncias (ditas dopantes) de modo a criar um meio adequado ao estabelecimento do efeito fotovoltaico, isto é, conversão direta da potência associada à radiação solar em potência elétrica DC.

A célula é o elemento mais pequeno do sistema fotovoltaico. Para se obter potências maiores, as células são ligadas em série e/ou em paralelo, formando módulos e painéis fotovoltaicos com potências superiores. [22]

As tecnologias de fabrico das células fotovoltaicas apresentam três gerações diferente:

- Primeira Geração ou convencional: corresponde às células de silício cristalino. Esta geração corresponde a 87% das células que se encontram no mercado.

Principais características das células:

- Silício monocristalino: possui um rendimento de 18%, custo elevado e possui um tempo de vida útil de 20 a 40 anos;
- silício policristalino ou multicristalino: possui um rendimento de 16%, custo de fabricação similar às células de silício monocristalino e possui um tempo de vida útil de 20 a 40 anos;
- Silício amorfo: possui um rendimento de 8%, custo inferior e possui um tempo de vida útil de 15 a 25 anos;

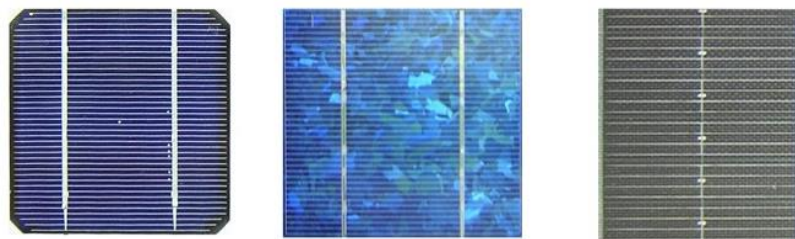


Figura 35. Células do tipo silício monocristalino, policristalino e de silício amorfo, respetivamente. [25]

- Segunda Geração: corresponde à tecnologia de filmes finos sobre substratos rígidos ou substratos flexíveis, tais como, silício amorfo (a-Si), Telureto de Cádmio (CdTe) e Cobre-índio-Gálio (GIGS).
- Terceira Geração: corresponde a uma parte da tecnologia de filmes finos que ainda estão numa fase de investigação, com a possibilidade de inovação disruptiva.

4.2.4. MODELO MATEMÁTICO

Uma célula pode ser descrita através do circuito eléctrico equivalente:

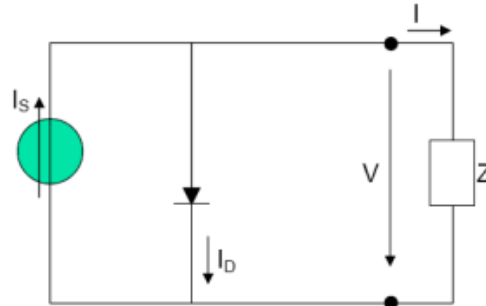


Figura 36. Circuito eléctrico de uma célula fotovoltaica (modelo de um díodo e três parâmetros).

Onde:

Z: qualquer carga percorrida pela corrente I, sujeita à tensão V;

I_s : corrente eléctrica produzida pelo feixe de radiação luminosa quando este atinge a superfície ativa da célula;

I_D : Corrente produzida por consequência da incidência da radiação luminosa na célula fotovoltaica;

A junção p-n funciona como um díodo, atravessado por uma corrente interna unidireccional (I_D), que depende da tensão (V) aos terminais da célula.

A corrente I_D que se fecha através do díodo pode ser obtida pela expressão:

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{V}{mV_T}} - 1 \right) \quad (1)$$

Onde:

I_0 : corrente inversa máxima de saturação do díodo (A);

V: tensão aos terminais da célula (V);

m: fator de idealidade do díodo (ideal $m=1$ e real $m>1$).

V_T é o potencial térmico dado por:

$$V_T = \frac{KT}{q} \quad (2)$$

Onde:

K: constante de *Boltzmann* ($K = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$);

T: Temperatura absoluta da célula em K ($0^\circ\text{C} = 273,16^\circ\text{K}$);

Q: carga elétrica do elétron ($q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$);

Existem dois modos de operação das células que merecem atenção:

- Curto-circuito exterior:
 - $V=0$
 - $I_D=0$
 - $I = I_S = I_{CC}$
 - I_{CC} (Corrente de curto-circuito) é o valor máximo da corrente de carga, ou seja, é a corrente produzida pelo efeito fotovoltaico
- Circuito aberto:
 - $I=0$
 - $V_{ca} = mV_T I_n \left(1 + \frac{I_S}{I_0}\right)$
 - V_{ca} (tensão em vazio) é o valor máximo da tensão aos terminais da célula

Os valores de I_{CC} e V_{ca} são grandezas fornecidas pelos fabricantes, para determinadas condições de radiação incidente e de temperatura.

I_0 (corrente inversa máxima de saturação do díodo) pode ser obtida pela expressão seguinte e é calculada recorrendo às condições de curto-circuito e circuito aberto:

$$I_0 = \frac{I_{CC}}{e^{\frac{V_{ca}}{mV_T}} - 1} \quad (3)$$

Onde:

M: fator de idealidade do díodo;

O fator de idealidade do díodo por ser determinado pela seguinte expressão:

$$m = \frac{V_{max}^r - V_{ca}^r}{V_T I_n \left(1 - \frac{I_{max}^r}{I_{CC}^r}\right)} \quad (4)$$

Esta equação permite calcular o fator de idealidade do díodo apenas em função dos parâmetros característicos da célula fornecidos pelos fabricantes, considerando m como constante.

A potência elétrica é obtida a partir da expressão seguinte:

$$P = VI = V \left[I_{cc} - \left(I_0 \left(e^{\frac{V}{mV_T}} - 1 \right) \right) \right] \quad (5)$$

O valor da potência máxima obtida nas condições STC (*Standard Test Conditions*), designa-se por potência de ponta.

Nota: STC são condições nominais de teste, normalizadas para a realização das medidas dos parâmetros característicos da célula, ou seja, temperatura de 25°C e radiação incidente de $G=1000\text{W/m}^2$.

Os valores da célula que se obtêm dos fabricantes para as condições de referência (STC) são:

- V_{ca}^r
- I_{cc}^r
- P_{max}^r

Alguns fabricantes ainda indicam os valores seguintes:

- V_{max}^r
- I_{max}^r

O rendimento nas condições de referência é a relação entre a potência de ponta e a potência da radiação incidente, conforme a expressão:

$$\eta^r = \frac{P_{max}^r}{AG^r} \quad (6)$$

Onde,

A: área da célula (m^2);

G: Radiação incidente (W/m^2);

Nota: para outros valores que não os de referência, o rendimento deve ser calculado considerando a potência máxima e a radiação incidente nas respetivas condições.

Fator de Forma, é uma grandeza que expressa quando a curva característica se aproxima de um retângulo no diagrama I-V. Quanto melhor a qualidade das células no módulo mais próxima da forma retangular será a curva V-I.

$$FF = \frac{P_{max}^r}{V_{ca}^r \cdot I_{cc}^r} \quad (7)$$

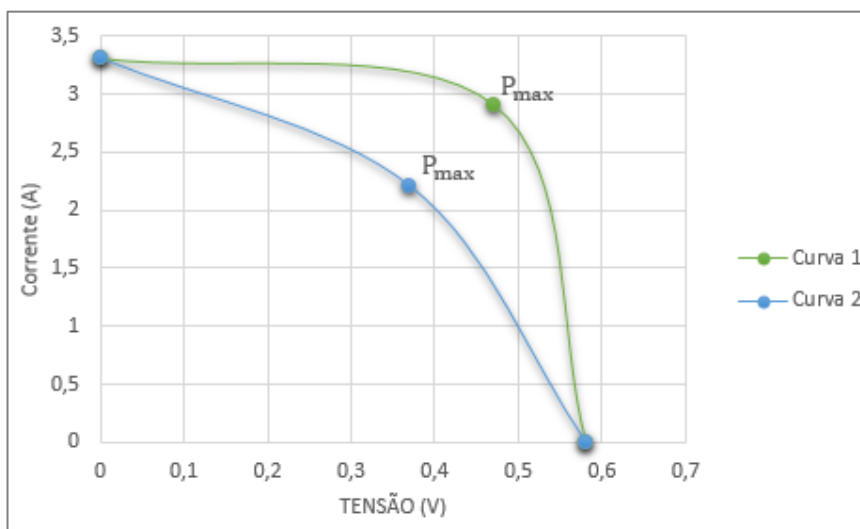


Figura 37. Curvas I-V de duas células com FF diferentes.

As células em uso comercial apresentam um fator de forma entre 0,7 e 0,85. É desejável trabalhar com células em que FF seja o maior possível.

Em condições não STC, é possível estabelecer a variação de I_0 com a temperatura a partir de I_0 nas condições STC, ou seja:

$$I_0 = I_0^r \left(\frac{T}{T_r} \right)^3 e^{\frac{\varepsilon}{m} \left(\frac{1}{V_T} - \frac{1}{V_T} \right)} \quad (8)$$

A corrente de curto circuito é obtida:

$$I_{cc} = I_{cc}^r \frac{G}{G^r} \quad (9)$$

4.2.4.1. INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO INCIDENTE

Através da figura seguinte, pode-se verificar a influência da radiação incidente:

- A potência de saída aumenta com o aumento da radiação incidente;
- A corrente de CC varia linearmente com a radiação incidente;

- A tensão em vazio varia pouco com a radiação incidente, sendo esta variação, no entanto, mais importante para valores baixos de radiação incidente.

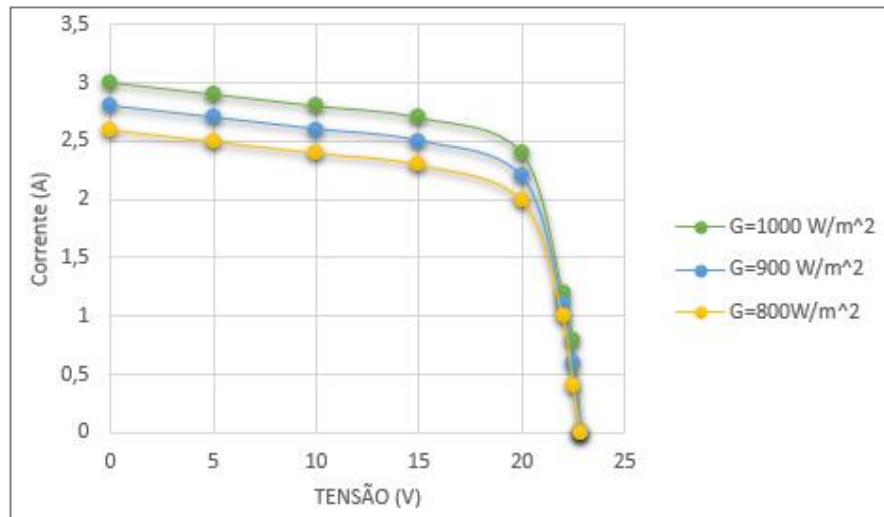


Figura 38. Curvas I-V de células com radiação incidente diferente.

4.2.4.2. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA

Através da figura seguinte, pode-se verificar a influência da temperatura:

- A potência de saída decresce com o aumento de temperatura;
- A tensão em vazio decresce com a temperatura;
- A corrente de curto-circuito varia muito pouco com a temperatura (variação habitualmente desprezada nos cálculos).

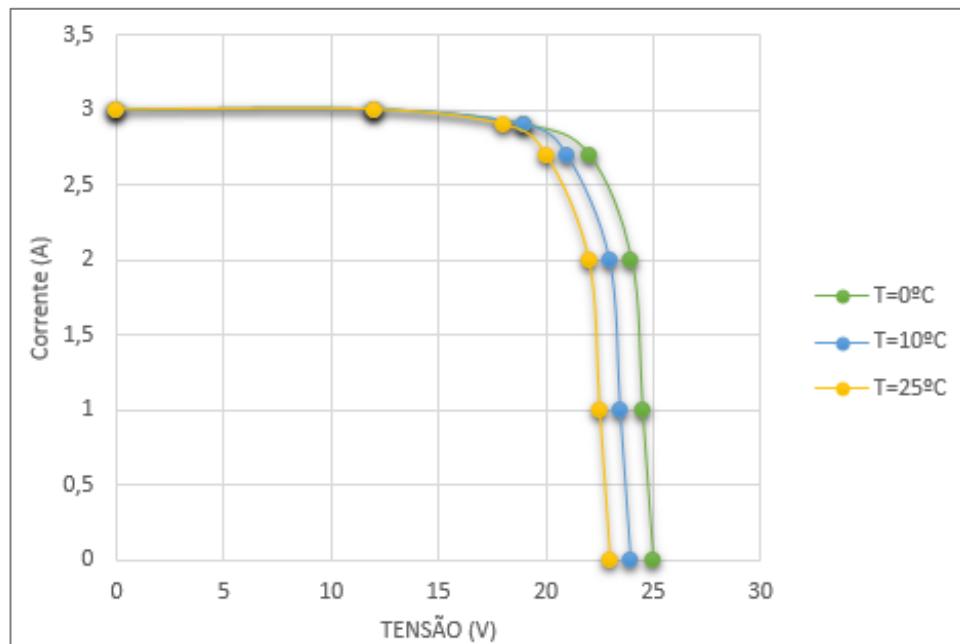


Figura 39. Curvas I-V de células para temperaturas diferentes.

4.2.4.3. MÓDULOS E PAINÉIS

A potência máxima de uma única célula não excede 2 W, razão pela qual se agrupam em série formando módulos.

Na figura seguinte verifica-se N_{PM} ramos em paralelo, cada um com N_{SM} células em série:

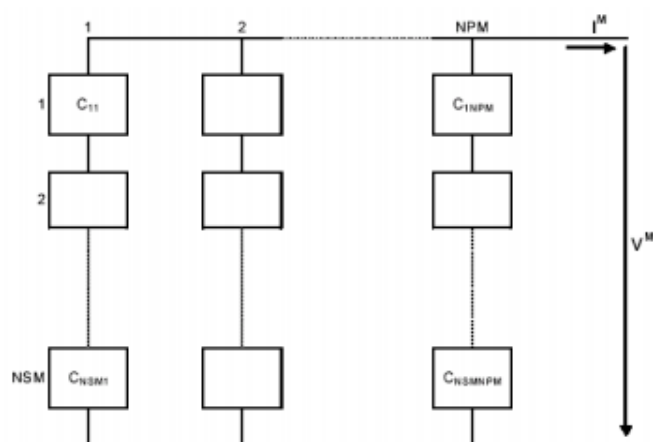


Figura 40. Módulos e painéis.

Modelo da célula única, considerando o módulo como célula equivalente. A razão entre a corrente correspondente ao módulo e a de cada célula é dada pelo número de ramos em paralelo, e a razão entre a tensão do módulo e a da célula é o nº de células ligadas em série.

O número de células de um módulo é determinado pelas necessidades de corrente e tensão da carga a alimentar. Os módulos podem também ser associados em série e paralelo para obter mais potência, formando painéis.

A tensão máxima é obtida a partir da expressão seguinte:

$$e^{\frac{V_{\max}}{mV_T}} = \frac{\frac{I_{cc}}{I_0} + 1}{1 + \frac{V_{\max}}{mV_T}} \quad (10)$$

A corrente em função da tensão é obtida a partir da expressão seguinte:

$$I = I_{cc} - I_0 \left(e^{\frac{V}{mV_T}} - 1 \right) \quad (11)$$

E a corrente máxima é obtida a partir da expressão seguinte:

$$I_{\max} = -I_0 \left(e^{\frac{V_{\max}}{mV_T}} - 1 \right) \quad (12)$$

Por fim, pode-se obter a potência máxima:

$$P_{\max} = V_{\max} \cdot I_{\max} \quad (13)$$

Para se obter uma maior potência do sistema, associa-se os módulos em série e paralelo.

4.2.5. LEGISLAÇÃO EM VIGOR - AUTOCONSUMO

O Decreto-Lei nº 153/2014 veio estabelecer o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, destinada ao consumo na instalação de utilização associada à respetiva unidade produtora, com ou sem ligação à RESP (rede elétrica de serviço público), baseada em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis.

As atividades de produção distribuída - de pequena produção e em autoconsumo - regem-se por disposições comuns no que respeita ao controlo prévio das mesmas e aos direitos e deveres dos promotores, e por normas específicas inerentes a cada uma das modalidades.

O regime da pequena produção permite ao produtor vender a totalidade da energia elétrica à RESP com tarifa atribuída com base num modelo de licitação, no âmbito do qual os concorrentes oferecem descontos à tarifa de referência, eliminando-se o regime remuneratório geral previsto nos anteriores regimes jurídicos de miniprodução e de microprodução.

A energia elétrica produzida em autoconsumo destina-se predominantemente a consumo na instalação associada à unidade de produção, com possibilidade de ligação à RESP para venda, a preço de mercado, da eletricidade não autoconsumida.

Note-se que, nesta modalidade de produção, o produtor beneficia quando a unidade de produção é dimensionada tendo em conta as efetivas necessidades de consumo da instalação.



Figura 41. Autoconsumo. [8]

4.3. ENERGIA EÓLICA

4.3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO NA ENERGIA EÓLICA NO MUNDO

A energia eólica é atualmente encarada como uma das mais promissoras fontes renováveis de energia, sendo caracterizada como uma tecnologia madura que pode contribuir para a segurança do abastecimento energético, sustentabilidade ambiental e viabilidade económica.

As diferenças de pressão ao longo da superfície terrestre, devidas à radiação solar recebida na Terra ser maior nas zonas equatoriais do que nas zonas polares é vulgarmente denominada por vento recurso utilizado para a gerar energia eólica.

A energia eólica conquistou ao longo dos anos uma posição de relevo no setor da energia elétrica atingindo valores de potência instalada que não podem ser desprezados sendo, na atualidade, encarada como uma das mais promissoras fontes de energia renovável. Nos últimos anos assistiu-se a uma evolução verdadeiramente notável relativamente a esta fonte de energia, tendo-se verificado um aumento de potência assinalável de ano para ano, conforme se verifica na figura seguinte:

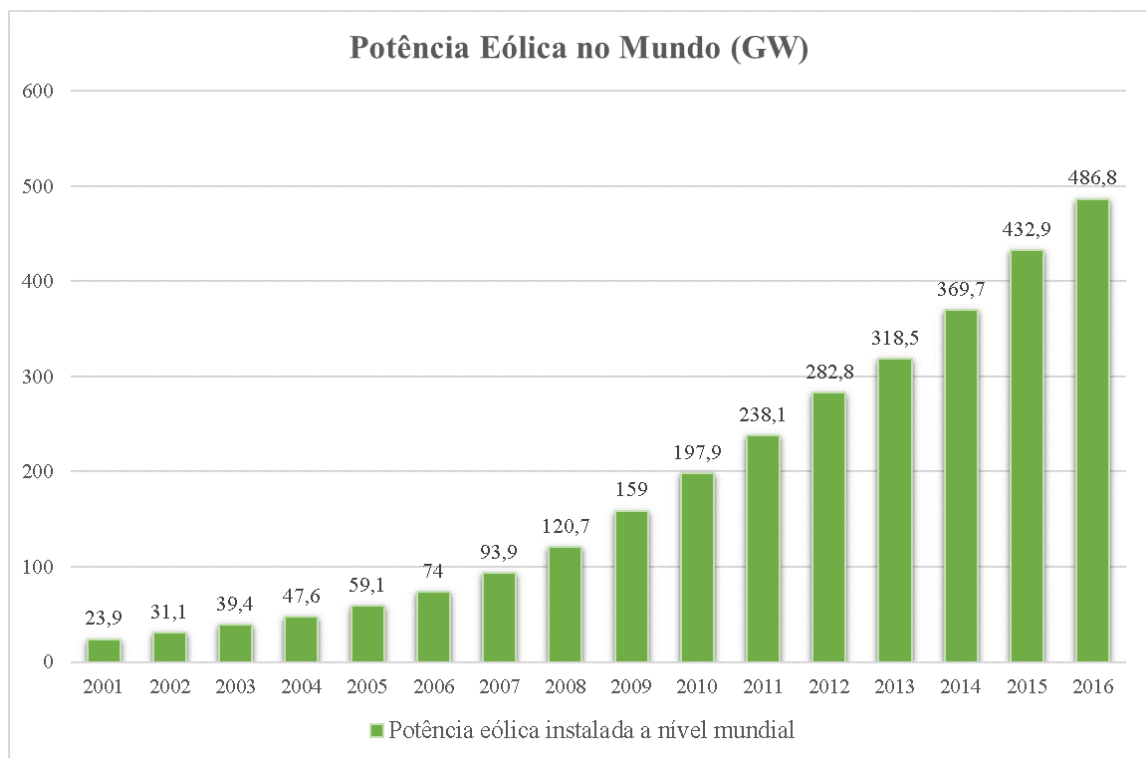


Figura 42. Evolução da potência instalada referente à energia eólica. [34]

O ano de 2015 caracteriza-se por ser o ano em que se bateu o recorde de potência instalada no período de um ano, sendo que se instalou cerca de 63 GW permitindo assim aumentar para 432,9 GW de potência instalada no mundo [35]. Apesar do enorme aumento de potência no ano de 2015, o ano de 2016 não ficou muito atrás, sendo instalado cerca de 53.9 GW passando a existir uma potência instalada de 486,8 GW em todo o mundo.

Esta evolução e aumento de potência instalada, deve-se em grande parte ao facto de os países asiáticos começarem a apostar nas energias renováveis, particularmente na energia eólica.

Tabela 1. Potência instalada nos diversos países. [35]

País	GW	%
China	168,732	34,7
USA	82,184	16,9
Alemanha	50,018	10,30
India	28,7	5,90
Espanha	23,074	4,7
Reino Unido	14,543	3,00
França	12,066	2,50
Canada	11,900	2,40
Brasil	10,740	2,2
Itália	9,257	1,9
Resto do Mundo	75,576	15,50
Total TOP 10	411,214	84
Total	486,790	100,00

4.3.2. CONTEXTUALIZAÇÃO NA ENERGIA EÓLICA EM PORTUGAL

Em Portugal a energia eólica enfrentou um crescimento verdadeiramente notável, um pouco à imagem de resto do mundo. Assim sendo, verificou-se uma evolução verdadeiramente notável de potência ligada ao Sistema Elétrico Nacional (SEN).

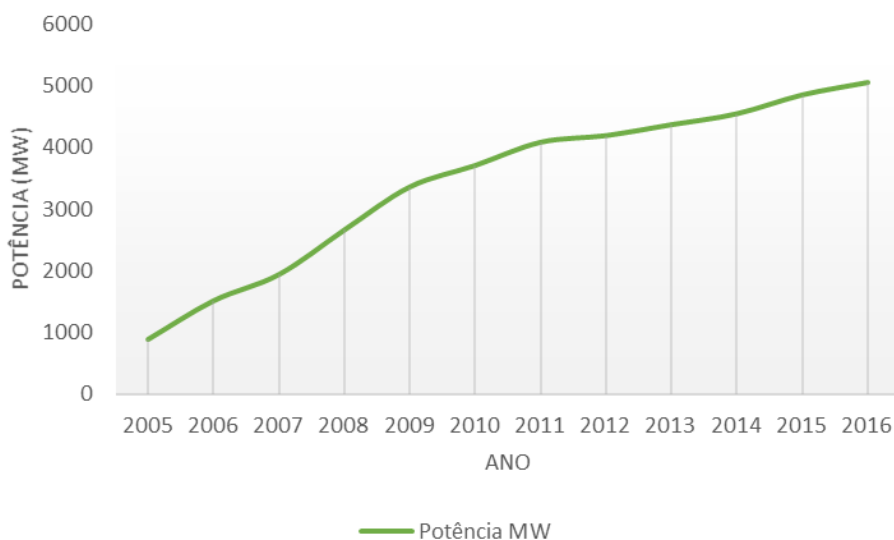


Figura 43. Evolução da energia eólica em Portugal.

Atualmente os dados mais recentes indicam que no final de 2016, a potência eólica instalada era de 5.046 MW ao longo de todo o território nacional.

Através da figura seguinte verifica-se que a produção de energia eólica em 2016 corresponde a 22% da energia total produzida em Portugal nesse mesmo ano.

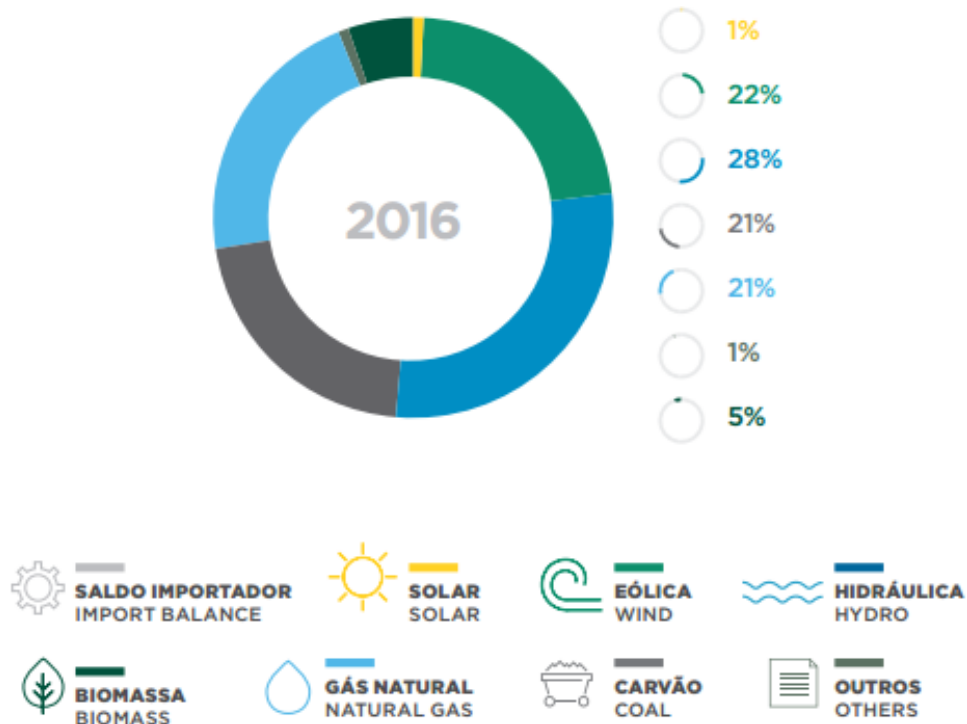


Figura 44. Percentagem de energia produzida em 2016. [35]

4.3.3. TIPOS DE SISTEMAS EÓLICOS

Face à crescente necessidade de produzir energia, as energias renováveis assumiram um papel de relevo, com destaque para a energia eólica que se enquadra como sendo das tecnologias mais maduras e promissoras para a produção de energia renovável.

Como tal, são produzidos aerogeradores que se encaixam em vários tipos, de forma a satisfazer diferentes necessidades, distinguindo-se em 5 grupos classificados pela sua potência:

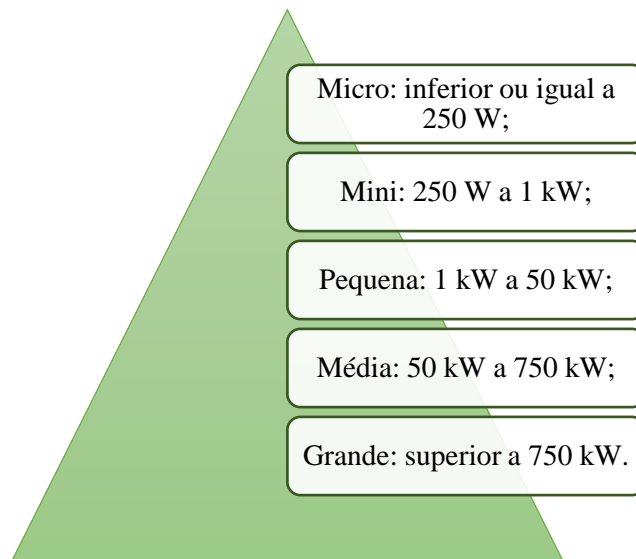


Figura 45. Tipos de aerogeradores classificados pela potência.

A conversão da energia cinética do vento em energia elétrica pode ser efetuada através de várias tipologias. As principais tipologias dos Sistemas de Conversão de Energia Eólica são as turbinas de eixo horizontal e as turbinas de eixo vertical.

Características das turbinas de eixo vertical:

- Eixo montado na vertical, perpendicular ao solo;
- Gerador localizado praticamente no solo;
- Sem necessidade de ajuste aquando de mudança de direção do vento;
- Necessita de impulso elétrico para início de funcionamento;
- Utilização de cabos de amarração para sustentação;
- Menor elevação significa menor velocidade do vento; logo, menor eficientes que as turbinas de eixo horizontal;
- Maior área de base ocupada pela turbina.

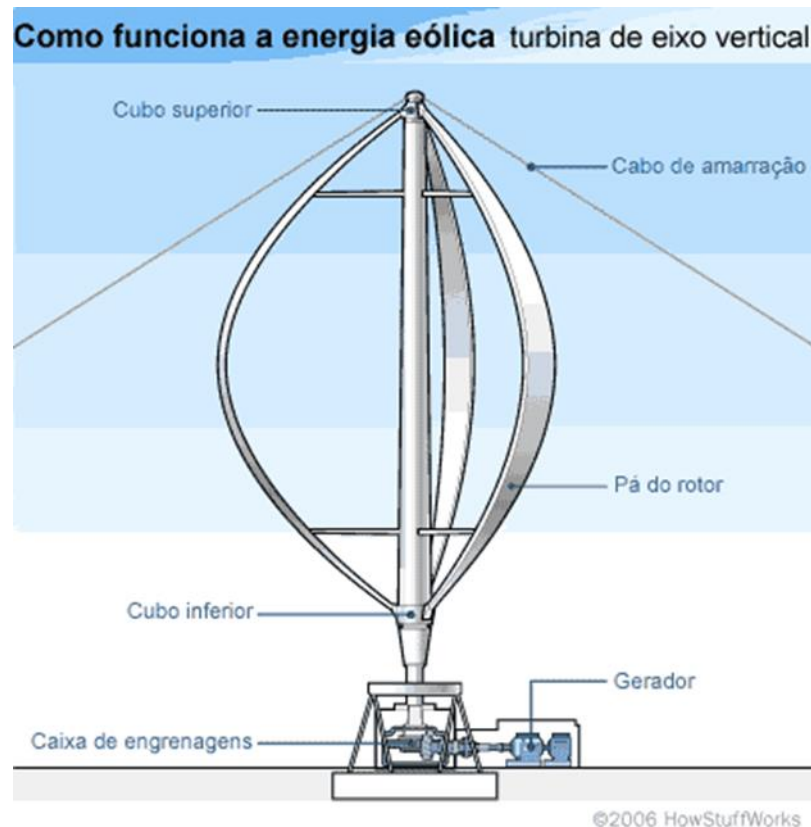


Figura 46. Princípio de funcionamento da turbina de eixo vertical. [37]

Características das turbinas de eixo horizontal:

- Eixo montado horizontalmente, paralelo ao solo;
- Constante alinhamento com a direcção do vento, usando um mecanismo de ajuste (controlador eletrónico da turbina lê a posição de um dispositivo cata-vento e ajusta a posição do rotor para maximização da energia captada);
- Utilização de torre elevatória para elevar os componentes da turbina a uma altura ideal da velocidade do vento;
- Ocupação de muito pouco espaço no solo, uma vez que todos os componentes estão situados no topo da torre.

Os aerogeradores de eixo vertical mais utilizados, baseiam-se no princípio da variação cíclica de incidência de força.

Dá existirem dois tipos de aerogeradores verticais mais comuns:

- *Darrieus* – caracterizam-se por apresentar um perfil aerodinâmico semelhante às asas dos aviões, em que o vento incidindo de diferentes ângulos fica submetido a forças de

intensidade e variações variáveis, a resultante dessas forças provocará um binário motor responsável pela rotação das pás.



Figura 47. Turbina do tipo *Darrieus*. [36]

- *Savonius* – caracteriza-se por o seu rotor se basear no princípio de accionamento diferencial, em que os esforços exercidos pelo vento em cada uma das partes do corpo oco, são de intensidades diferentes, havendo assim um binário responsável pelo movimento rotativo do conjunto.



Figura 48. Turbina do tipo *Savonius*. [36]

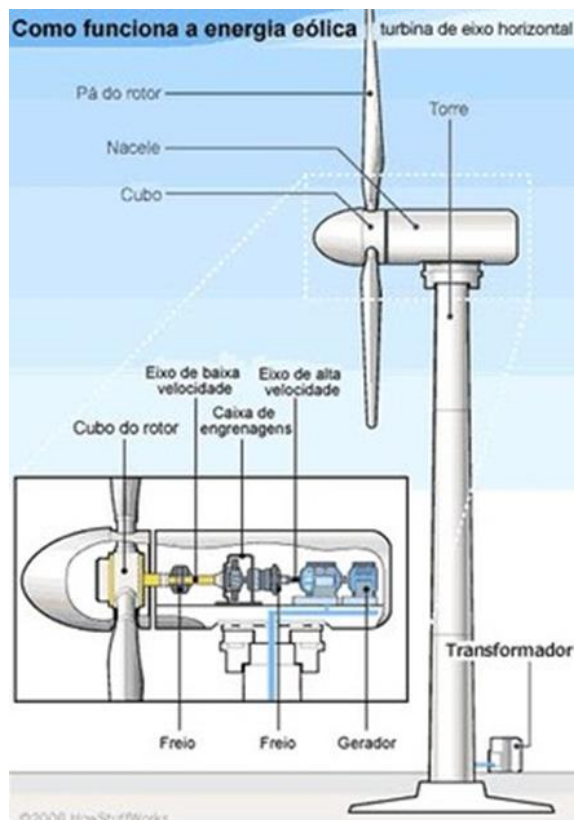


Figura 49. Princípio de funcionamento da turbina de eixo horizontal. [37]

Apesar de existirem diferentes grupos e tipos de aerogeradores, nos quais se distinguem pelas características elétricas e mecânicas que lhes permitem possuir maior ou menor potência, principal característica de um aerogerador, esta depende diretamente da velocidade do vento, sendo este muito inconstante ao longo do tempo.

4.3.4. CÁLCULO ENERGÉTICO

O aproveitamento da energia contida no vento só é possível se existir de facto um fluxo permanente e razoavelmente forte de vento (massa de ar). Assim sendo, a energia disponível para uma turbina eólica é a energia cinética E_{cin} (J) associada a um volume de ar de massa m , que se desloca a uma velocidade uniforme e constante u (m/s) na direção x : “uma introdução às energias renováveis”.

[38]

$$E_{cin} = \frac{1}{2} mu^2 \quad (14)$$

A potência disponível no vento (W) é, portanto, proporcional ao cubo da velocidade do vento:

$$P_{disp} = \frac{dE_{cin}}{dt} = \frac{1}{2} \left(\rho A \frac{dx}{dt} \right) u^2 = \frac{1}{2} \rho A u^3 \quad (15)$$

Onde,

A : corresponde à secção plana transversal, m^2 ;

ρ : corresponde à massa específica do ar, que em condições normais de temperatura e pressão, é igual a $1,225 \text{ kg/m}^3$;

u : corresponde à velocidade, m/s ;

P_{disp} : potência dissipada, W .

Analisando a equação em cima representada observa-se que a potência disponível é extremamente dependente da variação da velocidade do vento uma vez que quando esta se duplica, a potência irá aumentar oito vezes, no entanto aumentar a área varrida pelas pás da turbina para o dobro, o aumento será de duas vezes.

A potência eléctrica varia, de uma forma bastante aproximada, com o cubo da velocidade do vento, pelo menos na zona de funcionamento em que o aerogerador extrai a máxima potência possível do vento, tal como se verifica na curva de potência característica de cada aerogerador.

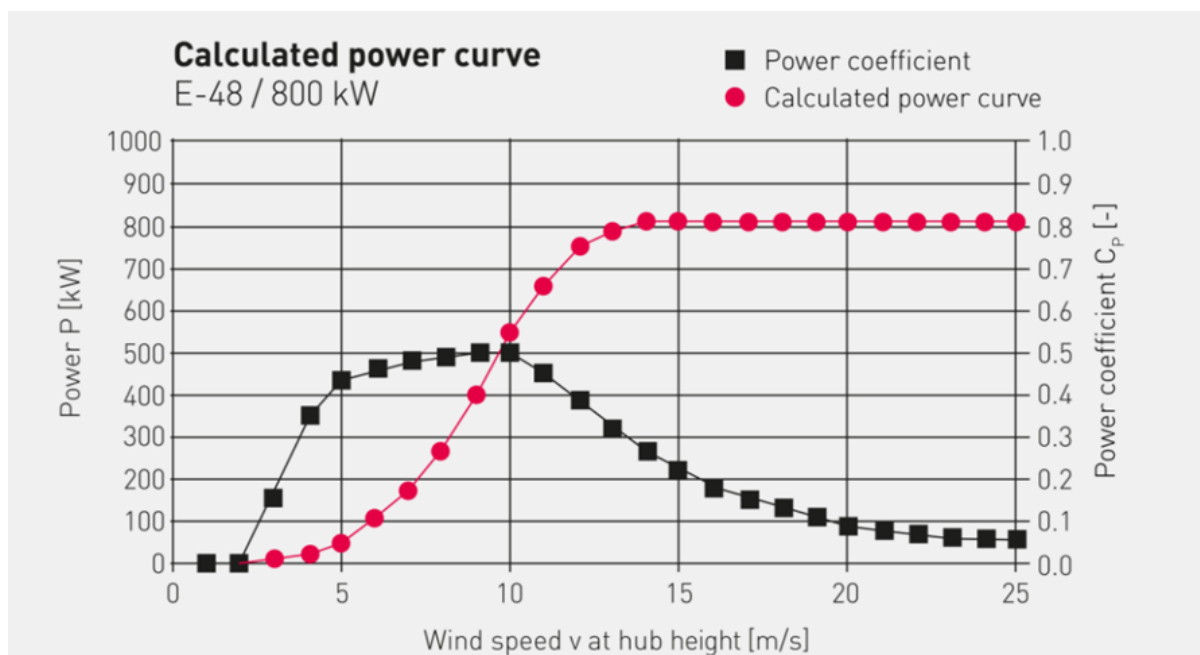


Figura 50. Potência em função da energia. [39]

A curva de potência de um aerogerador caracteriza-se por possuir patamares de velocidades que caracterizam a curva e o respetivo aerogerador.

Os patamares de velocidade são:

- *Cut-in speed* - para velocidades de vento inferiores a um valor mínimo não interessa extrair energia;
- *Rated wind speed* - para velocidades de vento superiores à velocidade nominal do aerogerador não é económico aumentar a potência, uma vez que isso levaria a um aumento de investimento para tirar partido apenas durante poucas horas durante o ano, daí manter-se a funcionar a uma potência constante acima dessa velocidade de vento;
- *Cut-out speed* - quando a velocidade de vento atinge valores perigosamente elevados o aerogerador é desligado por razões de segurança.

4.3.4.1. ENERGIA PRODUZIDA

O valor esperado para a produção de energia eléctrica produzível anualmente, isto tendo uma representação fiável do perfil de ventos numa base de tempos alargada, representa-se da seguinte forma:

O valor esperado para a produção de energia eléctrica produzível anualmente, isto tendo uma representação fiável do perfil de ventos numa base de tempos alargada, representa-se da seguinte forma:

$$E_a = 8760 \int_{u_0}^{u_{max}} f(u)P_e(u)du \quad (16)$$

Sendo $f(u)$ a densidade de probabilidade da velocidade do vento, $P_e(u)$ a curva de potência do sistema de conversão de energia eólica, u_0 a velocidade de cut-in e u_{max} a velocidade de cut-out.

Estando disponíveis distribuições discretas, o que normalmente se sucede, é possível calcular usando a frequência relativa de ocorrência da velocidade média do vento $f_r(u)$.

$$(u)f_r = 8760 f(u) \quad (17)$$

Assim sendo a equação anterior de produção de energia transforma-se em:

$$E_a = \sum_{u_0}^{u_{max}} f_r(u)P_e(u) \quad (18)$$

4.4. EQUIPAMENTOS DE ACUMULAÇÃO E SEUS ASSOCIADOS

Para não se desperdiçar a energia que não é totalmente utilizada no momento, é necessário a instalação de equipamentos para armazenar essa energia elétrica.

Para solucionar este problema, existem os acumuladores de energia. A sua função é armazenar a energia elétrica que não é gasta no momento, para ser utilizada nas horas em que o consumo de energia é superior à sua produção.

A figura seguinte descreve essa mesma situação, ou seja, a curva preta representa a produção de energia elétrica e a curva cinzenta representa o consumo de energia ao longo do dia. Como se pode verificar, a produção ocorre apenas no intervalo entre as 8 horas e as 19 horas, entre as 19 horas e as 8 horas não existe produção.

A área *a* corresponde à energia em excesso (uma vez que a curva da produção é superior à curva do consumo) e a área *b* corresponde apenas ao consumo, portanto, com auxílio das baterias pode-se armazenar a energia excedida (área *a*) e utilizá-la na área *b*.

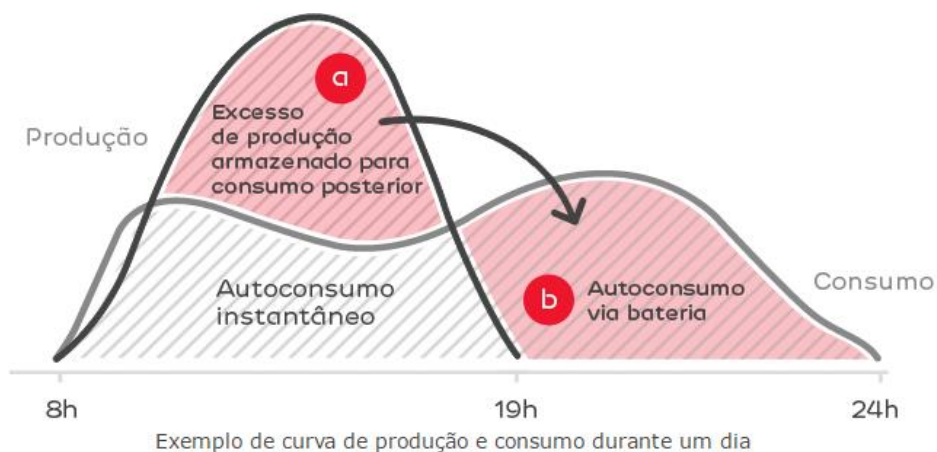


Figura 51. Função dos acumuladores de energia. [26]

Esta solução, preconizada com o auxílio das baterias, pode ser utilizada no sistema fotovoltaico como também no sistema eólico.

4.4.1. BATERIAS

Hoje em dia, a utilização de baterias nos sistemas de produção de energia, apresentam uma importância fundamental.

As baterias são constituídas por células que, por sua vez, são compostas por dois elétrodos submersos num eletrólito. Um dos elétrodos é constituído por dióxido de chumbo e representa o ânodo ou pólo positivo, o outro elétrodo é constituído apenas por chumbo e representa o cátodo ou pólo negativo. O eletrólito consiste num ácido, como por exemplo ácido sulfúrico diluído em água, em que o primeiro constituinte pode apresentar-se em estado líquido ou em gel. [20]

As baterias passam por dois processos:

- Carga: no cátodo ocorre a formação de chumbo e no ânodo de óxido de chumbo, e dá-se a libertação de ácido sulfúrico no eletrólito até o aumento da sua concentração leva à carga total do acumulador.
- Descarga: a descarga ocorre quando se alimenta uma carga, e conseqüentemente verifica-se a formação de sulfato de chumbo nos elétrodos. O ácido sulfúrico é absorvido pelo eletrólito.

Hoje em dia, existe uma grande variedade de baterias secundárias no mercado, tais como:

- Baterias Chumbo-ácido:
 - Baterias de chumbo-ácido ventiladas ou abertas (VLA): este tipo de baterias tem a limitação de ter que estarem em funcionamento numa posição fixa, uma vez que o eletrólito se encontra no estado líquido. Estas baterias também obrigam à reposição periódica do nível de água, pois esta evapora-se durante o funcionamento da bateria.
 - Baterias de chumbo-ácido estaques (VLRA): este tipo de baterias apresenta uma vantagem face às mencionadas anteriormente, uma vez que permitem a recombinação de gases, que por sua vez originam menos perdas de água e não necessitam de manutenção.

Este tipo de baterias, pode ser dividido em duas tecnologias:

- Baterias *Absorbent Glass Material* (AGM): este tipo de baterias possui um separador de microfibras de vidro que absorve o eletrólito, evitando que este se desloque livremente dentro das baterias.
- Baterias em gel: este tipo de baterias possuem o ácido misturado com sílica, provocando com que o eletrólito fique numa consistência em gel, evitando mais uma vez que este se desloque livremente dentro das baterias.
- Baterias de acumuladores alcalinos:
 - Baterias níquel-cádmio (Ni-Cd): este tipo de baterias tem um custo inicial bastante elevado comparado com as baterias mencionadas anteriormente. No entanto são mais resistentes, tanto a variações de temperatura como a condições de sobrecarga. Porém, estas baterias são obrigadas a serem descarregadas totalmente para não ficarem viciadas, originando conseqüentemente uma diminuição da tensão fornecida pela bateria.
 - Baterias níquel hidretos metálicos (NiMH): Este tipo de bateria é muito semelhante às baterias Ni-Cd, mas com uma vantagem, ou seja, o cátodo possui uma lia de elementos metálicos que tem como objetivo anular o efeito de memória, evitando que esta vicie.
 - Baterias de iões de lítio (Li-ion): um acumulador de iões de lítio, é constituído basicamente por um cátodo de lítio, um ânodo de carbono poroso e um eletrólito composto por sais de lítio num solvente orgânico (solução não aquosa) [27]. Estas baterias tem um tempo de vida útil superior às anteriores e são muito leves. No entanto tem um custo muito elevado e baixa eficiência.

4.4.1.1. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS BATERIAS

Para um melhor dimensionamento de qualquer sistema recorrendo ao uso de baterias, é necessário e fundamental conhecer as principais características das mesmas.

De seguida são apresentadas as principais características das baterias, que podem ser consultadas na ficha técnica fornecida pelos fabricantes:

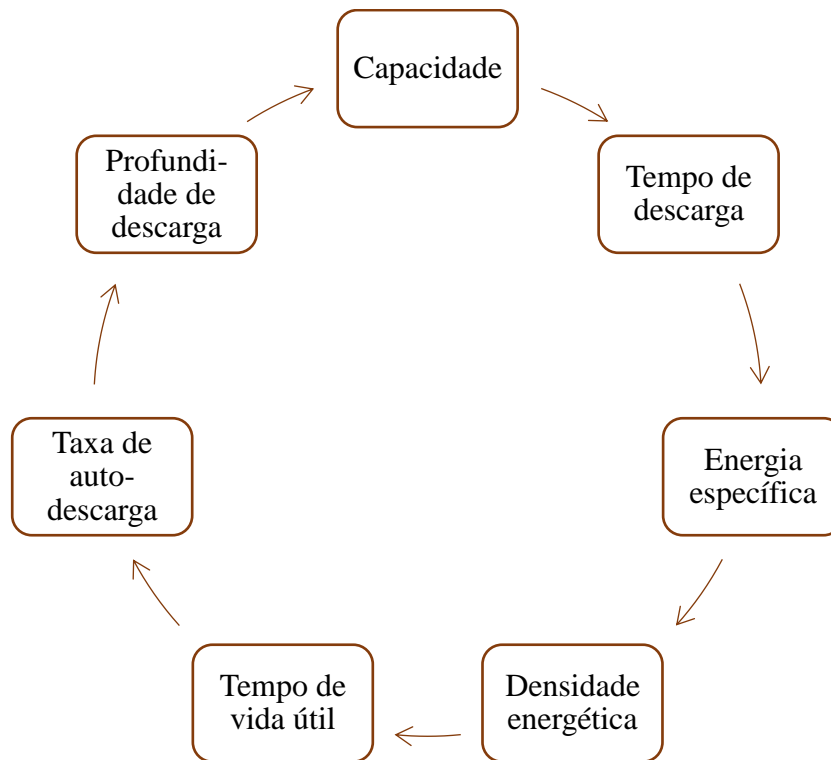


Figura 52. Principais características das baterias.

As baterias podem ser associadas em série e/ou em paralelo, de maneira a responder às necessidades do sistema em causa, ou seja:

- Associação em paralelo: utiliza-se este tipo de associação quando se pretende aumentar o valor da corrente, mantendo a tensão constante.
Nota: as baterias deverão ter o mesmo valor de tensão.
- Associação em série: utiliza-se este tipo de associação quando se pretende aumentar o valor da tensão, mantendo a corrente constante.
Nota: as baterias deverão ter o mesmo valor de corrente.
- Associação mista: associando numa combinação de série e paralelo, consegue-se dimensionar o banco conforme as necessidades energéticas.

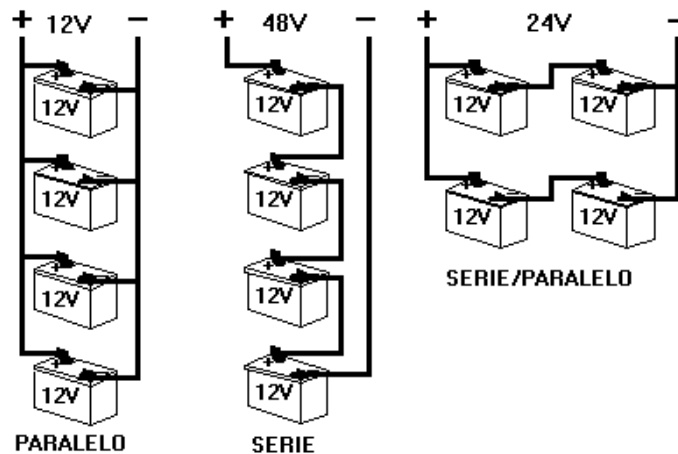


Figura 53. Associação de baterias em paralelo, série e misto, respetivamente. [28]

4.4.2. CONTROLADORES DE CARGA

O controlador de carga é um dos principais constituintes dos sistemas de produção de energia elétrica. Este componente encontra-se situado entre o sistema produtor de energia e o banco de baterias (ou até mesmo a própria carga). A sua principal funcionalidade é monitorizar a tensão (quando a carga total é alcançada, o controlador desliga a entrada de tensão), protegendo as baterias de serem sobrecarregadas/descarregadas, e assim garantir, que toda a energia produzida seja armazenada com maior eficácia nas baterias.

Os controladores de carga possuem uma série de dispositivos que informam permanentemente sobre o estado de carga do sistema e alertam o utilizador para que este possa adaptar a instalação às suas necessidades particulares, aumentando assim o tempo de vida útil das baterias. [29]

4.4.2.1. TIPOS DE CONTROLADORES DE CARGA

Conforme as necessidades pretendidas, existem controladores de carga mais adequados que outros, ou seja:

- Controladores Série

Este tipo de reguladores possui os interruptores de controlo em série com o sistema produtor de energia, para interromper o fornecimento de energia às cargas.

- Controladores Paralelo ou *Shunt*

Tal como se pode verificar pela figura seguinte, os interruptores de controlo em paralelo, controlam o regime de carga da bateria curto-circuitando temporariamente o sistema produtor de energia de noite para evitar correntes inversas. [20]

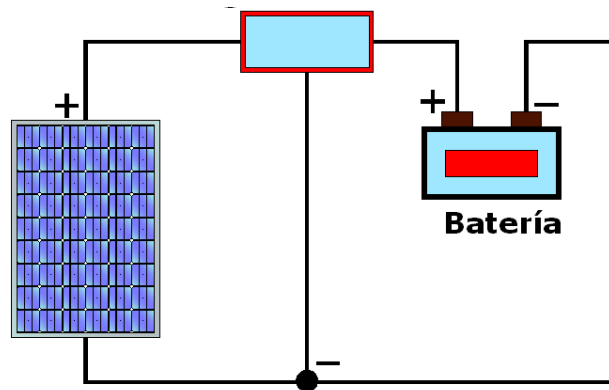


Figura 54. Reguladores de carga. [30]

- Controlador de Ponto de potência máxima (*Maximum Power Point Tracking – MPPT*)
Este tipo de controlador utiliza um circuito eletrónico especial para captar a potência máxima. Trata-se de um controlador que de acordo com as condições ambientais, ajusta a tensão de saída do módulo, de modo a que o funcionamento se processe no ponto correspondente à potência máxima.
- Controlador para sistema eólico:
Os controladores utilizados nos sistemas eólicos, tem uma entrada trifásica, dessa forma é possível efetuar a ligação direta do aerogerador (antes da regulação da carga das baterias, ocorre uma retificação de corrente).
- Controlador para sistemas híbridos:
Esta é a solução mais adequada quando se tem um sistema eólico e um sistema fotovoltaico na mesma instalação. Uma vez que, utilizando este tipo de controlador não necessita de mais nenhum, dado que, este controlador possui duas entradas distintas, uma entrada CC para o sistema fotovoltaico e uma entrada CA para o sistema eólico.

4.4.3. INVERSORES/CONVERSORES

Os inversores corrente contínua-corrente alternada (CC-CA) têm como objetivo a produção de uma onda de tensão de saída alternada sinusoidal com amplitude e frequência variável a partir de uma entrada em CC.

Os inversores podem ser divididos em três grupos:

- Inversores com modulação por largura de impulsos:
 - Entrada CC de amplitude constante;
 - Controlo da amplitude e frequência da tensão de saída;
 - Onda de saída próxima de uma senoide.
- Inversores de onda quadrada:
 - Entrada CC de amplitude variável;
 - Controlo apenas de frequência da tensão de saída;
 - Onda de saída similar a uma onda quadrada.
- Inversores monofásicos com cancelamento de tensão:
 - Possibilidade de controlo de amplitude e de frequência da tensão de saída do inversor mesmo que a entrada seja uma tensão CC constante e o controlo não seja por modulação de largura de pulso;
 - Aplicável apenas a inversores monofásicos.

4.5. ENERGIA GEOTÉRMICA

Mais uma vez, e com o intuito de produzir energia de uma forma limpa e amiga do ambiente, surge a necessidade de produzir energia com o auxílio do calor proveniente da terra.

Para uma melhor compreensão da forma como é aproveitada a energia do calor da Terra deve-se primeiro perceber como o nosso planeta é constituído. A Terra é formada por grandes placas, que nos mantém isolados do seu interior, no qual encontramos o magma, que se resume basicamente em rochas derretidas. Com o aumento da profundidade a temperatura vai crescendo, no entanto, há zonas de intrusões magmáticas, onde a temperatura é muito maior. Essas são as zonas onde existe elevado potencial geotérmico. [31]

4.5.1. UTILIZAÇÕES DA ENERGIA GEOTÉRMICA

A energia geotérmica pode ser utilizada de três formas distintas:

- Utilização direta: os reservatórios geotérmicos podem ser aproveitados para fornecer calor para diferentes utilizações, tais como, termas, aproveitamentos comerciais/industriais, entre outros.



Figura 55. Aproveitamento de energia geotérmica em termas. [32]

- Centrais geotérmicas: é possível aproveitar os fluidos nas centrais a temperaturas superiores a 150°C, para fazer movimentar a turbina e consequentemente produzir energia elétrica.

Tal como se pode verificar na figura seguinte, observa-se que o poço foi perfurado para se conseguir chegar aos reservatórios. Consequentemente o vapor de água quente chega à superfície, dirigindo-se para as turbinas das centrais.

Ocorre então, a conversão de energia térmica em energia eólica.

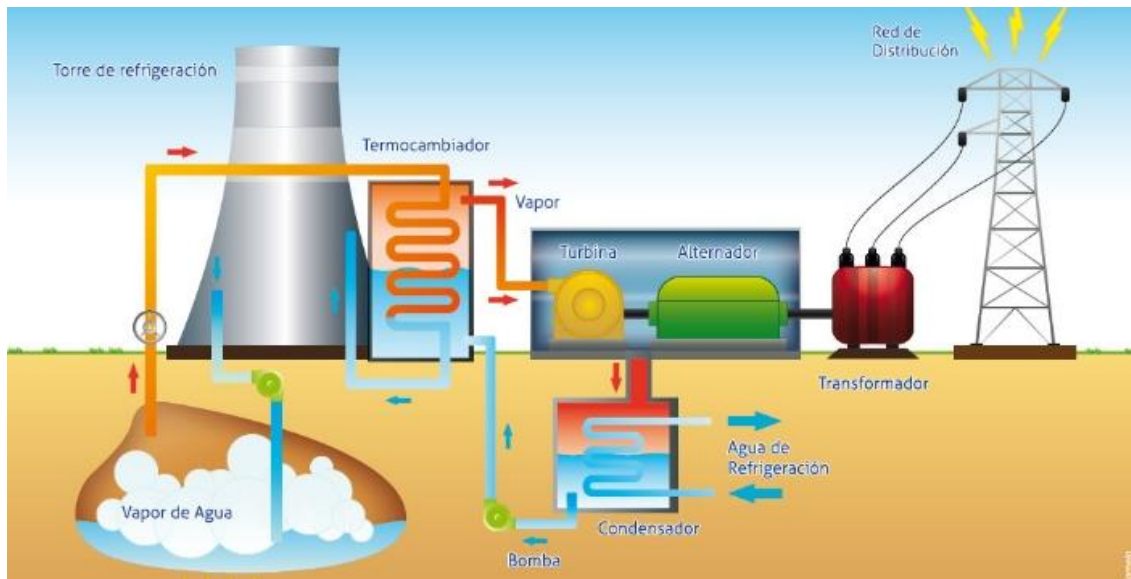


Figura 56. Aproveitamento da energia geotérmica em centrais. [33]

- Bombas de Calor Geotérmicas (BCG): Este tipo de aproveitamento de energia geotérmica será um dos sistemas preconizados no presente caso de estudo.

Este sistema consiste em inserir um tubo no solo, que serve para aquecer ou arrefecer a água que é bombeada através desse tubo.

A diferença de temperatura entre o subsolo e a habitação serve para aquecer ou arrefecer a água. A temperatura no subsolo é tipicamente de 18°C tanto no inverno como no verão, mas a temperatura ambiente no inverno encontra-se aproximadamente nos 8°C e no verão nos 28°C.

Portanto, no inverno como a temperatura do tubo que a água percorre é superior, originará um aquecimento dessa mesma água. No verão, ocorre precisamente o contrário, como a temperatura do tubo que a água vai percorrer é inferior à temperatura ambiente, isto irá originar um arrefecimento da água.

Este sistema provoca um maior conforto aos ocupantes da habitação e gastará menos energia elétrica para aquecer a água no inverno.

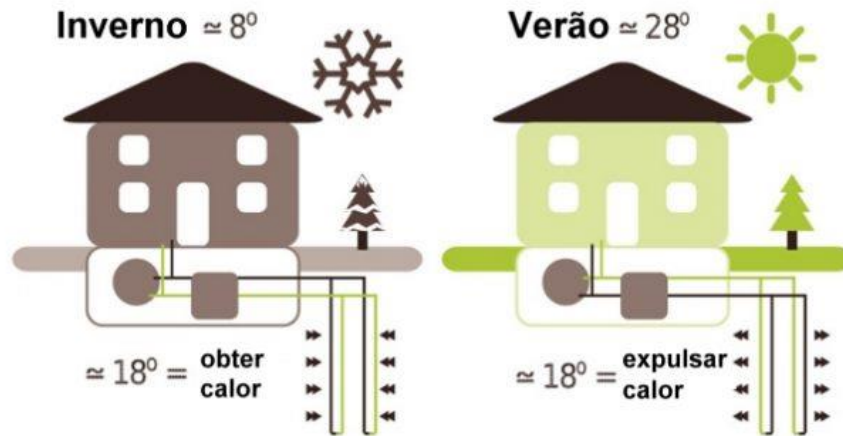


Figura 57. Princípio de funcionamento das bombas de calor. [33]

4.6. RESUMO

No presente capítulo, são apresentados os diferentes tipos de energias renováveis que são abordados no caso de estudo desta dissertação, bem como os equipamentos necessários para armazenar a energia no momento em que a produção é superior ao consumo.

O capítulo seguinte apresenta o caso de estudo, inicia-se com a constituição da habitação unifamiliar, de seguida analisa-se e prevê-se o consumo médio diário e por fim, procede-se ao dimensionamento da solução autossuficiente e sustentável.

Capítulo 5

Caso de Estudo

5.1. INTRODUÇÃO

A sociedade atual exige a todos um trabalho consciente e conducente à sustentabilidade do mundo, numa aposta de racionalização de recursos, nomeadamente os energéticos.

A proposta do presente caso de estudo ambiciona tornar-se um marco no campo da eficiência energética, característica essencial para a consistência de um edifício do século XXI.

Além de um compromisso com a tecnologia e a inovação, este projeto aposta ainda num elevado nível de harmonia entre outros vetores fundamentais, como características estéticas, económicas e sustentáveis.

O conceito desta intervenção deverá ser tecnologicamente inovador, onde as tecnologias ocupem um lugar de destaque.

Assim, é com base nesta dinâmica de rentabilização associada à inovação e às novas tecnologias que preside à conceção deste trabalho.

Neste capítulo irá ser descrito todo o procedimento necessário ao estudo de uma habitação energeticamente independente e autossuficiente.

Serão abordados os seguintes temas:

- Caracterização e constituição da habitação em estudo;
- Estudo energético da habitação;
- Energia solar;
- Energia eólica;
- Energia geotérmica;
- Equipamentos de acumulação e de conversão.

Na elaboração do presente estudo foram tidos em consideração os regulamentos em vigor, as boas normas de execução e as necessidades que as instalações devem satisfazer.

5.2. SISTEMA *OFF GRID*

No presente caso de estudo, é abordado um sistema *Off Grid*, ou seja, é um sistema que não se encontra interligado com a rede eléctrica.

O sistema *Off Grid* preconizado para o presente projeto é constituído por um sistema fotovoltaico e um sistema eólico, e a energia produzida em excesso (superior ao consumo) é armazenada com auxílio ao banco de baterias.

Este sistema requer um custo inicial bastante elevado, manutenção e troca de equipamentos no final do seu ciclo de vida. Para além desses inconvenientes, o sistema depara-se com uma diminuição do seu rendimento ao longo do tempo.

No entanto, este sistema pode revelar-se favorável na eventualidade do custo total do sistema se revelar inferior ao custo da extensão das linhas de potência em áreas remotas ou rurais [20].

Torna-se também relevante se as pessoas pretenderem construir uma habitação, num local onde não tenha acesso à rede eléctrica nacional.

E não se pode esquecer de uma vantagem fundamental, que é o facto de apostar em energias renováveis, demonstrando o apelo à sustentabilidade e à eficiência energética, protegendo o meio ambiente.

5.3. CARACTERIZAÇÃO E CONSTITUIÇÃO DA HABITAÇÃO EM ESTUDO

O presente estudo diz respeito às diversas instalações necessárias à habitação unifamiliar, a levar a efeito na Rua Heliantia, Lote 08, 4405-563 V.N.Gaia, na freguesia de Gulpilhares, conselho de Vila Nova de Gaia.

O requerente do empreendimento é André Gusmão.

A habitação em estudo foi idealizada para responder às necessidades dos seus ocupantes proporcionando-lhes segurança e conforto.

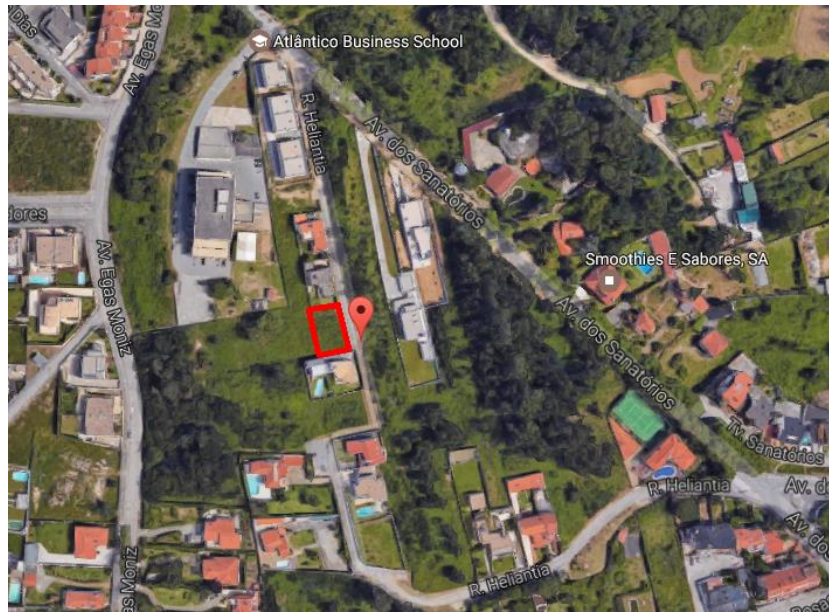


Figura 58. Localização da habitação.

Trata-se de uma habitação unifamiliar constituída por 3 pisos e cobertura, sendo a sua composição feita da seguinte forma:

Cave:

- Garrafeira (14,36 m²);
- Área técnica (44,48 m²).

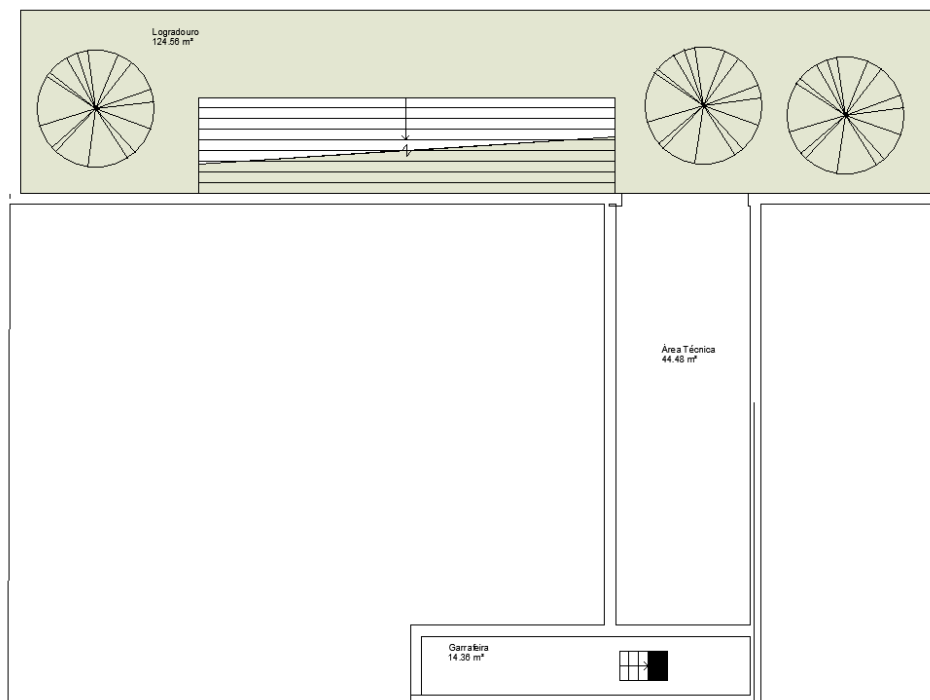


Figura 59. Planta da cave

Rés-do-chão:

- Alpendre (63,23+69,53 m²)
- Logradouro (10,45 m²);
- Sala de TV (26.66 m²);
- Sala de estar (40,46 m²);
- Sala de refeições (19,87 m²);
- Cozinha (21,53 m²);
- Quarto (13,60 m²);
- WC (6,06 m²);
- Hall (29,29 m²);
- Lavandaria (12,21 m²);

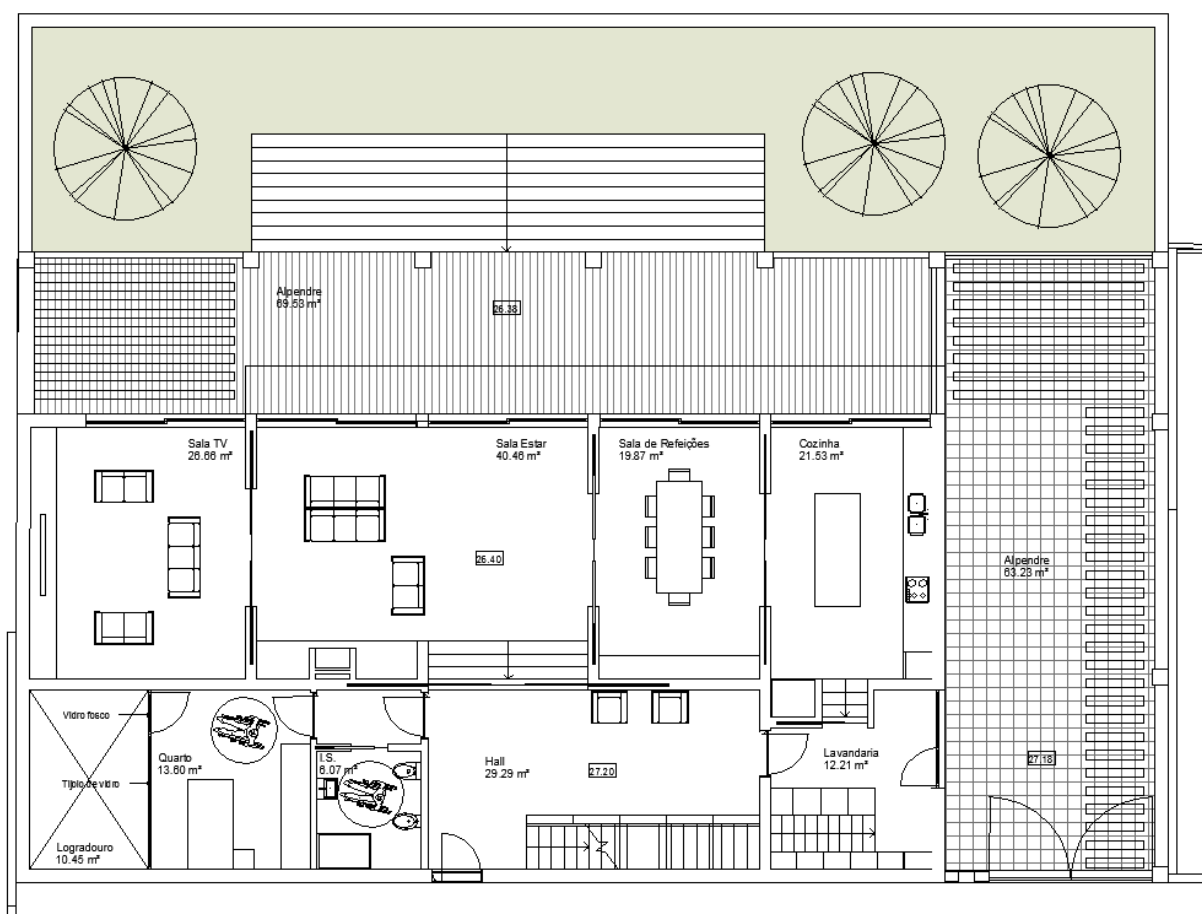


Figura 60. Planta do rés-do-chão

Piso 1:

- Varanda (35,45 m²);
- Quarto (29,57 m²);
- Quarto (19,09 m²);
- Quarto (19,09 m²);
- Quarto (18,86 m²);
- WC (8,60 m²);
- WC (4,55 m²);

- WC (4,55m²);
- WC (4,46 m²)
- Arrumos (6,89 m²);
- Corredor de circulação (30,31 m²);

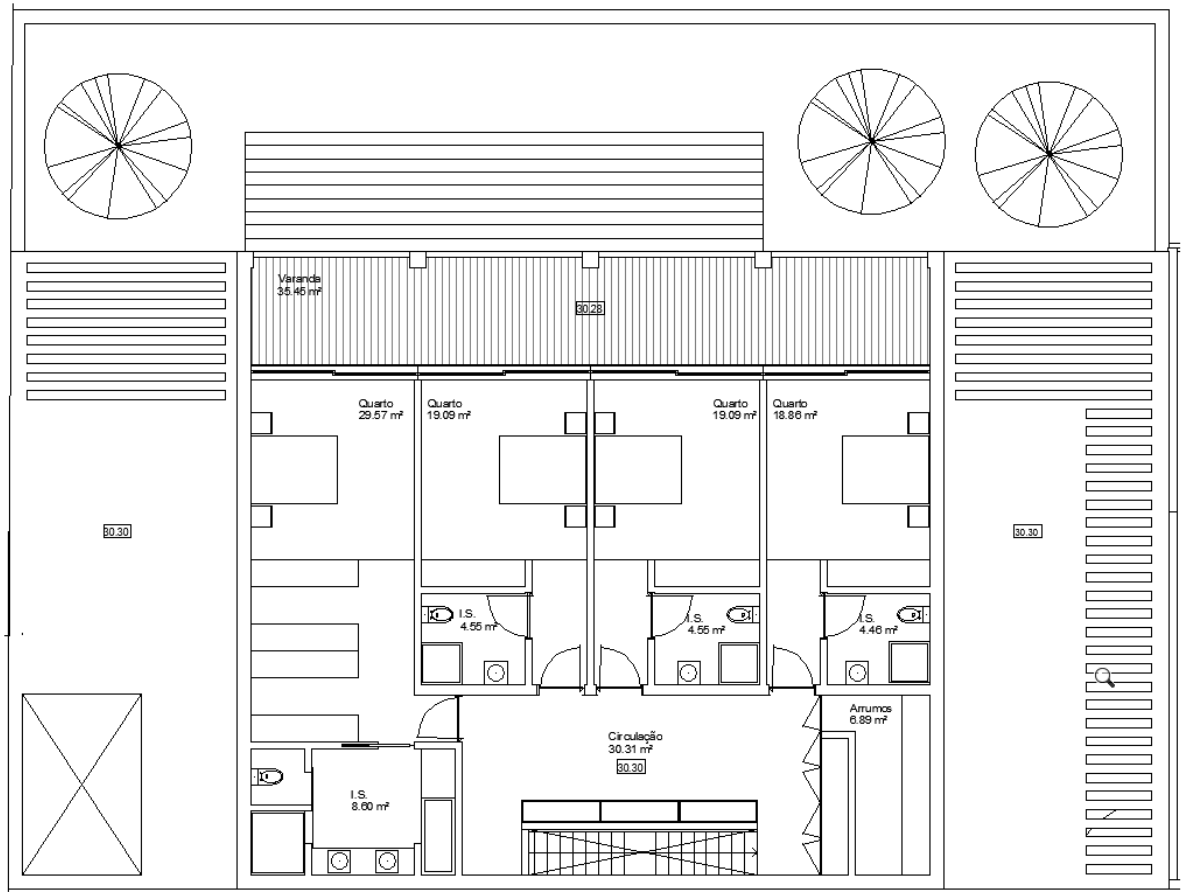


Figura 61. Planta piso 1

Obtendo dessa forma uma área interior de cerca de 374,3 m².

5.4. ANÁLISE DE CONSUMO

Para obter um estudo fiável e o mais próximo da realidade, é necessário começar por definir os consumos energéticos previstos para a habitação.

Com o auxílio do dono de obra, foi possível averiguar quais são os eletrodomésticos e respetivas potências que este optou. De notar, que todos os eletrodomésticos foram escolhidos após uma análise comparativa a diversas etiquetas energéticas.

Dessa análise, resultou a escolha de eletrodomésticos com classe entre A e A+++, conforme se pode verificar pelas diversas etiquetas ilustradas no anexo I.

De seguida, o dono de obra descreveu a rotina diária de todos os futuros utilizadores desta habitação e resultou a seguinte tabela:

Tabela 2. Consumo diário.

Divisão	Equipamento	Horas																		
		0-5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cozinha (W)	Iluminação		15	30											30	30	30	30		
	Placa																2300	2300		
	Forno																3000	3000		
	Exaustor																130	130		
	Microondas		350	350																
	Máquina de lavar loiça																		1875	
	Frigorífico	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149	149
	Aspirador															600				
	Torradeira			425																
	Quarto (x5) (W)	Iluminação		85	170															170
TV			75	150															150	150
Sala TV (W)	Iluminação															10	20			
	TV															15	30			
Sala Estar (W)	Iluminação														5	10				
	TV														15	30				
Sala de refeições (W)	Iluminação																10	5		
	TV																30	15		
Lavandaria (W)	Iluminação			5													5			
	Máq. Lavar roupa			2100	2100												2100	2100		
	Máq. Secar roupa			1100	1100												1100	1100		
	Bomba de calor				1600												1600			
WC (W)	Iluminação			25	50												50			
	Secador			2000													2000			
Restantes Divisões (W)	Iluminação		165	250												250	190	155		
Total (W)		149	839	6754	4999	149	149	149	149	149	149	149	149	149	799	5924	12744	5749	469	149

A tabela anterior mostra o consumo médio diário da habitação em estudo, ou seja, pode-se verificar a potência que cada equipamento consome nas diversas horas do dia.

Observa-se que os períodos de tempo onde se consome maior energia elétrica é nos intervalos de tempo entre as 7 e as 8 horas e entre as 18 e as 22 horas.

Através da tabela seguinte é possível verificar a potência unitária de cada equipamento, bem como a energia diária e anual desses mesmos equipamentos.

Tabela 3. Resumo do consumo diário.

Divisão	Equipamento	Nº horas em funcionamento	Potência unitária (W)	Energia diária (kWh)	Energia anual (kWh)
Cozinha	Iluminação	16,5	10	0,17	60,23
	Placa	1,84	2500	4,6	1679
	Forno	2	3000	6	2190
	Exaustor	2	130	0,26	94,9
	Microondas	1	700	0,7	255,5
	Máquina de lavar loiça	1	1875	1,875	684,375
	Frigorífico	19	149	2,83	1033,32
	Aspiador	1	600	0,6	219
	Torradeira	0,5	850	0,43	155,13
Quarto (x5)	Iluminação	59,5	10	0,60	217,18
	TV	17,5	30	0,53	191,63
Sala TV	Iluminação	3	10	0,03	10,95
	TV	1,5	30	0,05	16,43
Sala Estar	Iluminação	1,5	10	0,02	5,48
	TV	1,5	30	0,05	16,43
Sala de refeições	Iluminação	1,5	10	0,02	5,48
	TV	1,5	30	0,05	16,43
Lavandaria	Iluminação	1	10	0,01	3,65
	Máq. Lavar roupa	4,2	2000	8,4	3066
	Máq. Secar roupa	4	1100	4,4	1606
	Bomba de calor	2	1600	3,2	1168
WC	Iluminação	12,5	10	0,13	45,63
	Secador/Eq. Para cabelo	2	2000	4	1460
Restantes Divisões	Iluminação	101	10	1,01	368,65
TOTAL			16704	39,92	14569,34

Os diagramas de carga põem em evidência a influência da hora, do dia ou da estação do ano sobre as potências vinculadas.

A figura seguinte representa o diagrama de cargas diário previsto para a habitação.

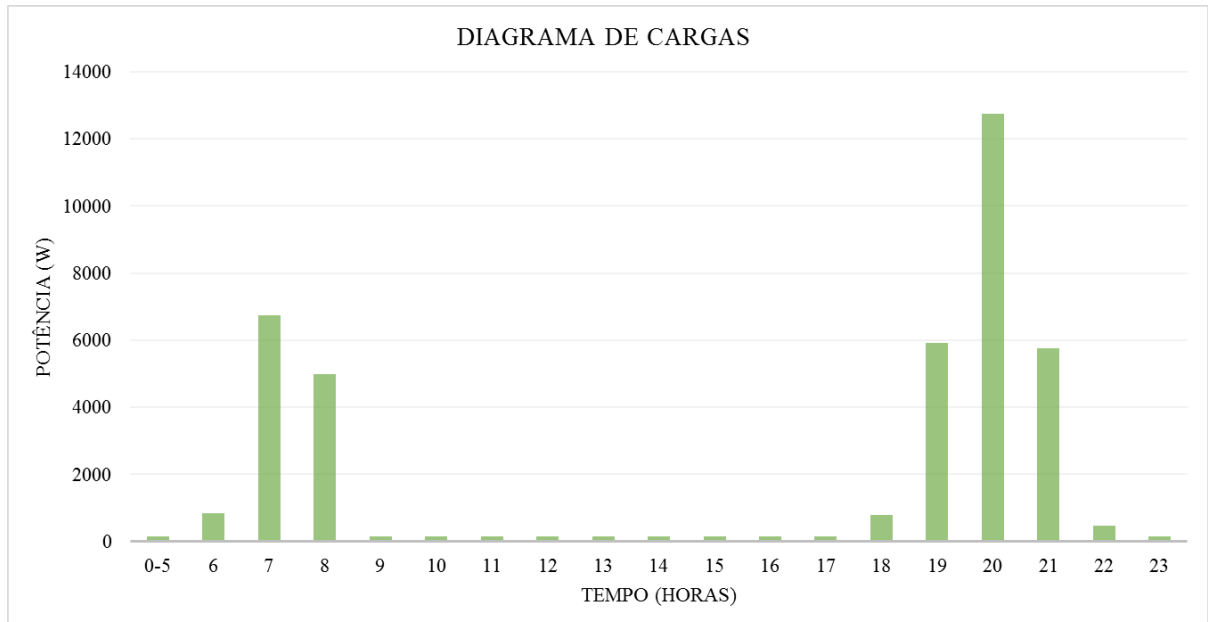


Figura 62. Diagrama de cargas da habitação.

De notar que o diagrama de cargas apresentado pode ser influenciado por diversos fatores:

- Época do ano;
- Dia da semana;
- Condições atmosféricas;
- Ou até mesmo pelos acontecimentos especiais.

Nesse sentido, optou-se por escolher o pior cenário, ou seja, o diagrama de cargas da habitação, descreve todas as atividades feitas num dia de inverno. Dessa forma, garante-se que o sistema de produção de energia renovável da habitação conseguirá suportar os consumos energéticos para a situação mais desfavorável.

Com auxílio ao gráfico seguinte, é possível ainda determinar a energia diária, ou seja:

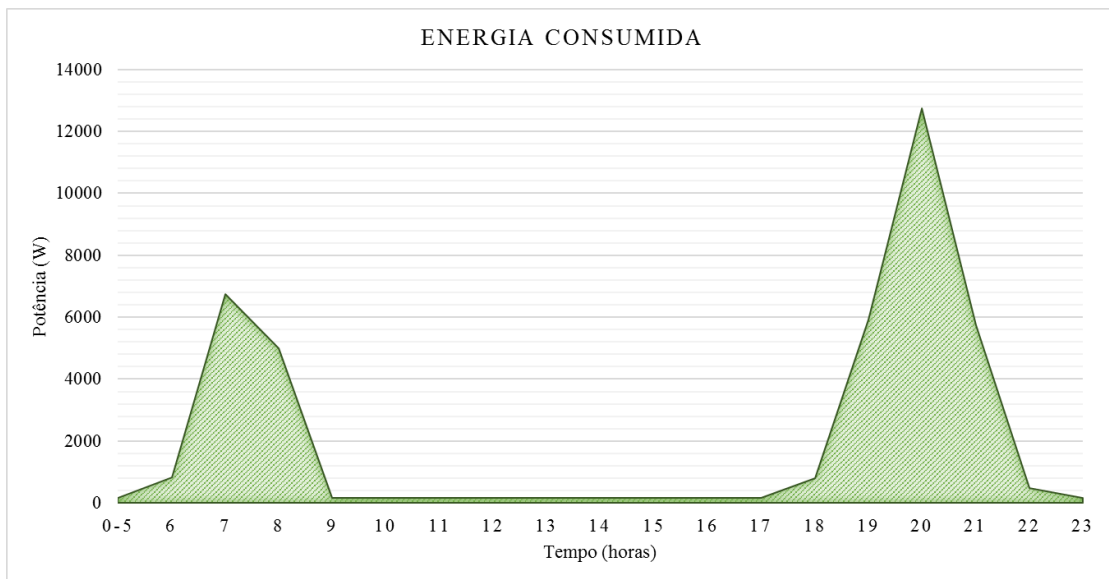


Figura 63. Energia consumida.

A área do gráfico representado corresponde à energia eléctrica consumida.

$$E = \int_0^{23} P(t)dt \quad (19)$$

Onde,

E: Energia eléctrica (Wh);

P(t): Potência em função do tempo (W).

5.4.1. POTÊNCIA NECESSÁRIA

Para determinar a potência necessária para a habitação não basta apenas ter em consideração a potência dos equipamentos instalados, é necessário saber a forma como serão utilizados, ou seja, é necessário ter em conta a simultaneidade desses mesmos equipamentos.

A tabela seguinte mostra os equipamentos que se encontram a funcionar em simultâneo no cenário diurno:

Tabela 4. Equipamentos que funcionam em simultâneo no cenário diurno.

Equipamento	Quantidade
Lâmpadas	24
Cilindro	1
Máquina de lavar roupa	1
Máquina de secar roupa	1
Micro-ondas	1
Torradeira	1
Frigorífico	1
Secador de cabelo	1
Televisão	7

A tabela seguinte mostra os equipamentos que se encontram a funcionar em simultâneo no cenário noturno:

Tabela 5. Equipamentos que funcionam em simultâneo no cenário noturno.

Equipamento	Quantidade
Lâmpadas	29
Cilindro	1
Máquina de lavar roupa	1
Máquina de secar roupa	1
Micro-ondas	1
Torradeira	1
Frigorífico	1
Secador de cabelo	1
Forno	1
Placa	1
Exaustor	1
Secador de cabelo	1
Computador	1
Televisão	2

Através do simulador de potência a contratar da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), verificou-se que a potência necessária para o pior cenário (noturno) é de 13,8 kVA, conforme se pode verificar pelo anexo II.

Conclui-se desta forma que os sistemas produtores de energia renovável, têm de ser dimensionados de forma a responder a esta necessidade de 13,8kVA.

5.5. SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema fotovoltaico será instalado na cobertura do edifício, situado nas coordenadas 41°5'3.321''N e 8°39'3.433''O.

O procedimento de sistemas fotovoltaicos isolados é o seguinte:

- Determinar a energia diária a fornecer aos consumos (Wh);
- Calcular a capacidade diária de energia do gerador (Wh);
- Determinar a potência do gerador FV;
- Determinar a solução e distribuição dos painéis;
- Escolha do regulador de carga;
- Escolha do inversor (tendo em conta o sistema eólico);
- Dimensionar a bateria de acumuladores (tendo em conta o sistema eólico).

5.5.1. ANÁLISE DA REGIÃO DA INSTALAÇÃO

Antes de se proceder ao dimensionamento do sistema fotovoltaico é necessário ter conhecimento de diversos dados fulcrais para o desenvolvimento do mesmo.

Para obter esses dados, utilizou-se o *software PVGIS*, e através das coordenadas geográficas da habitação foi possível adquirir a seguinte informação:

Tabela 6. Informação obtida através do PVGIS [41].

Optimal inclination angle is: 37 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	Hh	Hopt	H(90)	lopt	T24h	NDD
Jan	2000	3530	3570	64	9.6	228
Feb	3100	4840	4400	57	9.4	192
Mar	4690	6010	4490	44	12.1	113
Apr	5700	6210	3540	28	14.4	113
May	6810	6550	2880	16	16.4	34
Jun	7360	6660	2500	7	18.8	4
Jul	7360	6850	2720	11	20.4	1
Aug	6620	6880	3460	23	20.6	2
Sep	5280	6520	4410	39	19.8	21
Oct	3580	5190	4390	53	17.1	75
Nov	2310	3950	3890	63	12.6	201
Dec	1760	3280	3430	67	10.5	226
Year	4720	5540	3630	37	15.1	1210

Hh: Irradiation on horizontal plane (Wh/m²/day)

Hopt: Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m²/day)

H(90): Irradiation on plane at angle: 90deg. (Wh/m²/day)

lopt: Optimal inclination (deg.)

T24h: 24 hour average of temperature (°C)

NDD: Number of heating degree-days (-)

Analisando a tabela anterior, verifica-se que o mês com maior disponibilidade de radiação solar é agosto, obtendo 6.880 Wh/m²/dia e o mês com menor disponibilidade de radiação solar é dezembro, obtendo 3.280 Wh/m²/dia.

No entanto, no mês de maior disponibilidade de radiação solar (agosto), existe a possibilidade de sobreaquecimento do gerador fotovoltaico.

Verifica-se também que a inclinação mais adequada são 37°.

5.5.1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

5.5.1.1. DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR E DETERMINAÇÃO DAS PERDAS

Quando se dimensiona qualquer sistema produtor de energia, deve-se não só ter em atenção as cargas a alimentar, mas também as perdas do sistema.

As principais perdas do sistema são:

- Perdas no inversor;
- Perdas na cablagem do sistema.

O dimensionamento do inversor depende da produção do sistema, ele é diretamente proporcional a potência nominal do sistema [40].

No entanto, para dimensionar o inversor, deve-se ter em conta a potência do sistema fotovoltaico e do eólico, uma vez que o sistema total é composto por um único inversor. A potência do inversor deverá ficar compreendida no intervalo seguinte:

$$0,7 * P_{sistema} < P_{INV} < 1,2 * P_{sistema} \quad (20)$$

Onde,

$P_{sistema}$: soma da potência do sistema eólico e do sistema fotovoltaico.

P_{INV} : potência do inversor.

Além desta condição, outros fatores foram tidos em conta na seleção do inversor:

- Possuir MPPT;
- A possibilidade de assistência técnica;
- A tensão de entrada do inversor deve ser superior à tensão de circuito aberto do painel fotovoltaico;
- A temperatura de operação.

Portanto o inversor escolhido é TLS-ZB 12 kW da marca Zhejiang Tress Electronic Technology [42]. Este equipamento possui um MPPT e um rendimento de 96,4%.

As perdas do sistema são designadas por K_1 :

- $K_{inversor} \cong \eta_{inv} \cong 0,964$
- $K_{cablagem} \cong 1 - perdas_{cabo} \cong 1 - 0,03 = 0,97$

$$K_1 = K_{cablagem} * K_{inversor} \quad (21)$$

Onde,

η_{inv} : rendimento do inversor;

5.5.1.2. POTÊNCIA DO GERADOR FOTOVOLTAICO

Conforme foi mencionado anteriormente, o gerador fotovoltaico deverá ser devidamente dimensionado de maneira a responder às necessidades dos consumos diários de energia elétrica.

O dimensionamento do sistema deverá ser feito tendo em conta o mês com menor disponibilidade de radiação solar, ou seja, para o mês de dezembro com 3.280 Wh/m²/dia, uma vez que desta forma, consegue-se garantir a funcionalidade do sistema para o pior cenário.

$$P_{FV} = \frac{E}{K_1 * K_c} \quad (22)$$

Onde,

P_{FV} : corresponde à capacidade diária de produção do gerador FV, em W;

E: corresponde à energia diária consumida na habitação, em Wph;

K_c : é o fator de correção que corresponde ao número de horas equivalentes de insolação padrão de 1.000 W/m² ($F_c=3,28$ h/dia a 1000 W/m²).

Tabela 7. Determinação da potência do gerador fotovoltaico.

<i>Potência do Gerador Fotovoltaico</i>	
E (kWh)	39,82
K1	0,935
Kc	3,28
P_{FV} (kWh)	12,98

5.5.1.3. NÚMERO DE MÓDULOS

No presente estudo, optou-se pela gama de módulos Kyocera KD325GX-LFB (325W) da marca SolarDesignTool [43]. A escolha destes módulos, deve-se ao facto de a marca comercializadora ter um histórico de confiança e fiabilidade e fabricar painéis com potência superior aos comercializados na maior parte do mercado, acarretando um menor número de painéis e menor área ocupada para responder às necessidades dos consumos energéticos.

Através da informação descrita na ficha técnica dos módulos, consegue-se verificar as seguintes características dos módulos:

- $P_{MPP} = 325 \text{ W};$
- $U_{MPP} = 40,3 \text{ V};$

Através da expressão seguinte, consegue-se determinar o número de módulos:

$$n_{\text{mód}} \geq \frac{P_{FV}}{P_{MPP} \text{ (kWp)}} \quad (23)$$

Tabela 8. Quantidade de módulos do sistema.

<i>Número de Módulos</i>	
$P_{FV} \text{ (kWp)}$	12,98
$P_{MPP} \text{ (kWp)}$	0,325
$n_{\text{mód}}$	40

Através da tabela 9, verifica-se que o sistema fotovoltaico será constituído por 40 módulos.

5.5.1.4. NÚMERO MÍNIMO E MÁXIMO DE MÓDULOS POR FILEIRA

O funcionamento dos módulos situa-se entre as temperaturas de -10°C e 50°C .

$$U_{MPP}(50^{\circ}\text{C}) = \left(1 + \frac{\Delta T * \Delta U}{100}\right) * U_{MPP}(25^{\circ}\text{C}) \quad (24)$$

$$U_{MPP}(-10^{\circ}C) = \left(1 + \frac{\Delta T * \Delta U}{100}\right) * U_{MPP}(25^{\circ}C) \quad (25)$$

Onde,

ΔT : corresponde à máxima diferença de temperatura admissível pelo módulo e a temperatura em condições STC;

ΔU : corresponde coeficiente de temperatura (esta informação encontra-se na ficha técnica do módulo, ou seja, -0,179V/K);

Através da expressão seguinte, consegue-se determinar o número mínimo de módulos:

$$n_{\min_mód} \geq \frac{U_{\min_inv}}{U_{MPP}(50^{\circ}C)} \quad (26)$$

Onde,

U_{\min_inv} : corresponde ao valor mínimo de tensão do inversor;

Através da expressão seguinte, consegue-se determinar o número máximo de módulos:

$$n_{\max_mód} \leq \frac{U_{\max_inv}}{U_{MPP}(-10^{\circ}C)} \quad (27)$$

Onde,

U_{\max_inv} : corresponde ao valor máximo de tensão do inversor em DC;

Tabela 9. Determinação do número mínimo e máximo de módulos por fileira.

<i>Número mínimo de módulos por fileiras</i>		<i>Número máximo de módulos por fileiras</i>	
$\Delta T (50^{\circ}C)$	25	$\Delta T (-10^{\circ}C)$	-35
ΔU	-0,179	ΔU	-0,179
$U_{MPP}(25^{\circ}C)$ V	40,3	$U_{MPP}(25^{\circ}C)$ V	40,3
$U_{MPP}(50^{\circ}C)$ V	38,50	$U_{MPP}(-10^{\circ}C)$ V	42,82
U_{\min_inv}	200,00	U_{\max_inv}	500,00
$n_{\min_mód}$	5,20	$n_{\max_mód}$	11,68

Analisando os valores obtidos através da tabela anterior, verifica-se que o número de módulos por fileira deverá ficar contido no intervalo [6;11].

5.5.1.5. NÚMERO MÁXIMO DE FILEIRAS EM PARALELO

O número máximo de fileiras em paralelo é dado pela expressão seguinte:

$$n_{fil//} \leq \frac{I_{m\acute{a}x_inv} (A)}{I_{m\acute{a}x_fil}} \quad (28)$$

Onde,

$I_{m\acute{a}x_inv}$: corresponde ao valor máximo de corrente do inversor;

$I_{m\acute{a}x_fil}$: corresponde ao valor máximo de corrente por fileira (esta informação encontra-se na ficha técnica do módulo);

Tabela 10. Determinação do número máximo de fileiras em paralelo.

<i>Número máximo de fileiras em paralelo</i>	
$I_{m\acute{a}x_inv} (A)$	54
$I_{m\acute{a}x_fil}$	8,07
$n_{fil//}$	6,69

Analisando o valor obtido da tabela anterior, verifica-se que no máximo poderá existir 6 fileiras em paralelo.

5.5.1.6. SOLUÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Posto isto, e tendo em conta os cálculos realizados, pode-se verificar a solução:

- São necessários 40 módulos para responder às necessidades dos consumos diários;
- Prevê-se dessa forma, a instalação 4 fileiras com 10 módulos cada, cumprindo desta forma as especificações do número mínimo/máximo de módulos por fileiras e não excedendo o número máximo de fileiras em paralelo;
- Os cabos a utilizar na instalação foram devidamente dimensionados tendo em conta as Regras Técnicas de Instalações em Baixa Tensão (RTIEBT), conforme os cálculos em anexo (anexo V);
- Para a fixação dos módulos fotovoltaicos, estão previstas a instalação de estruturas em alumínio, capazes de assegurar a correta fixação dos módulos e de suportar as forças do vento;

- O anexo V, representa a localização de todo o equipamento do sistema fotovoltaico e o seu esquema elétrico. As baterias ficarão instaladas na área técnica situada na cave.

Tabela 11. Análise da solução preconizada.

Potência total a instalar	12,98 kWp
Número de módulos	40 un.
Potência máxima dos módulos	325 W
Potência do inversor	12 kW
Número de inversores	1 un.
Dimensões do módulo	1,662 x 1,320 x 46 mm
Área ocupada por módulo	2,19 m ²
Área total dos módulos	89,79 m ²

5.6. SISTEMA EÓLICO

Para dimensionar o sistema eólico é necessário ter uma estimativa da velocidade do vento para a região onde o sistema irá ser instalado, uma vez que a produção de energia elétrica a partir de um sistema eólico depende fortemente da velocidade do vento.

Dessa forma, recorreu-se ao histórico de meteorologia fornecido pela estação meteorológica do ISEP (estação mais próxima da habitação que disponibiliza informação necessária para o estudo do vento). Conforme se pode verificar pelo anexo IV, recolheu-se as velocidades do vento para o período de um ano (maio de 2016 a abril de 2017), onde se pode verificar a velocidade média do vento em cada dia dos diversos meses.

Após análise desses valores, verifica-se que a velocidade média do vento para o período em estudo, varia entre os 0 m/s (no mês de novembro) e os 13,7 m/s (no mês de fevereiro).

Verifica-se também que o mês com velocidade média do vento inferior é setembro de 2016 (atingindo apenas uma velocidade média de 2,02 m/s) e o mês com velocidade média superior é março de 2017 (atingindo uma velocidade média de 3,97 m/s).

A figura 64 ilustra a evolução da velocidade média do vento ao longo do período de tempo escolhido, de notar que os meses que apresentam maior velocidade de vento são os meses de inverno.

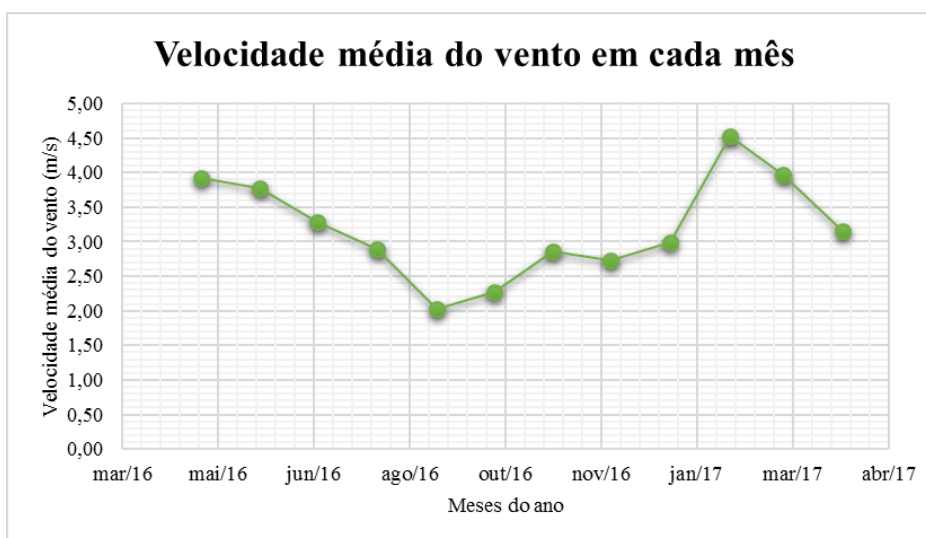


Figura 64. Velocidade média do vento em cada mês, desde maio de 2016 a abril de 2017.

As figuras 65 e 66, ilustram a evolução da velocidade média do vento dos meses com menor e maior velocidade de vento, respetivamente.

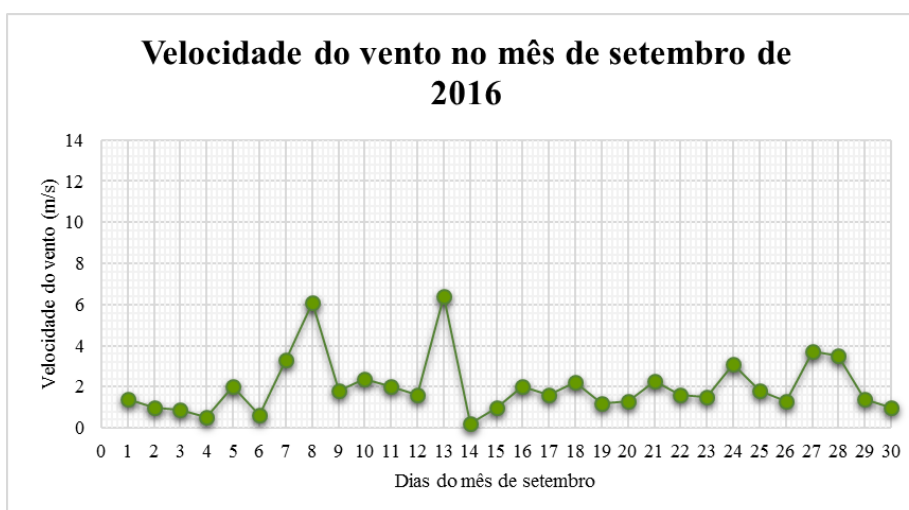


Figura 65. Velocidade média do vento para o mês de setembro de 2016.

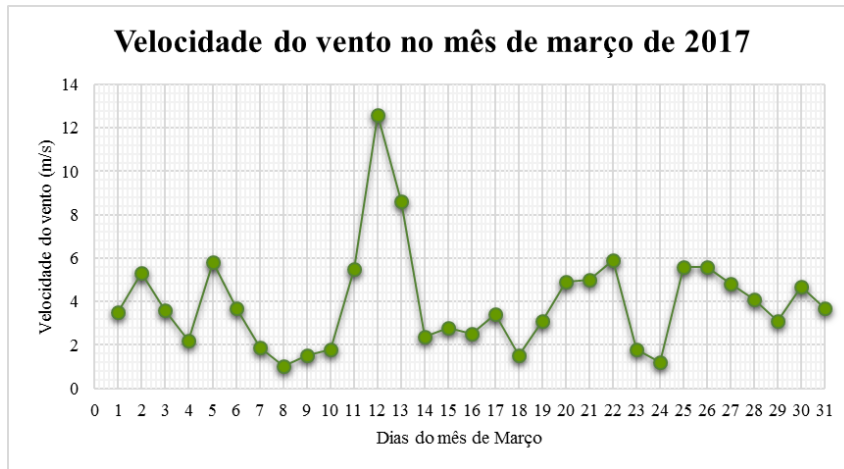


Figura 66. Velocidade média do vento para o mês de março de 2017.

5.6.1. DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL E DISTRIBUIÇÃO DE RAYLEIGH

Como é do conhecimento comum, o vento é um recurso pouco controlável e muito imprevisível.

Para tentar combater e contornar este problema, recorreu-se a distribuições probabilísticas, em que os registos de densidade de probabilidade ganham maior relevância se puderem ser descritos por expressões analíticas. A distribuição probabilística que mais se adequa é a Distribuição de *Weibull*, uma vez que é a distribuição que conduz às representações mais aproximadas do vento real num determinado local, em que a sua função densidade de probabilidade é caracterizada pela seguinte expressão [38]:

$$f(u) = \frac{k}{c} \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \exp\left\{-\left[\left(\frac{u}{c}\right)^k\right]\right\} \quad (29)$$

Onde,

u: velocidade do vento;

c: parâmetro de escala, com as dimensões de velocidade;

k: parâmetro de forma, sem dimensões.

No entanto, como existe uma insuficiência de dados, ou seja, a informação disponível indica apenas a velocidade média anual do vento, assume-se que $K=2$ e dessa forma, a distribuição biparamétrica de *Weibull* reduz-se à distribuição uniparamétrica de *Rayleigh*, ou seja [38]:

$$e = \frac{u_{ma}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{2}\right)} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} u_{ma} \quad (30)$$

Onde,

u_{ma} : velocidade média anual;

Substituindo na equação 29, obtém-se:

$$f(u) = \frac{\sqrt{\pi}}{u_{ma}} \frac{u\sqrt{\pi}}{2u_{ma}} \exp\left\{-\left[\left(\frac{u\sqrt{\pi}}{2u_{ma}}\right)^2\right]\right\} \quad (31)$$

Simplificando, obtém-se a função densidade de probabilidade de *Rayleigh*:

$$f(u) = \frac{\pi}{2} \frac{u}{u_{ma}^2} \exp\left[-\frac{\pi}{4} \left(\frac{u}{u_{ma}}\right)^2\right] \quad (32)$$

Através dos dados fornecidos no anexo IV, verifica-se que a velocidade média anual é de 3,16 m/s. Dessa forma, efetuou-se uma distribuição de *Rayleigh* tendo em conta esse mesmo valor da velocidade média anual e o intervalo de velocidades considerado (0 m/s a 16 m/s):

Na tabela 13 observa-se o resultado da função densidade de probabilidade de *Rayleigh* para as diversas velocidades consideradas (0 m/s a 16 m/s):

Tabela 12. Determinação de $f(u)$ a partir da distribuição de Rayleigh.

u (m/s)	$f(u)$	u (m/s)	$f(u)$
0	0,000	9	0,002
1	0,145	10	0,001
2	0,230	11	0,000
3	0,232	12	0,000
4	0,179	13	0,000
5	0,110	14	0,000
6	0,056	15	0,000
7	0,023	16	0,000
8	0,008		

A figura seguinte, ilustra a função densidade de probabilidade de *Rayleigh* para o presente caso de estudo.

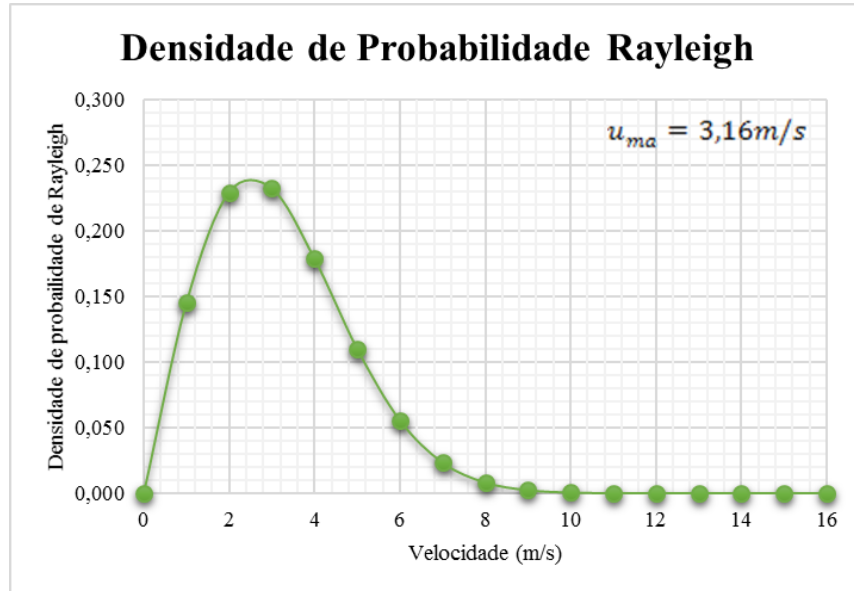


Figura 67. Densidade de probabilidade de *Rayleigh* para uma velocidade média anual de 3,16 m/s.

Através da tabela e da figura anterior, verifica-se que a velocidade para a qual ocorre uma maior densidade de probabilidade de *Rayleigh* é aos 3 m/s, obtendo uma densidade de probabilidade de 0,232. A probabilidade de velocidades de vento superiores a 10 m/s é nula, uma vez que só existe probabilidade de ocorrência de vento entre 1 m/s e 10 m/s.

5.6.2. DIMENSIONAMENTO DA TURBINA

O correto dimensionamento da turbina é fundamental para um sistema viável e eficiente, portanto devem ser tidos em conta diversos fatores, tais como, curva característica da máquina, a sua finalidade (doméstica, urbanizações e pequenas empresas, grandes urbanizações, entre outros), a potência de saída e a estabilidade do vento.

O tipo de turbina que mais se adequa para a presente instalação é a turbina de eixo vertical, apesar de ser menos eficiente que as turbinas de eixo horizontal, não necessitam de sistemas de controlo

direção das pás, funciona com menores velocidades de vento (este tipo de turbina apresenta maior binário a baixas velocidades de vento) e possuem um menor custo.

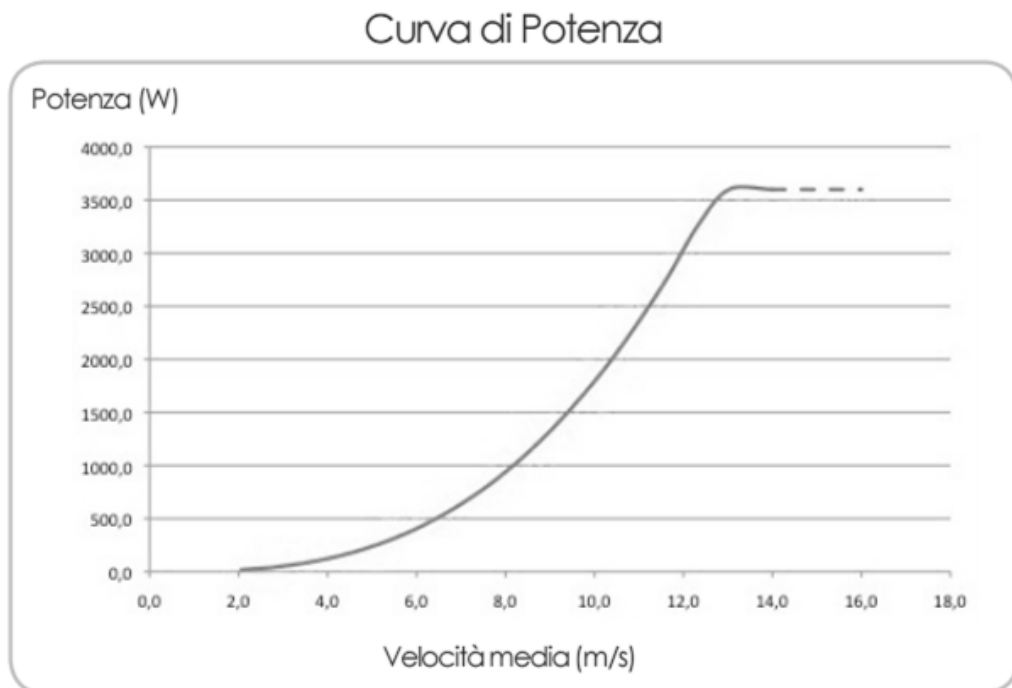
Para a escolha da turbina foi tido em conta a curva característica da mesma, curva que relaciona a potência com a velocidade média do vento.

Através desta curva característica da turbina é possível analisar três aspetos fundamentais:

- Velocidade *cut-in*: corresponde à velocidade necessária para que o rotor da turbina entre em movimento (velocidade mínima);
- Velocidade *cut-out*: corresponde à velocidade de vento que é de tal forma elevada, que a turbina é desligada, por questões de segurança (velocidade máxima);
- Velocidade *rated output*: corresponde à velocidade nominal do vento;

A turbina escolhida para o presente projeto é a turbina de eixo vertical SKYLINE SL-30 3kW da marca En-eco [44].

Conforme se pode verificar pelo gráfico seguinte, a velocidade de vento necessária para que o rotor da turbina entre movimento é de apenas 2m/s (*cut-in speed*), sendo essa velocidade inferior à velocidade de maior probabilidade de ocorrência para o local da instalação (3m/s).



Curva nominale ricavata in condizioni di regimi costanti di vento.
I valori riportati sono riferiti alle potenze elettriche generate dalla turbina.

Figura 68. Curva característica da turbina SKYLINE SL-30 3kW da marca En-eco.

A turbina SKYLINE SL-30 3kW possui as seguintes características:

- Potência nominal: 3 kW;
- Velocidade nominal: 12 m/s;
- Velocidade *Cut-in*: 2 m/s;
- Velocidade *Cut-out*: 16 m/s;

5.6.2. DISTRIBUIÇÃO DE PRANDTL

O atrito entre a superfície terrestre e o vento tem como consequência na diminuição da velocidade deste último nas camadas mais baixas, ou seja, a topografia do terreno e a rugosidade do solo, condicionam o perfil de velocidades do terreno que pode ser representado pela expressão seguinte:

$$u(z) = \frac{u_{atrito}}{k} \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad (33)$$

Onde,

z : altura do terreno;

z_0 : comprimento característico da rugosidade;

k : constante de *Von Karman* ($k=0,4$);

u_{atrito} : velocidade de atrito;

Contudo, a velocidade de atrito é difícil de calcular, pelo que na prática, utiliza-se a extrapolação para alturas diferentes de dados medidos a uma altura de referência, através da expressão seguinte:

$$\frac{u(z)}{u(z_R)} = \frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_R}{z_0}\right)} \quad (34)$$

Tendo em conta os dados da tabela seguinte, obteve-se uma velocidade do vento de 3,27 m/s a uma altura de 12 metros.

Tabela 13. Solução da implementação da Lei de Prandtl.

<i>Dados</i>		<i>Velocidade obtida a partir da Lei de Prandtl</i>	
z_R	10,00	}	3,27 m/s
$u(z)$	3,16		
z	12,00		
z_0	0,055		

O valor de z_0 foi obtido a partir de uma das tabelas mais utilizadas para estudos de avaliação de potencial eólico, seguida na elaboração do “Atlas Europeu do Vento”, para o tipo de terreno “Terreno de agricultura com alguma construção e vegetação até 8 m de altura numa distância de 1 km”.

5.6.3. CÁLCULO ENERGÉTICO

A potência elétrica fornecida aos terminais do gerador eólico é determinada foi obtida a partir da curva característica da turbina.

A energia elétrica produzível anualmente, é obtida a partir da expressão seguinte:

$$E_a = 8760 \int_{u_0}^{u_{max}} f(u) P_e(u) du \quad (35)$$

Tabela 14. Valores obtidos para a potência elétrica e a energia produzida anualmente.

u (m/s)	P_e (W)	E_a (kWh)
0	0,000	0,000
1	0,000	0,000
2	25,000	50,285
3	100,000	203,648
4	200,000	313,227
5	300,000	289,460
6	460,000	224,312
7	740,000	151,508
8	1000,000	71,958
9	1450,000	30,846
10	1800,000	9,554
11	2500,000	2,801
12	3000,000	0,601
13	3000,000	0,091
14	3000,000	0,012
15	3000,000	0,001
16	3000,000	0,000
TOTAL	23575,0	1348,3

Efetuando o somatório da energia obtida na tabela anterior (energia desde a velocidade *cut-in* até à velocidade *cut-out*), obtém-se a energia produzida anualmente, sendo esta de aproximadamente 1348 kWh.

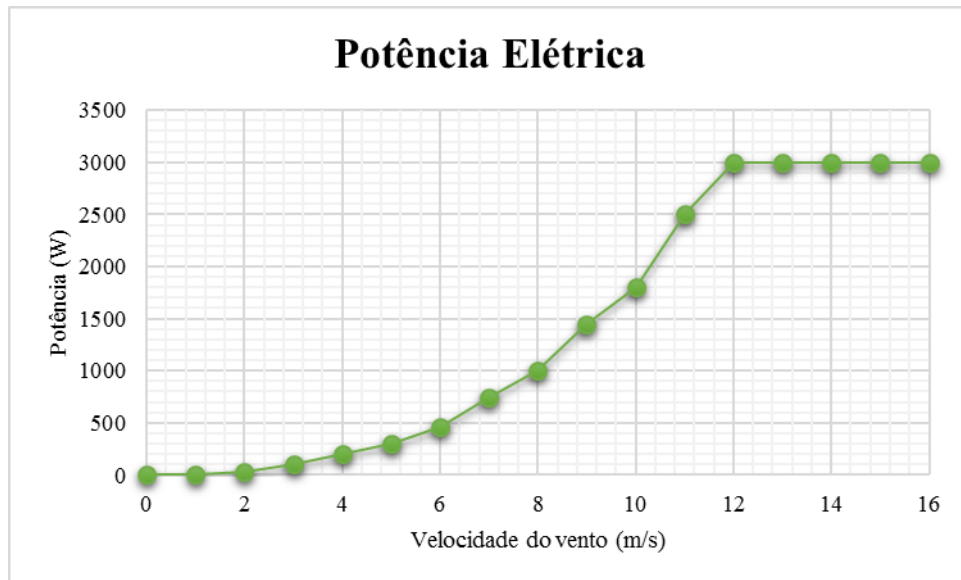


Figura 69. Potência em função da velocidade do vento.

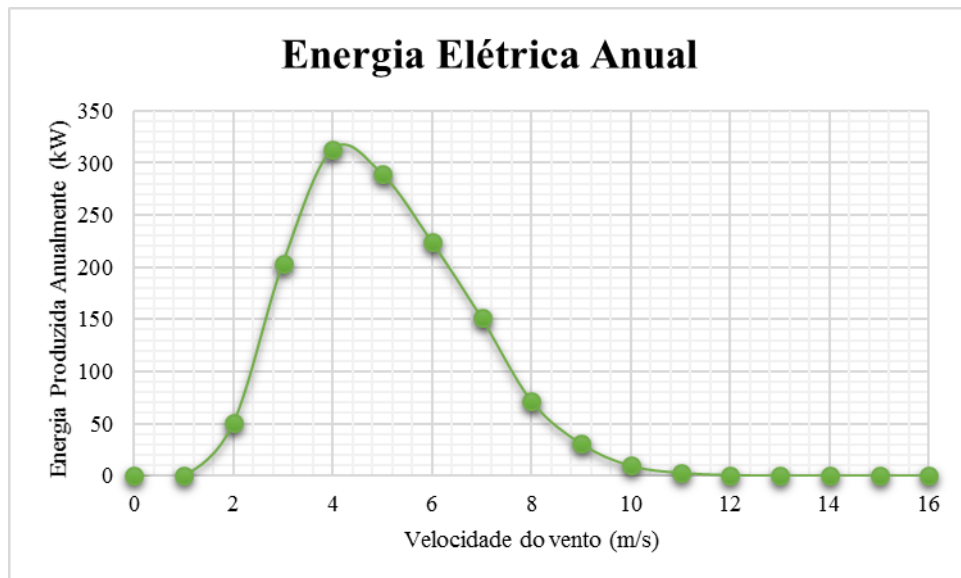


Figura 70. Energia produzida anualmente em função da velocidade do vento.

5.6.4. SOLUÇÃO DO SISTEMA EÓLICO

Posto isto, e tendo em conta os cálculos realizados, pode-se verificar a solução:

Potência total a instalar	3 kW
Altura da torre	12 m
Potência do inversor	12 kW
Número de inversores	1 un.
Diâmetro	3,2 m
Área ocupada	11,2 m ²

5.7. REGULADORES DE CARGA

O regulador de carga é um dos principais constituintes dos sistemas de produção de energia elétrica. Este componente encontra-se situado entre o sistema produtor de energia e o banco de baterias (ou até mesmo a própria carga).

Painéis solares geram eletricidade em corrente contínua, ou seja, fornecem energia polarizada (um pólo é POSITIVO (+) e o outro pólo é NEGATIVO (-)).

A maioria dos painéis solares, são fabricados para atender a uma tensão nominal de 12, 24 ou 48 Volts, mas geram 17 ou 34 Volts quando ligados ao sistema. Por isso o uso de controlador é imprescindível.

O presente projeto necessita de dois reguladores de carga, ou seja, um regulador de carga ficará instalado entre o sistema fotovoltaico e o banco de baterias, e o outro regulador de carga ficará instalado entre o sistema eólico e o banco de baterias.

Para o presente caso de estudo não foi necessário proceder ao dimensionamento uma vez que o fornecedor incluí o regulador de carga na compra dos painéis fotovoltaicos como da turbina.

5.8. QUADROS ELÉTRICOS

Paralelamente ao sistema produtor, para esta instalação são necessários os quadros seguintes:

- Q.DC

- Q.G.PV – Quadro Eléctrico Geral de Fotovoltaicos
- Q.G.I. – Quadro Geral da Instalação (adaptar o quadro da habitação ao sistema produtor)

Os quadros eléctricos devem satisfazer o disposto nas normas EN 60529, EN 50102, e o anexo V da parte 4 das R.T.I.E.B.T., quanto à classe de protecção. Serão do tipo “sistema funcional”, com dimensões adequadas ao número de módulos das respectivas aparelhagens constantes dos esquemas unifilares anexos.

Todos os circuitos de saída serão devidamente identificados através de etiquetas sinaléticas de trafolite.

Nos aparelhos de corte montados no quadro cujo funcionamento não possa ser directamente observado pelo operador, deverá ser claramente indicada a posição de ligado ou desligado. Todas as entradas e saídas dos cabos serão providas de buçins, com sede e porca, de dimensões adequadas ao diâmetro exterior do respetivo cabo.

Considera-se como uma obrigatoriedade do adjudicatário das instalações a colocação na face posterior de uma das portas do quadro eléctrico o seu esquema unifilar, devidamente protegido em invólucro plástico e que represente a versão construtiva final do mesmo, bem como sinalética com perigo de electrocução.

A protecção contra os contactos indirectos deve ser assegurada pela utilização de equipamentos de Classe II ou por isolamento equivalente conforme indicado na secção 413.2 do R.T.I.E.B.T.

As perfurações na parte superior do quadro para saída de cabos devem corresponder não só aos circuitos estabelecidos mas também às possíveis futuras reservas a utilizar, pelo que essas saídas suplementares deverão ser obturadas com buçins tamponados

Todos os quadros estão previstos com espaço de reserva.

As ligações eléctricas entre aparelhagem dentro dos quadros serão realizadas por condutores do tipo H07K-U/R.

A aparelhagem a instalar em cada quadro deverá ter as características indicadas nos desenhos do projeto (que se encontram em anexo) tendo em especial atenção o seu poder de corte que deverá ser superior aos valores respetivos indicados nos desenhos do projeto e folhas de cálculo.

Os quadros elétricos previstos para o presente projeto serão da marca Hager ou equivalente.

5.9. BANCO DE BATERIAS

As baterias são fundamentais para instalações com sistemas isolados, uma vez que através delas consegue-se armazenar a energia elétrica que não é gasta no momento, para ser utilizada nas horas em que o consumo de energia é superior à sua produção. Ou seja, as baterias devem alimentar as cargas, em horas/dias em que a produção de energia, a partir dos sistemas produtores, é escassa.

Este equipamento possui um custo de aquisição bastante elevado, no que se refere a sistemas autónomos/isolados. Além do custo de aquisição, este equipamento ainda necessita de custos de manutenção. Como tal, o dimensionamento e escolha das baterias para este tipo de sistemas deve ser realizado com o máximo rigor, com o intuito de evitar custos excessivos e optar pela bateria que melhor se adequa a cada situação, tendo também em conta o seu ciclo de vida útil.

Conforme se pode verificar no capítulo 4, o tipo de bateria que melhor se adequa a instalações autónomas, são as baterias de gel.

Este tipo de bateria possui um ciclo de vida útil superior, não liberta gases, o invólucro é selado e não necessita de tanta manutenção, uma vez que neste tipo de baterias não é necessário repor os níveis de eletrólito.

De notar que, nem toda a energia armazenada no banco de baterias poderá ser disponibilizada às cargas, uma vez que existem alguns fatores que limitam a energia útil, sendo eles:

- Rendimento da bateria;
- Profundidade de descarga: uma vez que o tempo de vida útil das baterias escolhidas corresponde a uma profundidade de 60% da capacidade nominal, é necessário considerar um aumento de 40% na capacidade nominal do sistema de armazenamento correspondente à capacidade não utilizada;
- Corrente de auto descarga: as perdas provenientes deste fator são desprezíveis, uma vez que possuem um impacto pouco significativo quando as baterias são utilizadas constantemente (quando as baterias ficam em repouso durante longos períodos de tempo, estas perdas devem ser consideradas);

Para determinar a capacidade mínima das baterias, é necessário obter o consumo diário da habitação em amperes-hora (Ah):

$$E_{Ah} = \frac{E}{U_{Bateria}} \quad (36)$$

Onde,

$U_{Bateria}$: corresponde à tensão do banco de baterias.

A capacidade mínima da bateria, $Q_{Bateria}$, pode ser obtida de acordo com a expressão seguinte:

$$Q_{Bateria} = \frac{E_{Ah} * n}{P * k_B} \quad (37)$$

Onde,

n: corresponde ao número de dias de reserva da energia no banco de baterias;

P: corresponde à profundidade de descarga máxima da bateria;

k_B : corresponde à eficiência da bateria.

Normalmente o número de dias de autonomia das baterias costuma variar entre 3 a 5 dias.

Sabendo que as baterias com 3 dias de autonomia possuem um ciclo de vida útil inferior, que as baterias com 5 dias de autonomia tornam-se bastante dispendiosas, e tendo em conta as exigências do dono de obra, optou-se por escolher baterias com 3 dias de autonomia.

Por forma a assegurar a tensão de 24V, terá que ser efetuada uma associação em série das baterias.

Tabela 15. Determinação da capacidade das baterias.

<i>Capacidade das Baterias</i>		
$U_{Bateria}$	48	V
E	39,82	kWh
E_{Ah}	829,58	kWh
n	3	dias
P	0,8	
$Q_{Bateria}$	3274,67	Ah

Para o presente projeto está previsto uma conexão mista das baterias, optando pelas baterias GEL 24V 968Ah BAE C100 [45].

Para se obter a tensão de 48V através de baterias com 12V, é necessário realizar a ligação em série e de seguida proceder à ligação em paralelo para obter a corrente pretendida. Originando dessa forma a instalação 8 baterias de 968Ah e 12V cada (4 grupos de 2 baterias em série, sendo que esses grupos se encontram em paralelo).

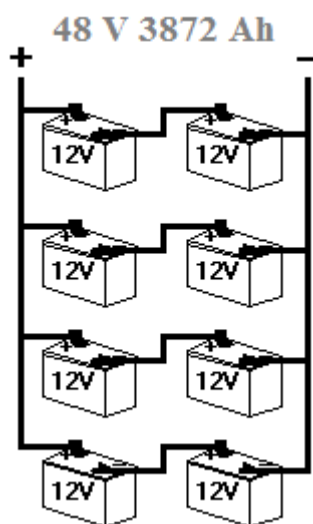


Figura 71. Associação mista das baterias.

Em primeiro lugar, procede-se à realização da ligação em série entre a primeira bateria e a segunda (ou seja, entre o polo positivo de uma e o polo negativo da outra), entre a terceira e a quarta, entre a quinta e a sexta e entre a sétima e a oitava. Assim obtemos quatro grupos de baterias de 968Ah de capacidade e 48V de tensão cada. O passo seguinte será conectar em paralelo os grupos. Para isto ligam-se entre si os polos positivos dos quatro grupos e, por outro lado, os polos negativos; resultando uma ligação como a que se pode verificar na figura anterior. Desta forma obtém-se como resultado o banco de baterias de 3872Ah de capacidade e 48V.

5.10. SISTEMA GEOTÉRMICO

A energia geotérmica a baixa temperatura é aquela que se obtém pela extração do calor da terra.

Esta energia captada regenera-se constantemente pelos efeitos do sol, da chuva e do calor interno da terra. A bomba de calor geotérmica aproveita a temperatura, praticamente constante no subsolo ao longo de todo o ano. Isto permite aquecer a habitação no inverno, arrefece-la no verão e produzir água quente sanitária.

Este tipo de sistema pode ser de captação horizontal ou de captação vertical. Para o presente caso de estudo, optou-se pela captação vertical, uma vez que esta é energeticamente mais eficiente que a instalação horizontal e necessita de uma área de implantação inferior.

A partir de 20 metros de profundidade, a temperatura do subsolo é constante e não depende do dia nem da noite, nem sequer das estações do ano. A 20 m de profundidade a temperatura é da ordem dos 8 a 12°C e cresce 1°C por cada 33 metros mais. As sondas geotérmicas verticais são permutadores de calor, em tubo de polietileno, colocados em furos a uma profundidade da ordem dos 100 metros. Dentro das sondas circula um fluido que capta a energia do furo. [17]

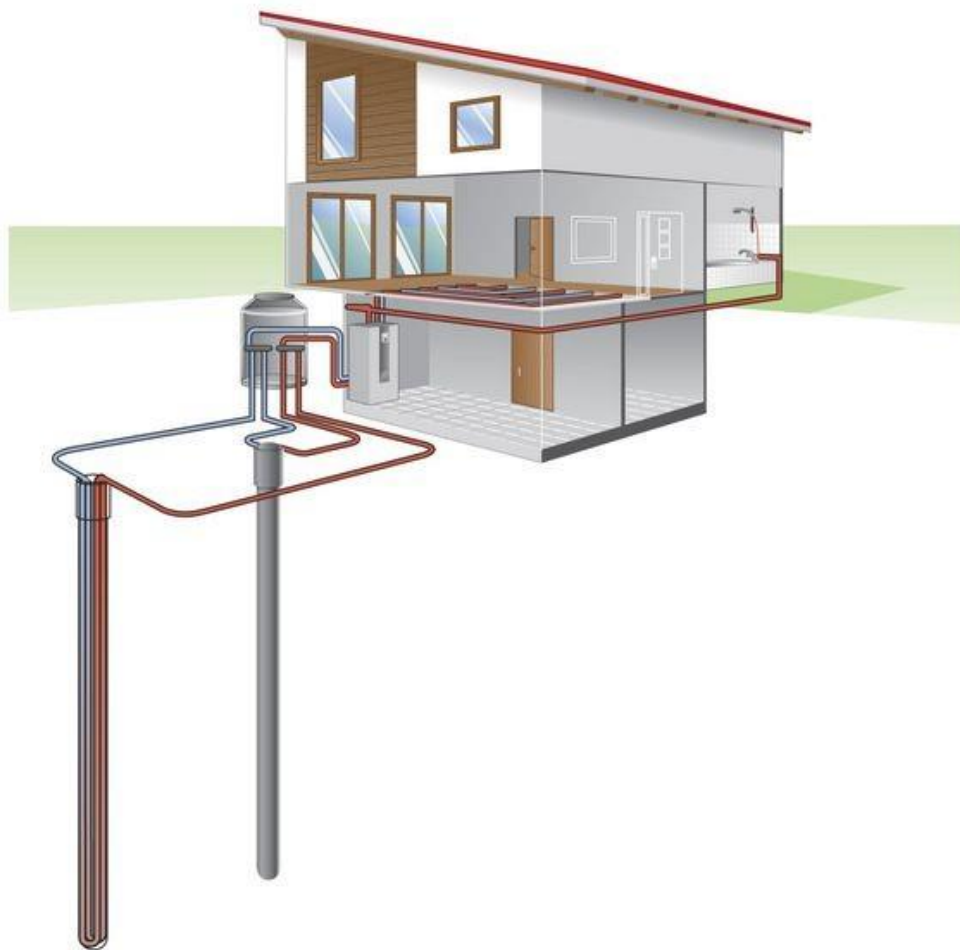


Figura 72. Sistema geotérmico de captação vertical. [17]

O sistema geotérmico previsto para a habitação é constituído pela bomba de calor da série Alira Split BWP 1,6 kW da marca alpha innotec [46].

Esta bomba de calor como um gerador de calor altamente eficiente apoia a ideia de sustentabilidade ecológica. Através do uso inteligente do solo e água, a bomba de calor contribui ativamente para a proteção do meio ambiente e ao mesmo tempo faz com que o utilizador, seja independente de combustíveis fósseis e fontes de energia finitas para aquecimento e arrefecimento.

A figura seguinte descreve o princípio de funcionamento da bomba de calor:

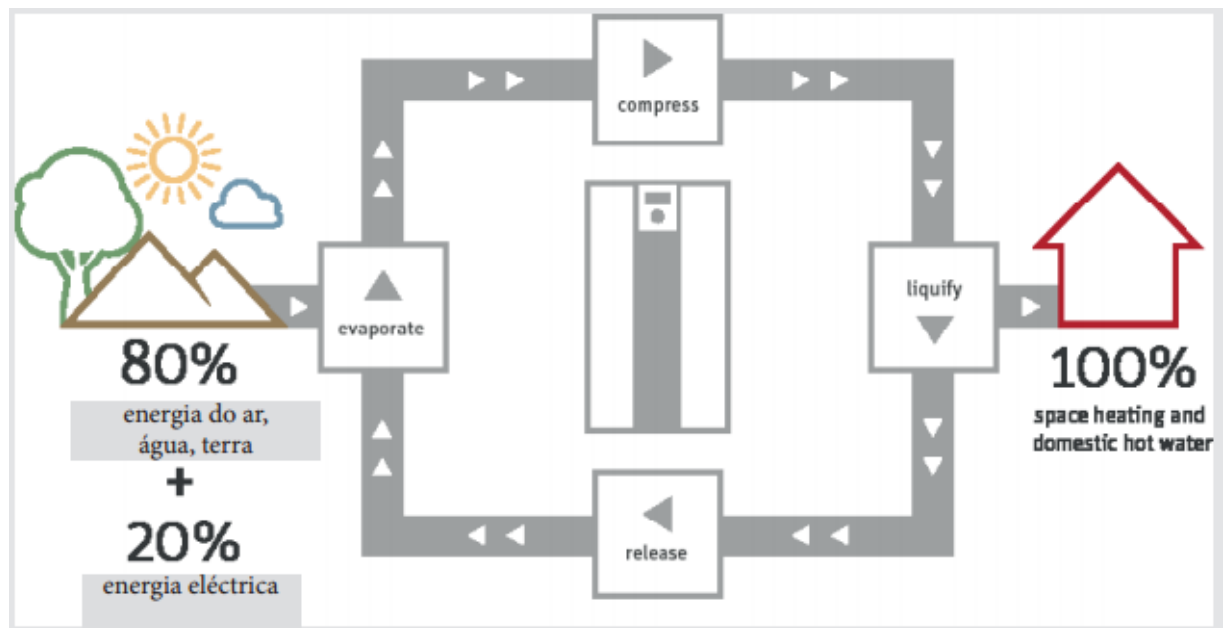


Figura 73. Princípio de funcionamento da bomba de calor.

Escolheu-se este equipamento, uma vez que possui diversas vantagens:

- Fácil abordagem da fonte de calor;
- Tecnologia de aquecimento eficiente;
- Aquecimento, arrefecimento e preparação de água doméstica;
- Independência de fornecedores de energia;
- Contribuição ativa para a proteção do meio ambiente;
- Classe energética A.

O funcionamento da bomba de calor de água quente sanitária vai até aos 55° C e será instalada na lavandaria da habitação.

A regulação da temperatura de água quente pode ser feita através dos sensores de temperatura. O invólucro é galvanizado, com pintura eletrostática, insonorizada.

5.11. MATERIAIS A EMPREGAR NA INSTALAÇÃO

Todos os materiais e equipamentos a empregar na instalação devem obedecer às seguintes condições:

- Satisfazer aos Regulamentos e Normas Portuguesas ou na sua falta às da CEI e CENELEC;
- Serem adequados tanto ao local quanto ao ambiente, utilização e modo de instalação;
- Serem adequados à tensão, intensidade e tipo de corrente dos circuitos onde irão ser instalados;
- Todos os materiais metálicos, devem possuir tratamento contra a corrosão;
- Todos os materiais utilizados deverão apresentar marcação CE de conformidade às normas.

5.12. RESUMO

No presente capítulo, foi apresentado o dimensionamento do sistema produtor de energia renovável para uma habitação unifamiliar. Neste capítulo, são também mencionados todos os equipamentos necessários para se obter uma solução funcional e viável.

O capítulo seguinte, analisa a viabilidade do projeto a nível económico e financeiro, perante três cenários expostos.

Capítulo 6

Avaliação Económica dos Investimentos

6.1. SOLUÇÃO DO PROJETO

O presente projeto, visa a criação de um sistema híbrido para uma habitação unifamiliar, com auxílio a um banco de baterias.

O sistema produtor previsto para a instalação será composto por:

- Painéis fotovoltaicos;
- Turbina eólica;
- Regulador de carga para o sistema fotovoltaico;
- Regulador de carga para o sistema eólico;
- Banco de baterias;
- Inversor;
- Sistema geotérmico.

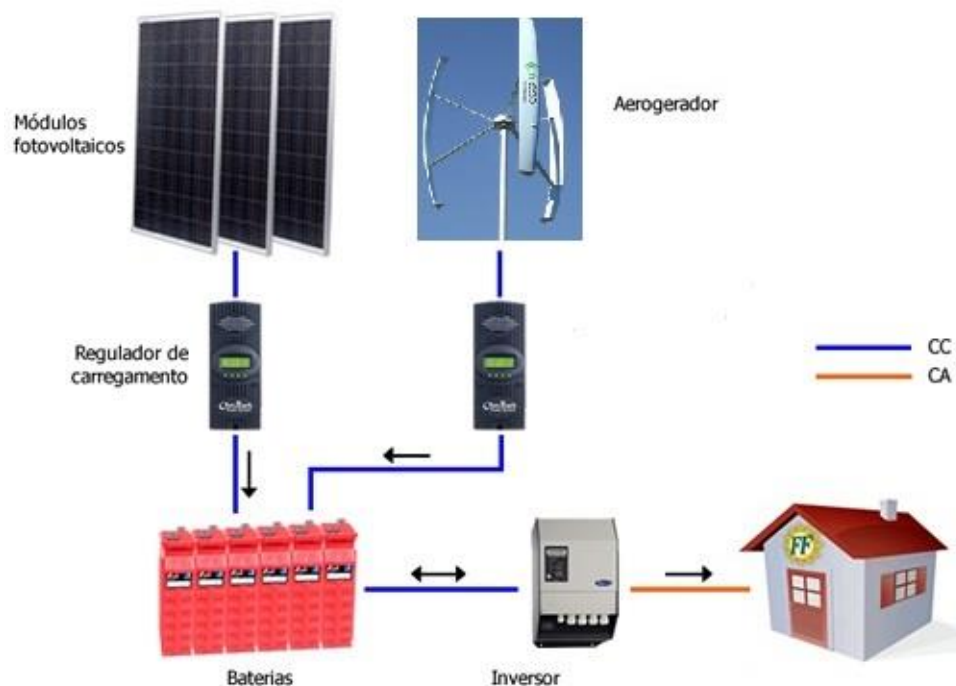


Figura 74. Constituição do sistema de produção de eletricidade previsto para a habitação em estudo.

6.2. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO ECONÓMICA E FINANCEIRA DE PROJETOS DE INVESTIMENTO

Normalmente, os critérios de avaliação económica e financeira de projeto de investimentos são:

- VAL – Valor atualizado líquido;

- *Payback* – Período de recuperação do investimento;
- TIR – Taxa interna de rentabilidade;

Os critérios mencionados são fundamentais para que o investidor decida investir ou não no projeto. No entanto, em situações em que o projeto não seja economicamente rentável, o investidor poderá decidir investir se este lhe proporcionar outros benefícios, nomeadamente, redução da taxa de incidentes, aumento da quota no mercado, entre outros.

Equipamento	Quantidade
Painel Fotovoltaico - Kd325gx-Lfb da Kyocera	40 Unidades
Estrutura de fixação para sistema fotovoltaico	1 Conjunto
Regulador De Carga Para Sistema Fotovoltaico	1 Unidade
Turbina Vertical Skyline S1-30 da En-Eco	1 Unidade
Regulador De Carga Para Sistema Eólico	1 Unidade
Inversor Tls-Zb12kw Da Zhejiang Tress Electronic Technology	1 Unidade
Cablagem Do Sistema	1 Conjunto
Baterias	8 Unidades
Sistema Geotérmico	1 Conjunto

6.2.1. VALOR ATUALIZADO LÍQUIDO

Este critério consiste na atualização da série anual dos *cash-flows* líquidos do projeto para o momento inicial do projeto de investimento, ou seja, para o momento zero. O VAL corresponde ao valor que o projeto representa, numa certa altura do tempo, tendo em conta os parâmetros relativos ao custo temporal do dinheiro.

No cálculo deste critério, é necessário ter em conta o risco do projeto, ou seja, é necessário saber qual o nível de certeza de que serão alcançados os resultados previstos.

Considerando um projeto de investimento com uma vida útil de n anos, o VAL será calculado a partir da expressão seguinte:

$$VAL = \sum_{k=0}^n \frac{CFL_k}{(1+r)^k} + \frac{Vr}{(1+r)^n} \quad (38)$$

Onde,

I: valor do investimento inicial;

Vr: valor residual do projeto;

r: taxa de atualização do investimento;

n: tempo de vida do projeto;

CFL_k : cash-flow líquido do projeto no ano k .

Analisando agora os possíveis resultados do VAL, verifica-se que:

- $VAL > 0$

Significa que o projeto é economicamente rentável, uma vez que permite a recuperação do valor investido e um excedente/lucro para o investidor. Verifica-se também que a taxa de rentabilidade é superior à taxa de atualização.

- $VAL = 0$

Significa que o projeto se encontra na fronteira da rentabilidade. O projeto é economicamente rentável, no entanto, qualquer diminuição de ganhos, torna-o economicamente inviável.

- $VAL < 0$

Significa que o projeto não é economicamente rentável.

6.2.2. PERÍODO DE RECUPERAÇÃO DO INVESTIMENTO

Este critério permite determinar o tempo de recuperação do capital investido, ou seja, o *payback* corresponde ao período de tempo necessário para que o VAL atinja o valor nulo.

As limitações da análise a partir deste indicador são várias, sendo que as principais são a não consideração de fatores fundamentais como a inflação ou os custos de capital. Não deixa, no entanto, de ser um indicador de cálculo expedito e que permite uma primeira aproximação interessante à questão da avaliação de projetos.

6.2.3. TAXA INTERNA DE RENTABILIDADE

A taxa interna de rentabilidade corresponde ao valor de taxa de atualização do investimento, para a qual o VAL é nulo.

$$VAL = \sum_{k=0}^n \frac{CFL_k}{(1+r)^k} + \frac{Vr}{(1+r)^n} = 0 \quad (39)$$

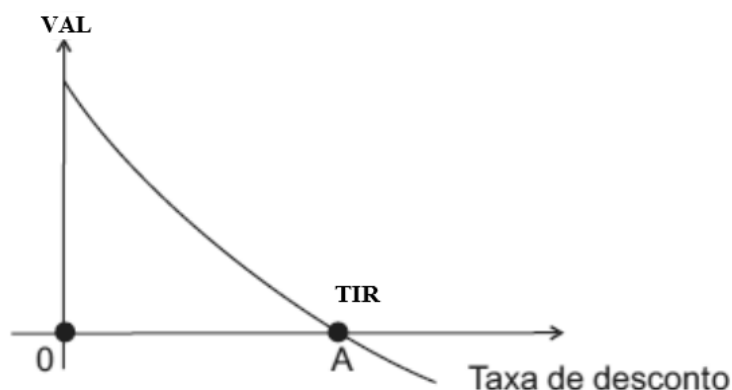


Figura 75. Taxa interna de rentabilidade.

O projeto só tem interesse economicamente se a TIR for superior à taxa de atualização de remuneração dos capitais investidos pretendida (taxa de atualização), ou superior àquela que o investidor teria se aplicasse os seus capitais num investimento similar ou de menor risco

6.3. CENÁRIOS

Tendo em conta a dimensão do projeto, o custo elevado dos equipamentos e a decisão do dono de obra, optou-se por realizar uma análise económica e financeira do projeto para três cenários:

- Cenário 1- O projeto é composto pelo sistema fotovoltaico, sistema geotérmico e pelo sistema eólico;
- Cenário 2- O projeto é composto pelo sistema fotovoltaico e pelo sistema geotérmico, mas não é composto pelo sistema eólico.
- Cenário 3- O projeto é composto apenas pelo sistema fotovoltaico.

Para analisar o presente projeto ao nível financeiro e económico, foi necessário recorrer aos fornecedores para que disponibilizassem o orçamento para os diversos equipamentos necessários ao correto funcionamento do projeto.

6.3.1. CENÁRIO 1

Tabela 16. Investimento inicial – Caso 1.

Equipamento	Quantidade	Preço Total
Sistema Fotovoltaico	1 conjunto	20.075,00€
Sistema Eólico	1 conjunto	14.400,60 €
Inversor Tls-Zb12kw Da Zhejiang Tress Electronic Technology	1 Unidade	8.000,00€
Banco de Baterias	8 Unidades	32.911,04 €
Sistema Geotérmico	1 Conjunto	8.889,00€
Investimento Total		84.275,64€

Tabela 17. Dados para determinar os critérios de avaliação económica – Cenário 1.

<i>Informação Prévia</i>	
Investimento Inicial - Cenário 1	84 275,64 €
Receita anual (constante)	3 140,00 €
Taxa de atualização	4,00%
Valor residual do investimento	0
Despesa manutenção 1,5% do Investimento	0,60%

Tendo em conta a tabela anterior, verifica-se que o investimento inicial necessário para o cenário 1 são de 84.275,64€.

Para determinar o valor da receita anual, foi necessário simular o custo da fatura energética para a presente habitação, caso esta, estivesse ligada à rede elétrica pública e não tivesse instalada

qualquer sistema produtor de energia eléctrica. No anexo III, pode-se verificar o resultado da simulação efetuada a partir do simulador da ERSE “Simulador de Faturação”, optando pela discriminação de contagem simples.

O resultado da simulação apresenta diversos valores, diferenciando os diversos comercializadores e as ofertas tarifárias. Para determinar os critérios de análise económica, optou-se por escolher o comercializador que pratica o melhor preço, ou seja, a Endesa com a oferta tarifária “Tarifa e luz Simples”, acarretando um custo da fatura energética anual de 3.140€.

Após consultar os fornecedores de painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas, verifica-se que as instalações deste tipo, normalmente implicam despesas de manutenção no valor de 0,60% do valor de investimento inicial. Ou seja, tal como se pode verificar através da tabela seguinte, esta instalação terá uma receita anual de 3.140€ (custos evitados) e os custos anuais serão de 505,65€.

De acordo com o Regulamento Específico do Domínio da Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (Orientação Técnica n. º4/2016), a taxa de atualização que se deve aplicar em projetos de eficiência energética é de 4%.

Tabela 18. Receitas e custos anuais, para o período de vida útil do projeto – Cenário 1.

Ano	0	1	2	3	4	5
Investimento	84 275,64 €					
Receita anual		3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais		505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €
Manutenção		505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €

Ano	6	7	8	9	10	11
Investimento						
Receita anual	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €
Manutenção	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €

Ano	12	13	14	15	16	17
Investimento						
Receita anual	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €
Manutenção	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €	505,65 €

Ano	18	19	20
Investimento			
Receita anual	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais	505,65 €	505,65 €	505,65 €
Manutenção	505,65 €	505,65 €	505,65 €

Tabela 19. Cash Flow – Cenário 1.

Ano	0	1	2	3	4
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	-84 275,64 €	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €
Cash Flow anual atualizado	-84 275,64 €	2 533,03 €	2 435,60 €	2 341,92 €	2 251,85 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-84 275,64 €	-81 742,61 €	-79 307,01 €	-76 965,09 €	-74 713,24 €

Ano	5	6	7	8	9
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €
Cash Flow anual atualizado	2 165,24 €	2 081,96 €	2 001,89 €	1 924,89 €	1 850,86 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-72 548,00 €	-70 466,04 €	-68 464,15 €	-66 539,26 €	-64 688,40 €

Ano	10	11	12	13	14
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €
Cash Flow anual atualizado	1 779,67 €	1 711,22 €	1 645,40 €	1 582,12 €	1 521,27 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-62 908,73 €	-61 197,51 €	-59 552,11 €	-57 969,99 €	-56 448,72 €

Ano	15	16	17	18	19
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €	2 634,35 €
Cash Flow anual atualizado	1 462,76 €	1 406,50 €	1 352,40 €	1 300,39 €	1 250,37 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-54 985,96 €	-53 579,46 €	-52 227,06 €	-50 926,67 €	-49 676,30 €

Ano	20
Valor residual	0
Cash Flow anual	2 634,35 €
Cash Flow anual atualizado	1 202,28 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-48 474,02 €

Tabela 20. Resultado da análise económica – Cenário 1.

<i>Critérios Económicos</i>	
VAL	-48.474,02 €
TIR	-4%

Através da tabela 20, verifica-se que o projeto (cenário 1) não é economicamente rentável, uma vez que:

- VAL < 0 - não permite a recuperação do valor investido nem lucro para o investidor;
- TIR < 0 e TIR < Taxa de atualização – uma vez que o VAL é negativo, consequentemente implica que a TIR também seja.

- O investir não consegue recuperar o capital investido dentro do período de vida útil do projeto.

6.3.2. CENÁRIO 2

Equipamento	Quantidade	Preço Total
Sistema Fotovoltaico	1 conjunto	20.075,00€
Inversor Tls-Zb12kw Da Zhejiang Tress Electronic Technology	1 Unidade	8.000,00€
Banco de Baterias	8 Unidades	32.911,04 €
Sistema Geotérmico	1 Conjunto	8.889,00€
Investimento Total		69.875,04€

O cenário 2 possui um menor investimento face ao cenário 1, uma vez que não é contabilizado o investimento do sistema eólico.

Tabela 21. Dados para determinar os critérios de avaliação económica – Cenário 2.

<i>Informação Prévia</i>	
Investimento Inicial - Cenário 2	69 875,04 €
Receita anual (constante)	3 140,00 €
Taxa de atualização	4,00%
Valor residual do investimento	0
Despesa manutenção 1,5% do Investimento	0,60%

Tendo em conta a tabela 21, verifica-se que o investimento inicial necessário para o cenário 2 são de 69.875,04€.

Tabela 22. Receitas e custos anuais, para o período de vida útil do projeto – Cenário 2.

Ano	0	1	2	3	4	5
Investimento	69 875,04 €					
Receita anual		3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais		419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €
Manutenção		419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €

Ano	6	7	8	9	10	11
Investimento						
Receita anual	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €
Manutenção	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €

Ano	12	13	14	15	16	17
Investimento						
Receita anual	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €
Manutenção	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €	419,25 €

Ano	18	19	20
Investimento			
Receita anual	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais	419,25 €	419,25 €	419,25 €
Manutenção	419,25 €	419,25 €	419,25 €

Verifica-se uma redução dos custos anuais face ao cenário 1, uma vez que não são tidos em conta, os custos de manutenção do sistema eólico.

Tabela 23. Cash Flow – Cenário 2.

Ano	0	1	2	3	4
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	-69 875,04 €	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €
Cash Flow anual atualizado	-69 875,04 €	2 616,11 €	2 515,49 €	2 418,74 €	2 325,71 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-69 875,04 €	-67 258,93 €	-64 743,45 €	-62 324,71 €	-59 999,00 €

Ano	5	6	7	8	9
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €
Cash Flow anual atualizado	2 236,26 €	2 150,25 €	2 067,55 €	1 988,03 €	1 911,56 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-57 762,75 €	-55 612,50 €	-53 544,95 €	-51 556,93 €	-49 645,36 €

Ano	10	11	12	13	14
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €
Cash Flow anual atualizado	1 838,04 €	1 767,35 €	1 699,37 €	1 634,01 €	1 571,17 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-47 807,32 €	-46 039,98 €	-44 340,60 €	-42 706,59 €	-41 135,43 €

Ano	15	16	17	18	19
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €	2 720,75 €
Cash Flow anual atualizado	1 510,74 €	1 452,63 €	1 396,76 €	1 343,04 €	1 291,38 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-39 624,69 €	-38 172,06 €	-36 775,30 €	-35 432,26 €	-34 140,88 €

Ano	20
Valor residual	0
Cash Flow anual	2 720,75 €
Cash Flow anual atualizado	1 241,71 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-32 899,16 €

Tabela 24. Resultado da análise económica – Cenário 2.

<i>Critérios Económicos</i>	
VAL	-32 899,16 €
TIR	-2%

Através da tabela anterior, verifica-se que o projeto (cenário 2) não é economicamente rentável, uma vez que:

- VAL < 0 - não permite a recuperação do valor investido nem lucro para o investidor;
- TIR < 0 e TIR < Taxa de atualização – uma vez que o VAL é negativo, consequentemente implica que a TIR também seja.
- O investir não consegue recuperar o capital investido dentro do período de vida útil do projeto.

Em comparação com o cenário 1, verifica-se que o VAL se encontra ligeiramente mais próximo de 0 e a TIR mais próxima da taxa de atualização, no entanto, estes valores não são suficientes para que o projeto seja economicamente rentável.

6.3.3. CENÁRIO 3

Equipamento	Quantidade	Preço Total
Sistema Fotovoltaico	1 conjunto	20.075,00€
Inversor Tls-Zb12kw Da Zhejiang Tress Electronic Technology	1 Unidade	8.000,00€
Banco de Baterias	8 Unidades	32.911,04 €
Investimento Total		60.986,04€

Tabela 25. Dados para determinar os critérios de avaliação económica – Cenário 3.

<i>Informação Prévia</i>	
Investimento Inicial - Cenário 3	60 986,04 €
Receita anual (constante)	3 140,00 €
Taxa de atualização	4,00%
Valor residual do investimento	0
Despesa manutenção 1,5% do Investimento	0,60%

Tendo em conta a tabela 25, verifica-se que o investimento inicial necessário para o cenário 3 são de 60.986,04€.

Tabela 26. Receitas e custos anuais, para o período de vida útil do projeto – Cenário 3.

Ano	0	1	2	3	4	5
Investimento	60 986,04 €					
Receita anual		3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais		365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €
Manutenção		365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €

Ano	6	7	8	9	10	11
Investimento						
Receita anual	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €
Manutenção	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €

Ano	12	13	14	15	16	17
Investimento						
Receita anual	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €
Manutenção	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €	365,92 €

Ano	18	19	20
Investimento			
Receita anual	3 140,00 €	3 140,00 €	3 140,00 €
Custos anuais	365,92 €	365,92 €	365,92 €
Manutenção	365,92 €	365,92 €	365,92 €

Verifica-se uma redução dos custos anuais face ao cenário 1 e ao cenário 2, uma vez que não são tidos em conta, os custos de manutenção do sistema eólico e do sistema geotérmico.

Tabela 27. Cash Flow – Cenário 3.

Ano	0	1	2	3	4
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	-60 986,04 €	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €
Cash Flow anual atualizado	-60 986,04 €	2 667,39 €	2 564,80 €	2 466,15 €	2 371,30 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-60 986,04 €	-58 318,65 €	-55 753,86 €	-53 287,71 €	-50 916,41 €
Ano	5	6	7	8	9
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €
Cash Flow anual atualizado	2 280,09 €	2 192,40 €	2 108,08 €	2 027,00 €	1 949,03 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-48 636,31 €	-46 443,91 €	-44 335,84 €	-42 308,84 €	-40 359,81 €
Ano	10	11	12	13	14
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €
Cash Flow anual atualizado	1 874,07 €	1 801,99 €	1 732,68 €	1 666,04 €	1 601,96 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-38 485,74 €	-36 683,74 €	-34 951,06 €	-33 285,02 €	-31 683,05 €
Ano	15	16	17	18	19
Valor residual	0	0	0	0	0
Cash Flow anual	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €	2 774,08 €
Cash Flow anual atualizado	1 540,35 €	1 481,11 €	1 424,14 €	1 369,37 €	1 316,70 €
Cash Flow anual atualizado acumulado	-30 142,70 €	-28 661,60 €	-27 237,46 €	-25 868,09 €	-24 551,39 €
Ano	20				
Valor residual	0				
Cash Flow anual	2 774,08 €				
Cash Flow anual atualizado	1 266,06 €				
Cash Flow anual atualizado acumulado	-23 285,34 €				

Tabela 28. Resultado da análise económica – Cenário 3.

<i>Critérios Económicos</i>	
VAL	-23.285,34€
TIR	-1%

Através da tabela anterior, verifica-se que o projeto (cenário 3) não é economicamente rentável, uma vez que:

- VAL < 0 - não permite a recuperação do valor investido nem lucro para o investidor;
- TIR < 0 e TIR < Taxa de atualização – uma vez que o VAL é negativo, consequentemente implica que a TIR também seja.
- O investir não consegue recuperar o capital investido dentro do período de vida útil do projeto.

Mais uma vez, em comparação com o cenário 1 e o cenário 2, verifica-se que o VAL se encontra ligeiramente mais próximo de 0 e a TIR mais próxima da taxa de atualização, no entanto, estes valores não são suficientes para que o projeto seja economicamente rentável.

6.4. ANÁLISE GERAL AOS CENÁRIOS ABORDADOS

Como se pode constatar através das análises efetuadas anteriormente, verifica-se que para os três cenários, obteve-se um VAL inferior a zero e uma TIR inferior à taxa de atualização, ou seja, observa-se que para os diversos cenários, o projeto não é economicamente rentável.

No entanto, deve-se ter em atenção, que no cálculo económico não entrou em linha de conta possíveis ganhos com incentivos financeiros, originados pela instalação de soluções autossustentáveis e eficientes em habitações unifamiliares.

Apesar de economicamente não ser uma solução interessante, do ponto de vista energético pode ser equacionado se o dono de obra estiver disposto a investir neste conceito, e dessa forma, contribuir para a salvaguarda do meio ambiente.

De notar que, no cálculo económico também não se considerou o “valor” da proteção do meio ambiente.

6.5. RESUMO

No presente capítulo, pode-se analisar os três cenários de possíveis soluções de projeto, a nível económico e financeiro.

O capítulo seguinte, apresenta diversas conclusões acerca desta dissertação em geral e especificamente acerca da solução final do sistema produtor de energia, bem como diversos comentários acerca da avaliação económica e financeira do mesmo.

Capítulo 7

Conclusões

7.1. CONCLUSÕES GERAIS

A presente dissertação aborda a produção de energia elétrica a partir de sistemas *off-grid*, utilizando diversas fontes de energia, tais como, o sol, o vento e a terra.

Para que o projeto atingisse a sua finalidade de ser uma boa solução técnico-económica e de oferecer segurança aos utilizadores, promovendo a inovação e a fiabilidade, tendo em conta as expectativas do dono de obra, requereu para além do domínio técnico, uma sistematização na sua abordagem tanto na fase da sua conceção como na elaboração dos seus documentos.

O principal objetivo deste trabalho é apelar à sustentabilidade e à eficiência energética nas habitações unifamiliares. Cada vez mais, existem campanhas para sensibilizar a população, em relação à degradação do meio ambiente e às limitações dos recursos oferecidos pela natureza. No entanto, essa sustentabilidade deve começar na casa de cada um e nada melhor do que implementar um sistema produtor de energia renovável.

As habitações com instalação de sistemas *off-grid*, apresentam-se como uma solução de enorme importância para a preservação do meio ambiente e para a sensibilização no uso racional e consciente dos recursos naturais. Além, de apresentar claros benefícios para o meio ambiente, ainda oferece vantagens para os seus proprietários, uma vez que não acarreta custos energéticos.

Tal como se pode verificar ao longo do relatório, foi proposto/dimensionado uma habitação composta por energia fotovoltaica, eólica, geotérmica e um sistema para armazenamento da energia elétrica produzida a partir do sistema produtor.

Antes de dimensionar os sistemas produtores de energia foi necessário definir os eletrodomésticos e iluminação para se obter os consumos energéticos da presente habitação. Dessa forma, juntamente com o dono de obra, optou-se por eletrodomésticos com classe energética igual ou superior à classe A e iluminação LED de baixo consumo, originando um consumo médio de energia de cerca de 39,92 kWh.

Analisando o estudo fotovoltaico, tendo em conta o dia mais desfavorável em relação à radiação solar, verifica-se que para dar resposta às necessidades dos utilizadores são necessários 40 painéis de 325W cada um, ocupando uma área da cobertura de cerca de 90m².

Analisando o estudo eólico, verifica-se que a produção de energia elétrica a partir do vento é pouco significativa. Isto deve-se ao facto da velocidade média do vento para a região onde se situa a habitação ser muito reduzida (cerca de 3,16 m/s), e tal como se pode verificar pela curva característica da turbina, esta, só entra em funcionamento a partir de 2m/s. Isto implica uma produção anual de energia elétrica de apenas 1.348,3 kWh.

A energia geotérmica é pouco conhecida quando comparada com a energia fotovoltaica ou a energia eólica. No presente projeto, foi previsto um sistema geotérmico de captação vertical, uma vez que necessita de uma menor área, tal como mencionado anteriormente. O princípio de funcionamento deste sistema baseia-se na temperatura abaixo do solo, ou seja, o facto da temperatura abaixo do solo ser praticamente constante ao longo do ano, acarretando uma mais valia no ponto de vista energético. A diferença de temperatura entre o subsolo e a habitação, serve para aquecer ou arrefecer as águas sanitárias.

As baterias são os pulmões deste sistema produtor de energia. Não adianta implementar um ótimo sistema de produção de energia, se o mesmo não for instalado paralelamente com o banco de baterias, para se conseguir armazenar a energia excedente ao consumo do momento.

Os projetos deste tipo (produção de energia renovável) requerem sempre a instalação de um banco de baterias, para conseguir dar resposta às necessidades energéticas do consumidor nas horas em que o consumo é superior à produção.

Tendo em conta o elevado investimento para projetos deste tipo e dimensão, efetuou-se uma análise económica e financeira para três cenários:

- Cenário 1- instalação do fotovoltaico, eólico e geotérmico;
- Cenário 2- instalação do fotovoltaico e geotérmico;
- Cenário 3- instalação apenas do sistema fotovoltaico;

A tabela seguinte representa os valores dos indicadores económicos para os três cenários.

Tabela 29. Indicadores Económicos – Resumo dos cenários.

<i>Critérios Económicos</i>			
<i>Cenário</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
VAL	-48.474,02€	-32.899,16€	-23.285,34€
TIR	-4%	-2%	-1%

Analisando a tabela 29, verifica-se que o valor do VAL tende a aproximar-se do valor nulo à medida que o investimento é menor. O mesmo acontece com o valor da TIR, ou seja, à medida que o valor do investimento é menor, esta tende a aproximar-se do valor da taxa de atualização.

No entanto, o investidor não consegue recuperar o capital investido, em qualquer um dos cenários estudados, no período de vida útil da instalação.

Devido ao elevado custo inicial que é necessário investir, verifica-se que este projeto não é economicamente rentável. Esta solução é mais aconselhada para zonas remotas, onde não possuem um sistema de fornecimento de energia fiável, ou seja, regiões onde a instalação de um sistema isolado de produção de energia é uma alternativa ideal e ecológica, acarretando consequentemente diversas mais-valias tanto no ponto de vista técnico como ecológico.

Conclui-se desta forma que, a instalação de um sistema *off-grid* numa residência situada num centro urbano, apesar de ser tecnicamente possível, não é uma maior valia no ponto de vista financeiro, uma vez que os custos da energia elétrica fornecida pela rede pública são inferiores aos custos iniciais de investimento, necessários para uma solução isolada da rede. Embora tenha um impacto muito positivo na pegada ecológica.

Paralelamente à instalação de um sistema isolado da rede, é indispensável que a habitação também seja eficiente e sustentável. Para além da escolha de equipamentos com um elevado grau de eficiência e baixo consumo de energia, é necessário ter em conta diversos fatores na fase de desenvolvimento do projeto, tais como, a qualidade da habitação, das paredes, das janelas, o desempenho térmico, os isolamentos, a escolha criteriosa dos materiais, entre muitos outros.

Uma habitação eficiente e sustentável é desenvolvida, em todas as suas fases, desde o design da arquitetura até à escolha dos eletrodomésticos, dando resposta às necessidades programáticas,

tendo em conta as características ambientais do local da instalação e alcançando facilmente os níveis de conforto com um baixo consumo de energia.

É de realçar que a habitação presente no caso de estudo possui uma dimensão considerável comparativamente com as habitações apresentadas no estado da arte, que são apenas de tipologia T0 e T1. Tornando o dimensionamento do sistema mais complexo e mais caro também, uma vez que quanto maior a habitação, maiores serão os consumos energéticos, acarretando consequentemente a instalação de um sistema produtor de energia capaz de responder a mais necessidades.

Cabe aos utilizadores de energia ter a sensibilidade de economizar e rentabilizar os seus consumos energéticos.

7.2. TRABALHOS FUTUROS

No seguimento deste trabalho, e uma vez que o projeto não foi economicamente rentável, seria interessante analisar o mesmo projeto para uma habitação a situar-se numa zona remota, onde não existe acesso à rede de energia pública.

Nesse caso, na análise económica e financeira, dever-se-ia ter em conta, como receitas, para além da faturação energética, o custo das infraestruturas necessárias para chegar energia elétrica à habitação.

Além disso, com o desenvolvimento de tecnologias mais avançadas, é de esperar que num futuro próximo, o custo dos equipamentos de elevada performance energética (classe A a A++), bem como os sistemas de produção distribuída de eletricidade (eólica e solar) venha a diminuir substancialmente, pelo que este estudo terá que ser repetido com o passar dos anos, afim de verificar a sua viabilidade económica.

Bibliografias

- [1] – [EDP,2016] – EDP; Rotulagem de energia elétrica; 2016
- [2] – [Artigos] - <http://www.administradores.com.br/artigos/marketing/as-4-revolucoes-industriais/59504/>, último acesso a 08/07/2017
- [3] – [Paiva, 2015] – José Pedro Sucena Paiva, *Redes de Energia Elétrica - Uma análise sistémica*, IST - Instituto Superior Técnico, 2015
- [4] – [Oliveira, 2012] - Lucas Oliveira, Raffaella Medeiros, Pedro Terra, Osvaldo Quelhas; *Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações*; 2012
- [5] – [Instituto Bramante de Arquitetura] - <http://www.institutobramante.com.br/a-casa-mais-sustentavel-do-planeta/>, último acesso a 10/06/2017
- [6] – [Konrad Wójcik] - <https://www.behance.net/gallery/10913389/Special-Mention-Primeval-Symbiosis-Single-Pole-House>, último acesso a 10/06/2017
- [7] – [Instituto Bramante de Arquitetura] - <http://www.institutobramante.com.br/conheca-tres-fantasticos-projetos-arquitetonicos-sustentaveis/>, último acesso a 10/06/2017
- [8] – [J.SOL.C] - <http://jsolc.com/solar/autoconsumo/>, último acesso a 10/06/2017
- [9] – [Silva, 2012] – Pedro Silva, *Caraterização dos consumos energéticos em edifícios de habitação visando a sua redução*, 2012
- [10] – [ERSE] - <http://www.erse.pt/pt/electricidade/Paginas/default.aspx>, último acesso a 10/06/2017
- [11] – [Almeida, 2012] – Manuela Almeida, Sandra Silva, Joana Sousa, *Enquadramento Energético do Sector Residencial Português*, 2012
- [12] – [PORDATA] - <http://www.pordata.pt/>, último acesso a 10/06/2017
- [13] – [Rodrigues, 2011] – Maria Rodrigues, *Eficiência Energética no Setor Residencial*, 2011

- [14] – [CANNATA] - <http://cannatafernandes.com/pt/built/self-sustained-modules/>, último acesso a 10/06/2017
- [15] – [ADENE, 2012] – ADENE, Guia de Eficiência Energética, 2012
- [16] – [DGEG] - <http://www.dgeg.pt/>, último acesso a 10/06/2017
- [17] – [Gud Energy] - <http://www.gudenergy.pt/bombas-calor-geotermia>, último acesso a 10/06/2017
- [18] – [MagazineLed] - <https://www.magazinedoled.com.br/fita-de-led-1-linha>, último acesso a 10/06/2017
- [19] – [Portal das Energias Renováveis] –
http://energiasrenovaveis.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=47&ID_area=8&ID_sub_area=27, último acesso a 10/06/2017
- [20] – [Lima, 2016] – Márcia Lima, *Dimensionamento e Monitorização de Sistemas Off-Grid*, 2016
- [21] – [Safeana] - http://www.safeanasas.com/Paneles_solares.html, último acesso a 10/06/2017
- [22] – [ISEP] – www.moodle.isep.ipp.pt, último acesso a 10/06/2017
- [23] – [UFPR] - <http://www.eletrica.ufpr.br/edu/Sensores/2000/luischan/comofunciona.htm>, último acesso a 10/06/2017
- [24] – [Garrido, 2010] – Emmanuel Garrido; *Tecnologia fotovoltaica*; 2010
- [25] – [Bruno] - <https://pt.slideshare.net/afermartins/casasolar2011>, último acesso a 10/06/2017
- [26] – [EDP] – <https://energia.edp.pt/particulares/servicos/energia-solar/baterias/>, último acesso a 10/06/2017
- [27] - [Garrido, 2010] – Emmanuel Garrido; *Bateria de acumuladores*; 2010
- [28] – [Altogagreen] - <http://www.altogagreen.com/sf/if/pt/powerbank/power2.htm>, último acesso a 10/06/2017

- [29] – [Portal Energia] - <https://www.portal-energia.com/dimensionamento-do-controlador-de-carga-para-um-sistema-solar/>, último acesso a 10/06/2017
- [30] – [Energia Solar] - <https://pt.solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/peças/instalac--es-independentes/encargos-regulatorios>, último acesso a 10/06/2017
- [31] – [Energia Renováveis] – <http://energiasalternativas.webnode.com.pt/energias-renovaveis/energia-geotermica/>, último acesso a 10/06/2017
- [32] – [UMCOMO] - <https://tempolivre.umcomo.com.br/artigo/como-funciona-a-energia-geotermica-8585.html>, último acesso a 10/06/2017
- [33] – [Portal Energia] - <https://www.portal-energia.com/energia-geotermica-calor-da-terra/>, último acesso a 10/06/2017
- [34] – [GWEC, 2015] – GWEC, *GLOBAL WIND REPORT*, 2015
- [35] – [REN, 2016] – REN, *Dados Técnicos*, 2016
- [36] – [Energia Eólica] - <https://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/>, último acesso a 10/06/2017
- [37] – [Universidade do Minho] - <http://microeolica.weebly.com/constituiccedilatildeo-de-uma-teh.html>, último acesso a 10/06/2017
- [38] – [CASTRO, 2012] – Rui Castro, *Uma Introdução às Energias Renováveis - Eólica, Fotovoltaica e Mini-hídrica*, IST - Instituto Superior Técnico, 2012
- [39] – [ENERON] - <http://www.enercon.de/en/products/ep-1/e-48/>, último acesso a 10/06/2017
- [40] – [Esteves, 2012] – Miguel Esteves, *Centrais Fotovoltaicas em Habitações Unifamiliares*, 2012
- [41] – [Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps] - <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>, último acesso a 08/07/2017

- [42] – [Zhejiang Twinsel Electronic Technology Co. Ltd] - <http://twinsel.manufacturer.globalsources.com/si/6008846948951/Homepage.htm>, último acesso a 08/07/2017
- [43] – [SolarDesignTool] - <http://www.solardesigntool.com/components/module-panel-solar/Kyocera/2788/KD325GX-LFB/specification-data-sheet.html>, último acesso a 08/07/2017
- [44] – [AQUILERO Vertical Wind Turbines] - <http://www.aquifero.com/category/aquifero-three/>, último acesso a 08/07/2017
- [45] – [AutoSolar] - <https://autosolar.es/baterias-estacionarias-24v/bateria-gel-24v-968ah-bae-c100>, último acesso a 08/07/2017
- [46] – [alpha innotec] - <http://www.alpha-innotec.ch/alpha-innotec/produkte/waermepumpen/luftwasser.html>, último acesso a 08/07/2017

ANEXOS

ANEXO I

Etiquetas Energéticas Dos Equipamentos Da Habitação

ANEXO I

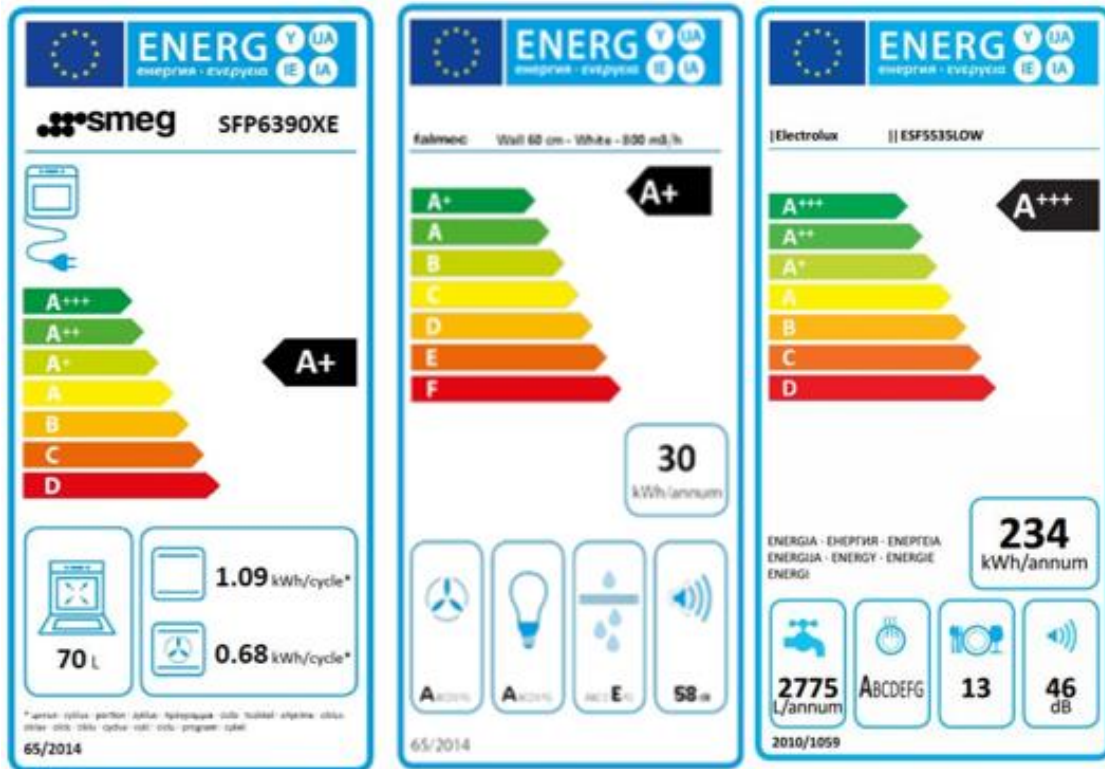


Figura 1. Etiqueta energética do forno, exaustor e máquina de lavar a loiça.

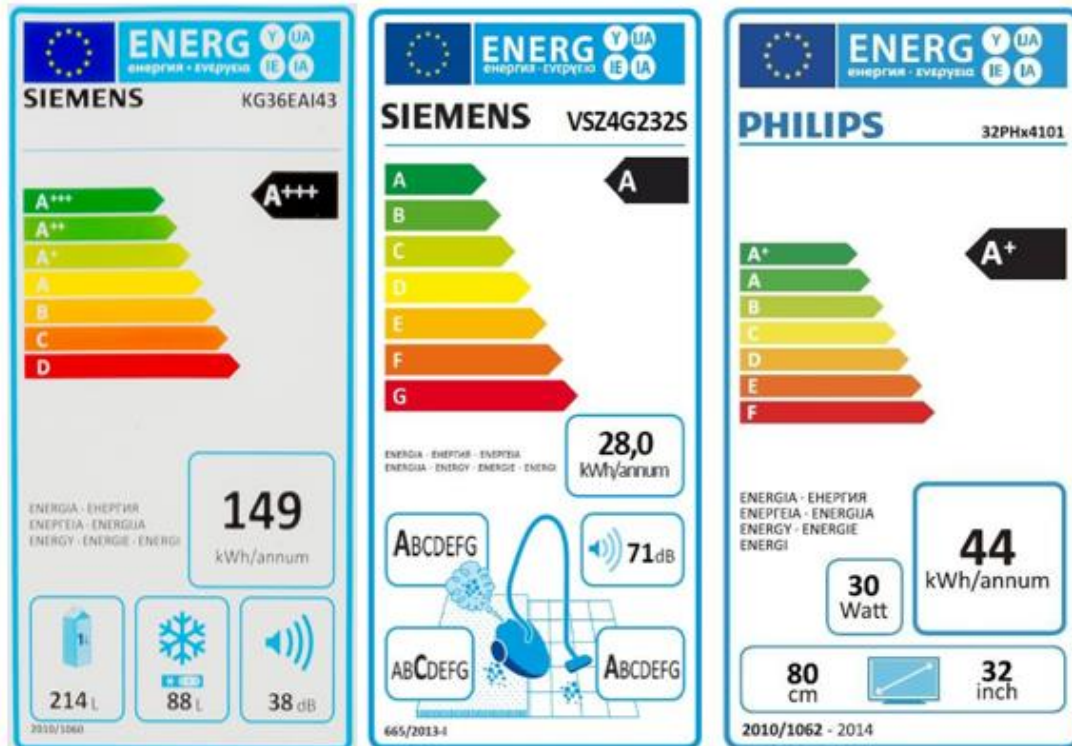


Figura 2. Etiqueta energética do frigorífico, do aspirador e da televisão.

ANEXO II

Resultado da Simulação de Potência da Habitação

ANEXO II

ERSE - Simulador de Potência

Cenário	Potência [kW]	Escalão de Potência a Contratar [kVA]	Preço Mensal da Potência a Contratar [euros] (sem IVA)
Dia	6,93	10,35	13,48 Tarifa Simples 13,48 Tarifa Tri-horária e Bi-horária
Noite	12,31	13,80	17,80 Tarifa Simples 17,80 Tarifa Tri-horária e Bi-horária
Madrugada	0	0	0
Cenário Dia	0	0	0
Potência a Contratar Recomendada	12,31	13,80	17,80 Tarifa Simples 17,80 Tarifa Tri-horária e Bi-horária

Preços mensais dos escalões de potência contratada										
Potência (kVA)	1,15	2,30	3,45	4,60	5,75	6,90	10,35	13,80	17,25	20,70
Tarifa Simples (€)	2,54	4,46	4,83	6,28	7,72	9,16	13,48	17,80	22,12	26,44
Tarifa Tri-horária e Bi-horária (€)			4,83	6,28	7,72	9,16	13,48	17,80	22,12	26,44
Valores sem IVA.										

Sugestões:

Compare o valor da potência a contratar simulado com o valor da potência contratada da sua instalação. Se pretender alterar o escalão de potência contratada contacte o seu distribuidor de energia eléctrica. Esta alteração não representa qualquer custo para o cliente mas obrigará a uma intervenção no local de consumo.

Para além da poupança no consumo de energia eléctrica, a utilização de equipamentos eléctricos eficientes pode representar também uma redução na necessidade de potência contratada. Utilize o simulador para estimar este efeito na sua instalação (por exemplo: substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de baixo consumo ou de sistemas de aquecimento convencionais por bombas de calor).

Nos resultados da sua simulação de potência a contratar não é considerado o efeito da não simultaneidade dos picos de consumo dos vários equipamentos, correspondendo assim ao pior caso de potência consumida.

Os valores das potências máximas sugeridos são indicativos. Se conhecer em detalhe os valores exactos dos seus equipamentos utilize-os em vez dos que são sugeridos. Obterá uma simulação mais correcta.

A definição do valor da potência contratada de uma instalação apenas determina o máximo valor da potência fornecida em cada momento à instalação. Adicionalmente deverá assegurar que os vários aparelhos eléctricos estejam bem distribuídos pelos diversos circuitos da instalação de modo a evitar a sobrecarga destes circuitos. Caso contrário, poderá deteriorar a sua instalação eléctrica e limitar internamente a utilização simultânea dos vários aparelhos.

A ERSE disponibiliza também um simulador de facturação de energia eléctrica para os clientes em BTN. Utilize este simulador para estimar o valor da sua factura anual de electricidade e também para escolher a opção tarifária mais adequada. O simulador está disponível em www.erse.pt.

ANEXO III

Resultado da Simulação da Faturação Anual

Simulador de Preços de Energia Elétrica

Data da simulação: 11-06-2017 23:43

Dados introduzidos para simulação

Tipo de Oferta:	Electricidade - doméstico
Tipo de Fornecimento:	BTN, Potência Contratada até 20,7 kVA
Discriminação de Contagem:	Simplex
Escalão de Potência Contratada:	13,80 kVA
Consumo (1 ano):	14.571 kWh
Modo de Pagamento:	Todos
Modo de Contratação:	Todos
Serviços adicionais obrigatórios:	Ofertas sem custos adicionais

Resultados da Simulação

Comercializador	Ofertas Tarifárias	Fatura Anual [€]	Observações
	Tarifa e-luz - Simplex	3140	Requer débito direto, contratação e fatura eletrónica. Revisão de preço em função da inflação medida pelo IFC. Proposta válida até 30.6.2017.
	Plano Base Online - Simplex	3149	Requer contratação e fatura eletrónica e débito direto. Proposta válida até 31.12.2017.
	YLCE - Simplex	3155	Preço fixo de Energia para o período do contrato. Requer contratação on-line, fatura eletrónica e débito direto. Não existem condições de rescisão antecipada para clientes particulares. Proposta válida até 31.12.2017.
	LUZBOA - Simplex	3156	Contrato de 12 meses sem fidelização. Obrigatoriedade de subscrição online, débito direto e fatura eletrónica. Oferta válida até 31.12.2017.
	Plano Plus - Simplex	3164	Requer débito direto e fatura eletrónica. Proposta válida até 31.12.2017.
	NEGÓCIOS 2017 - Simplex	3167	Requer débito direto e fatura eletrónica. Oferta válida até 31.12.2017.
	Plano Energia3 Electricidade (FE+DD) - 40% - Simplex	3171	Oferta inclui desconto obrigatoriamente recebido em cupões para carregamento de cartão Continente. Requer débito direto e fatura eletrónica. Revisão anual do termo de potência contratada com base no IFC. Possível revisão anual (janeiro) do termo de energia com base na evolução dos preços médios no MIBEL. Oferta válida até 30.6.2017.
	Quero+ Luz - Simplex	3175	Requer débito direto e fatura eletrónica. Revisão de preço em função da inflação medida pelo IFC. Proposta válida até 30.6.2017.
	Monoelétrico + Cliente - Simplex	3182	Requer débito directo e fatura eletrónica. Proposta válida até nova campanha.
	Energy 2017 - Simplex	3186	Requer débito direto e fatura eletrónica. Proposta válida até 31.12.2017.
	Plano Energia3 Electricidade		Oferta inclui desconto obrigatoriamente recebido em cupões para carregamento de cartão Continente. Requer fatura eletrónica. Revisão anual do termo de potência

	Leituras (FE) - 35% - Simples	3190	Revisão anual do termo de potência contratada com base no IFC. Possível revisão anual (janeiro) do termo de energia com base na evolução dos preços médios no MIBEL. Oferta válida até 30.6.2017.
	Plano Energia3 Eleticidade (DD) - 35% - Simples	3190	Oferta inclui desconto obrigatoriamente recebido em cupões para carregamento de cartão Continente. Requer débito direto. Revisão anual do termo de potência contratada com base no IFC. Possível revisão anual (janeiro) do termo de energia com base na evolução dos preços médios no MIBEL. Oferta válida até 30.6.2017.
	Eusa BTN- Simples	3192	Requer débito direto, contratação e fatura eletrónica. Proposta válida até 31.12.2017.
	POUPANÇA ONLINE - Simples	3199	Requer fatura eletrónica. Revisão de preço em função da inflação medida pelo IFC. Requer contratação online ou via telefónica. Proposta válida até 31.12.2017.
	Plano Energia3 Eleticidade - 30% - Simples	3208	Oferta inclui desconto obrigatoriamente recebido em cupões para carregamento de cartão Continente. Revisão anual do termo de potência contratada com base no IFC. Possível revisão anual (janeiro) do termo de energia com base na evolução dos preços médios no MIBEL. Oferta válida até 30.6.2017.
	Quero+ Luz - Simples	3210	Requer débito direto. Revisão de preço em função da inflação medida pelo IFC. Proposta válida até 30.6.2017.
	NET 2017 - Simples	3212	Requer fatura eletrónica. Oferta válida até 31.12.2017.
	LUZBOA GERAL - Simples	3220	Contrato de 12 meses sem fidelização. Oferta válida até 31.12.2017.
	Domésticos - Débito Directo - Simples	3221	Oferta doméstica válida até 31.12.2017. Requer débito direto. Contrato com a duração e fidelização de 12 meses.
	Plano Base Galp On Eleticidade (FE+DD) - 25% - Simples	3227	Requer débito direto e fatura eletrónica. Revisão anual do termo de potência contratada com base no IFC. Possível revisão anual (janeiro) do termo de energia com base na evolução dos preços médios no MIBEL. Oferta válida até 30.6.2017.
	Domésticos - Multibanco - Simples	3229	Oferta doméstica válida até 31.12.2017. Contrato com a duração e fidelização de 12 meses.
	edp eleticidade - Simples	3231	Requer pagamento por débito direto e fatura eletrónica. Proposta sem prazo de validade.
	Plano Base - Simples	3234	Proposta válida até 31.12.2017.
	HEN - Tarifa Simples	3240	Proposta válida até 31.12.2017.
	Plano Base - Simples	3242	Requer contratação eletrónica. Proposta válida até 31.12.2017.
	Quero+ Luz - Simples	3245	Revisão de preço em função da inflação medida pelo IFC. Proposta válida até 30.6.2017.
	Plano Base Galp On Eleticidade (FE) - 20% - Simples	3246	Requer fatura eletrónica. Revisão anual do termo de potência contratada com base no IFC. Possível revisão anual (janeiro) do termo de energia com base na evolução dos preços médios no MIBEL. Oferta válida até 30.6.2017.
	Plano Base Galp On Eleticidade (DD) - 20% - Simples	3246	Requer débito direto. Revisão anual do termo de potência contratada com base no IFC. Possível revisão anual (janeiro) do termo de energia com base na evolução dos preços médios no MIBEL. Oferta válida até 30.6.2017.

	BASE 2017 - Simples	3248	Oferta válida até 31.12.2017.
	FOURANÇA PRESENCIAL - Simples	3253	Requer fatura eletrónica. Revisão de preço em função da inflação medida pelo IPC. Proposta válida até 31.12.2017.
	Logica 2017 - Simples	3254	Requer fatura eletrónica. Proposta válida até 31.12.2017.
	edp eletricidade - Simples	3262	Requer pagamento por débito direto. Proposta sem prazo de validade.
	Plano Base Galp On Eletricidade - 15% - Simples	3264	Revisão anual do termo de potência contratada com base no IPC. Possível revisão anual (janeiro) do termo de energia com base na evolução dos preços médios no MBEI. Oferta válida até 30.6.2017.
	Monocelétrico - Simples	3266	Proposta válida até próxima campanha.
	LUZBOA 50/50 - Simples	3283	Devolução ao cliente de 50% da margem no preço de energia (kWh) após 12 meses de contrato. Cálculo do custo feito com base no preço de aquisição, coberturas de risco, fee's de trading e sobrecustos de comercialização. Contrato de 12 meses sem fidelização. Saída com perda do direito de reembolso. Obrigatoriedade de subscrição online, débito direto e fatura eletrónica. Oferta válida até 31.12.2017.
	Geral 2017 - Simples	3283	Requer débito direto. Proposta válida até 31.12.2017.
	BTN\approx20,7kVA (tarifa simples)	3294	Tarifa transitória de Venda a Clientes Finais. Oferta não disponível para novos contratos.
	edp eletricidade - Simples	3295	Proposta sem prazo de validade.
	edp eletricidade verde - Simples	3295	Pagamento por débito direto. Certificação da energia, equivalente ao consumo anual, com produção 100% de origem renovável. Proposta sem prazo de validade.
	Tabela Geral - Simples	3300	O termo Energia pode variar anualmente, em 1 de janeiro, com base na evolução dos preços médios de aquisição de eletricidade no mercado ibérico de Energia Elétrica. Proposta válida até 31.12.2017.
	BTN - Simples	3330	Requer débito direto e fatura eletrónica. Contrato de 12 meses. Cessação antecipada do contrato implica pagamento de 5€/MWh de energia elétrica prevista fornecer. Oferta válida até 31.12.2017.
	Geral Livre 2017 - Simples	3351	Proposta válida até 31.12.2017.
	Plano Básico Casa/FVE	3490	Oferta válida até nova campanha.

CONDIÇÕES E DECLARAÇÃO DE VALIDADE DOS CONTEÚDOS DO SIMULADOR: O simulador apresenta as primeiras 100 propostas para cada cenário de simulação. Os resultados apresentam a fatura anual e incluem IVA, IEC e Contribuição Audiovisual (sujeita à taxa de IVA reduzida). Não incluem outras taxas aplicáveis (taxa DGEG). O valor da fatura anual indicado pelo simulador não inclui os encargos com serviços adicionais, mesmo quando estes são obrigatórios para a adesão à oferta comercial. A fatura anual considera a aplicação dos preços anunciados durante o período de um ano. Quando os consumos definidos se referem a um período de tempo mais curto, é considerada uma extrapolação proporcional ao número de dias. A faturação apresentada inclui a parcela relativa ao acesso às redes, comum a todos os comercializadores. O Comercializador de Último Recurso é regulado pela ERSE em termos de preços e condições comerciais, nos termos do Regulamento Tarifário e do Regulamento de Relações Comerciais. O papel de Comercializador de Último Recurso em Portugal Continental está atribuído à EDP Serviço Universal e a um conjunto de pequenos distribuidores, na sua maioria cooperativas locais. Os resultados apresentados são uma comparação de preços num dado instante no tempo e destinam-se a fins informativos. Não constituem qualquer compromisso contratual ou de forma alguma responsabilizam a ERSE. A atualização dos preços dos tarifários dos comercializadores é da sua responsabilidade pelo que a ERSE não se responsabiliza por eventuais prejuízos ou danos decorrentes da sua utilização. Os preços praticados pelos comercializadores podem ser alterados,

nas situações mais comuns, nos termos do contrato ou em função da alteração das tarifas de acesso às redes aprovadas pela ERSE. Sugere-se a leitura da ficha contratual padronizada da oferta comercial em causa para melhor informação sobre este e outros elementos contratuais.

ERSE © 2009 Todos os direitos reservados

Rua Dom Cristóvão da Gama, 1 - 3º
1400 - 113 Lisboa Portugal
Telefone: 213 033 200
Fax: 213 033 201
erse@erse.pt

ANEXO IV

Velocidade Média do Vento – Estação Meteorológica ISEP

História da velocidade do vento para Vila Nova de Gaia

Dia	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16	dez/16	jan/17	fev/17	mar/17	abr/17
	Velocidade do vento (m/s)											
1	3,36	2,44	3,08	2,14	2,33	1,03	2,56	3,78	4,69	3,83	3,64	2,97
2	3,08	1,94	2,58	1,83	2,78	0	2,78	3,06	6,33	6,42	4,5	2
3	2,47	2,64	2,58	2,56	3,06	2,58	3,36	5,5	4,94	8,11	4,72	2,28
4	3,22	1,5	0	3,17	2,67	0	6,36	4,19	3,19	7,08	3,78	1,89
5	1,72	1,67	2,06	2,06	2,72	2,58	6,81	2,22	2,28	4,61	3,67	3,83
6	2,17	3,06	0,53	2,33	2,17	2,06	3,86	3,92	2,78	5,64	2,28	2,94
7	6,36	2,11	2,06	5,03	2,28	2,58	2,44	4,11	1,5	4,06	1,36	2,61
8	8,5	2,75	1,03	3,86	1,31	0	5,06	4,81	1,5	1,83	1,86	2
9	5,78	3,64	0	3,86	2,67	2,58	2,14	5,69	1,58	5,94	1,97	2,78
10	5,44	6,08	3,61	2,06	2,94	2,06	1,53	4,44	3,56	4,47	3,03	3,36
11	2,89	2,56	3,08	3,61	1,64	2,06	1,97	4,06	3,33	3,78	4,11	1,75
12	3,22	2,19	3,08	3	2,36	2,06	2,31	1,78	2,42	3,64	5,39	1,56
13	2,72	0	2,06	3,06	5,06	2,06	2,47	4,58	3,61	4,11	6,08	2,58
14	3,22	6,17	1,03	1,75	2,17	4,64	3,03	3,56	3,72	5,92	3,94	2
15	2,75	1,56	2,06	2	9,11	5,14	2,33	4,44	3,03	3,08	3,03	2,58
16	2,42	2,58	0	2,47	4,47	5,67	2,03	4,11	1,92	2,97	2,53	1,61
17	2,36	0	1,56	3,31	2,11	0	1,22	3,31	2,03	1,97	2,64	2,08
18	4,5	2,06	0	3,03	2,64	1,03	2,03	2,58	3,56	3,31	2,03	2,67
19	3,86	2,58	2,06	2,44	2,03	2,36	4,97	2,39	2,72	3,64	3,11	4,97
20	1,69	0	2,06	1,97	1,75	0,94	5,61	1,83	1,94	2,94	3,36	5,31
21	2,44	0	2,58	3,31	2,72	1,94	3,33	1,19	2,17	2,53	4,31	3,86
22	4,44	0,53	2,06	2,33	4,42	3,81	2,44	2,31	2,14	2,83	4,33	2,5
23	2,22	1,03	2,58	4,53	2,75	5,83	2,89	1,75	1,64	2,56	2,14	1,83
24	5	3,61	0	2,06	1,19	3,53	4,75	2,64	2,17	2,06	1,89	2,39
25	3,78	2,2	0	2,78	1,25	3,86	6,17	3,31	4,25	2,72	3,92	2,39
26	3,17	2,58	2,06	4,58	1,58	2,47	3,86	2,11	6,81	2,14	5,75	5,36
27	4,78	1,56	3,08	6,39	2	2,97	2,08	4,31	3,89	3,39	5,64	4,53
28	5,22	1,55	2,58	3,06	2,17	2,86	1,58	1,94	3,81	2,81	5,14	5,03
29	2,83	2,06	2,06	2,28	1,64	7,64	4,61	2,58	5		3,31	3,64
30	2,39	4,11	2,58	2,08	3,22	6,19	4,25	4	7,03		4,56	4,83
31	2,11		1,56	2,03		4,97		3,67	4,75		3,5	
Média	3,17	2,11	2,06	2,56	2,33	2,58	2,78	3,56	3,19	3,31	3,64	2,58

ANEXO V

Solução do Sistema Fotovoltaico



ANDRÉ GUSMÃO
RUA HELIANTIA LOTE 08 - V.N.GAIA
INSTALAÇÕES FOTOVOLTAICAS

N/ Ref.: 16054.ELE.DS.CAL.00
Data: 06/06/2017
Elab. por: CAF

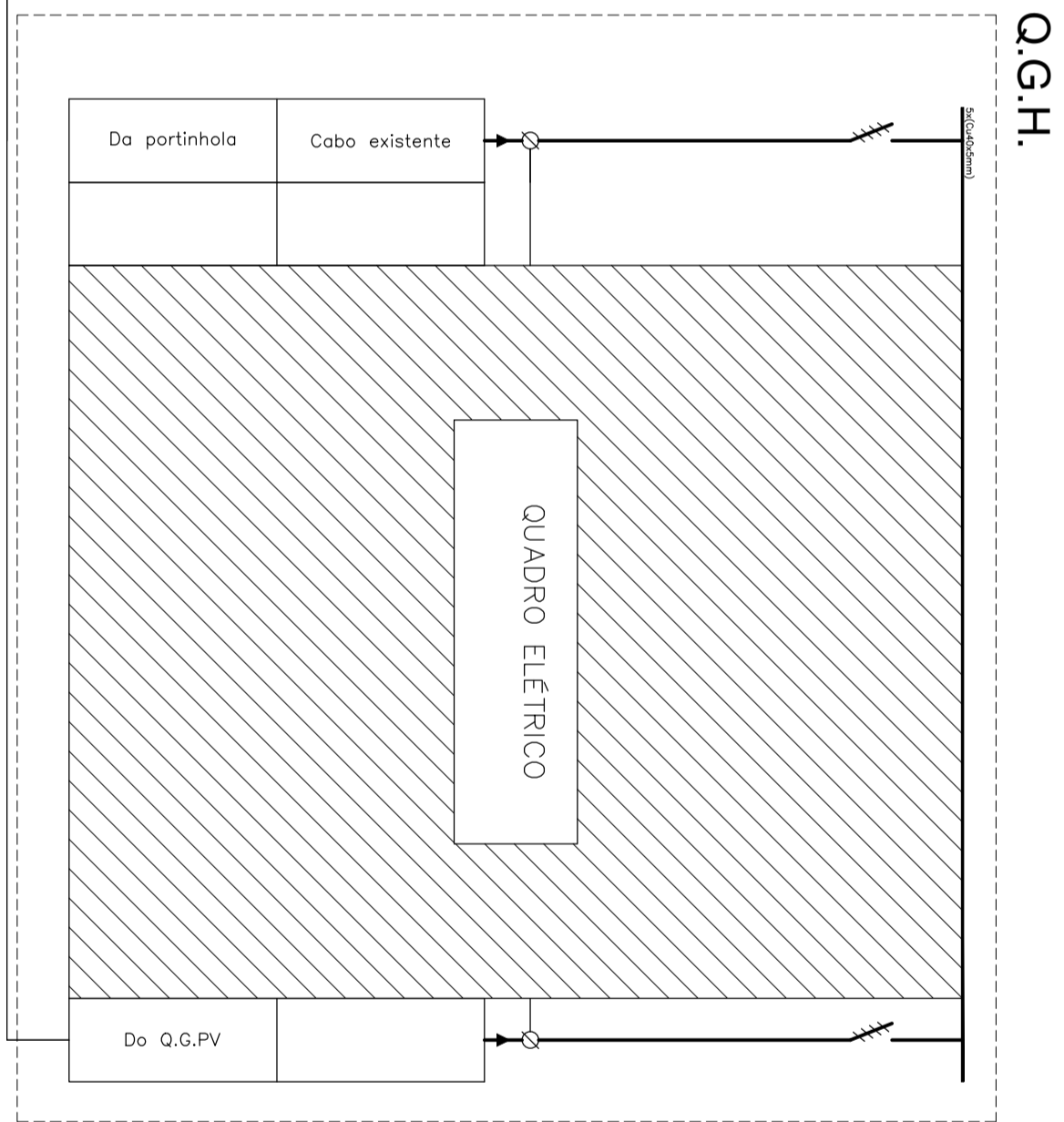
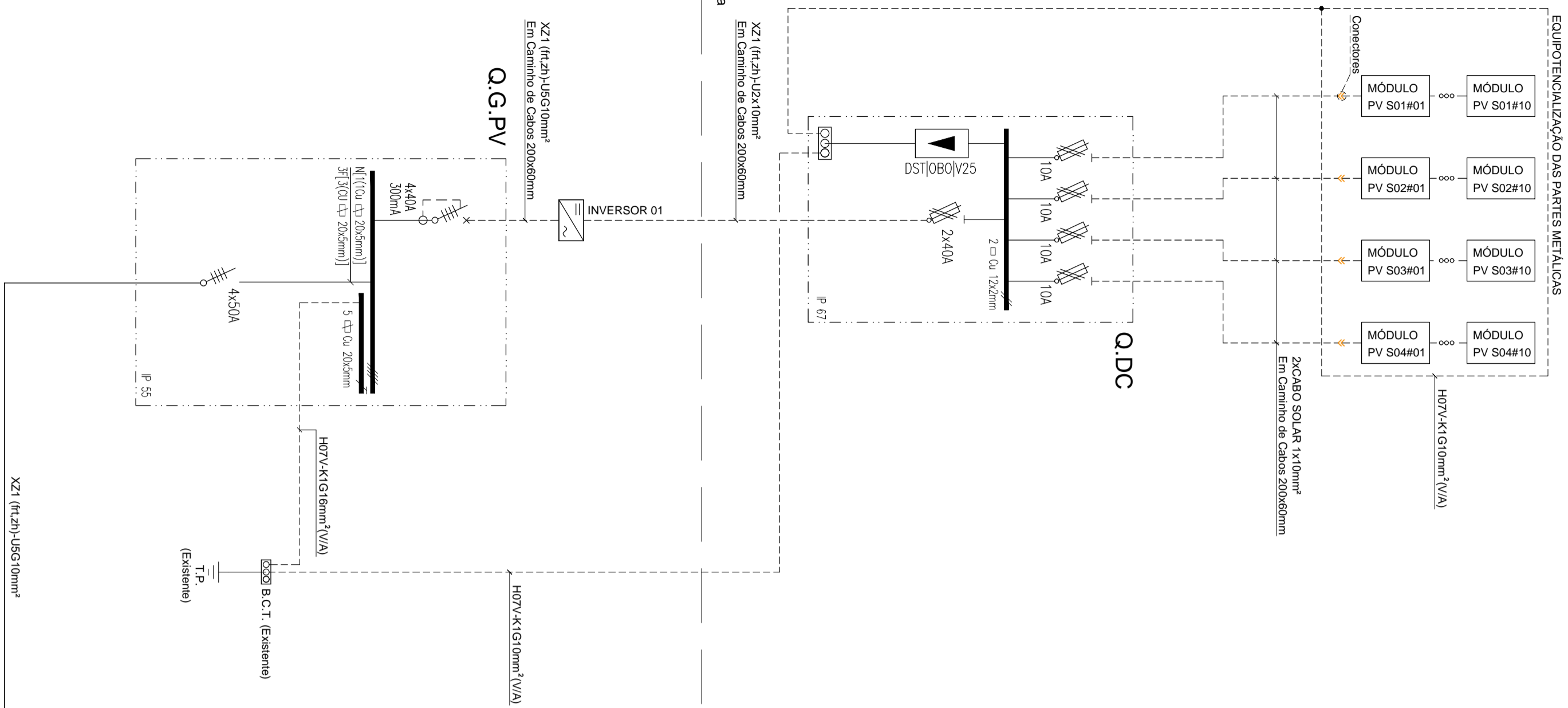
Nº	designação	origem	Nº painéis	Potência Painel	Pot. kVA	S.aim. (kVA)	Ib (A)	In/Ir (A)	I ₂ (A)	Tipo cond.	Num. cond. Fase	Secção cond. fase (mm²)	Mét. de Ref.	Alimentador	Iz' (A)	f.c.	Iz (A)	lb	Ins	Iz	1,45Iz (A)	L (m)	Icc (kA)	Pdc (kA)	Z (Ω/Km)	ΔU parcial (%)	ΔU total (%)
1	Q.G.PV					13	18,84	50	80	XZ1 (frt,zh)	1	10	E	XZ1 (frt,zh)-U5G10mm²	75	1,00	75	ok	ok	108,8	10	21,1	25	1,7	0,15	1,57	
2	Inversor	1				13	18,84	40	54	XZ1 (frt,zh)	1	10	E	XZ1 (frt,zh)-U5G10mm²	75	0,82	62	ok	ok	89,2	10	8,1	25	1,7	0,14	1,42	
3	Q.DC	2				13	17,59	40	54	XZ1 (frt,zh)	1	10	E	XZ1 (frt,zh)-U2x10mm²	75	0,82	62	ok	ok	89,2	15	4,2	25	1,7	0,34	1,28	
4	String 01	3	10	325	3,3	3	4,40	10	14	FZZ(Zh)	1	6	E	2x (CABO SOLAR 1x6mm²)	54	0,82	44	ok	ok	64,2	40	1,3	15	2,9	0,16	0,16	
5	String 02	3	10	325	3,3	3	4,40	10	14	FZZ(Zh)	1	6	E	2x (CABO SOLAR 1x6mm²)	54	0,82	44	ok	ok	64,2	50	1,1	6	2,9	0,21	0,21	
6	String 03	3	10	325	3,3	3	4,40	10	14	FZZ(Zh)	1	6	E	2x (CABO SOLAR 1x6mm²)	54	0,82	44	ok	ok	64,2	60	1,0	10	2,9	0,25	0,25	
7	String 04	3	10	325	3,3	3	4,40	10	14	FZZ(Zh)	1	6	E	2x (CABO SOLAR 1x6mm²)	54	0,82	44	ok	ok	64,2	80	0,8	6	2,9	0,33	0,33	

Notas:

Refª 13 do Quadro 52H
Método de refª E ou F
Factor de agrup.: Quadros 52-E4 e 52-E5
Corrente admissível.: Quadros 52-C7 a 52-C12
XG(Zh): Quadro 52-C11
XG(frs): Quadro 52-C11

Ib é a corrente de serviço do circuito, em amperes;
Iz' é a corrente admissível na canalização em amperes;
fc é o factor de correcção de agrupamento da canalização a aplicar ao Iz';
Iz é a corrente admissível na canalização com factor de correcção em amperes;
In é a corrente estipulada do dispositivo de protecção em amperes;
Ir é a corrente de regulação do dispositivo de protecção em amperes;
I2 é a corrente convencional de funcionamento, em amperes;





Revisão	Data	Descrição de Modificação	Projeto	Desenho	Verificação	Aprovação
00	2017/06/06	Emissão de estudo para Dimensionamento				

ANDRÉ GUSMÃO

Local do C.O.B.

Rua da Heliantia Lote 08, Franccelos – Guilpharans
Vila Nova de Gaia

OHM-E

OHM-E Gabinete de Engenharia Electrotécnica Lda

Rua Fátima Lopes, 127 - 4.º Andar - 4150-308 Porto
Telefone: +351 203232800 Fax: +351 203232819
Email: emh@ohm-e.pt

Sistema Fotovoltaico

GERAL

Título: Diagrama e Esquemas Utilitários

Fase: ESTUDO Data: 2017/06/06 Escala: S/E

N.º Documento: **16054 DS FV DES 001 00**

Este documento é propriedade da OHM-E e não pode ser reproduzido, divulgado ou copiado, no todo ou em parte, sem autorização expressa. Reservados todos os direitos para qualquer uso legal. DEC-CE 03/05 (14 Maio)

