

**PROJETO DE ABASTECIMENTO ELÉTRICO E ÁGUA
QUENTE SANITÁRIA PARA UM ACAMPAMENTO
ISOLADO**

Nil Jansà Fernàndez
1190276

2020
Instituto Superior de Engenharia do Porto



PROJETO DE ABASTECIMENTO ELÉTRICO E ÁGUA QUENTE SANITÁRIA PARA UM ACAMPAMENTO ISOLADO

Nil Jansà Fernàndez
1190276

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de energias sustentáveis, realizada sob a orientação do Professor Sergio Ramos.

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto



JÚRI

Presidente

Prof. Nídia de Sá Caetano

Orientador

Prof. Sérgio Filipe Carvalho Ramos

Arguente

Prof. Manuel Carlos Malheiro de Carvalho Felgueiras

PALAVRAS CHAVE

Energias renováveis, sustentabilidade, micro-rede, parque de campismo...

RESUMO

Este projeto consiste no estudo sobre o projeto de uma instalação elétrica e de água quente sanitária para atender às necessidades de um parque de campismo perto de Tortosa, Espanha.

A principal premissa do projeto é a sustentabilidade, para que todos os elementos necessários sejam implementados para que o parque de campismo funcione autonomamente, utilizando as energias renováveis. A proposta de trabalho inclui proporcionar aos utilizadores do parque desfrutar de umas férias num ambiente tranquilo e verde, reduzindo ao mesmo tempo a pegada ecológica.

Primeiramente, é realizado um estudo sobre os recursos energéticos que são utilizados neste tipo de empreendimento, bem como de diferentes instalações já em funcionamento que são tomadas como uma referência ao projeto.

Seguidamente, a base do estudo está no dimensionamento de recursos energéticos com recurso ao software Excel. Foram usados dados meteorológicos que, em conjunto com as informações fornecidas pelos fabricantes de equipamentos comerciais, é dimensionada toda uma solução capaz de satisfazer o consumo energético do parque de campismo.

Finalmente, é feita uma avaliação do trabalho realizado para determinar a viabilidade do projeto no caso de ser decidido avançar com a construção do parque de campismo.

KEYWORDS

Renewable energies, sustainability, micro-grid, campsite ...

ABSTRACT

This project consists of a study on the design of an electrical installation and domestic hot water to meet the needs of a campsite near Tortosa, Spain.

The main premise of the project is sustainability, so that all the necessary elements are implemented so that the campsite works independently, using renewable energies. The work proposal includes providing park users to enjoy a holiday in a peaceful and green environment, while reducing the ecological footprint.

First, a study is carried out on the energy resources that are used in this type of enterprise, as well as on different facilities already in operation that are taken as a reference to the project.

Then, the basis of the study is the dimensioning of energy resources using Excel software. Meteorological data was used which, together with the information provided by the manufacturers of commercial equipment, a whole solution capable of satisfying the energy consumption of the campsite is dimensioned.

Finally, an assessment is made of the work carried out to determine the feasibility of the project in case it is decided to proceed with the construction of the campsite.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
AQS	Água quente sanitária
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
GD	Geração distribuída
CO ₂	Dióxido de carbono
MPP	<i>Maxim power point</i>
DC	Corrente direita
AC	Corrente alterna
GDI	Irradiação diária global
DNI	radiação solar direta
SOC	<i>State of charge</i>

Lista de Unidades

Km	Quilômetros
W	Watts
m ²	Metro quadrado
m/s	Metros por segundo
W/m ²	Watts por metro quadrado
V	Volts
I	Intensidade
C	Celcius
Wh	Watts hora
VA	Volt Ampere

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG 1. ESQUEMA DE OPERAÇÃO DE UMA MICRO-REDE [2]	8
FIG 2. ESQUEMA COMPARATIVO DE GERAÇÃO CENTRALIZADA E DISTRIBUÍDA. FONTE: HTTPS://JMIREZ.WORDPRESS.COM/2012/05/	10
FIG 3. INSTALAÇÃO SOLAR E EÓLICA NO SOS DEL REY CATÓLICO [3]	12
FIG 4. MAPA CONCEITUAL DA SMART CITY. FONTE: HTTPS://ES.SLIDESHARE.NET/DAVIDBUENOV/CASO- PRCTICO-CIUDAD-DE-MLAGA-SMART-CITIES	13
FIG 5. ESQUEMA DE OPERAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO DA ALDEIA [4]	14
FIG 6. ESQUEMA OPERACIONAL DE MICRO REDE [1].....	15
FIG 7. TRAJETÓRIA SOL-TERRA [6]	21
FIG 8. VETORES DE POSIÇÃO SOLAR [6]	21
FIG 9. EQUAÇÃO DO VETOR SOLAR E ESQUEMA DA POSIÇÃO DA TERRA EM RELAÇÃO AO SOL [6]	22
FIG 10. POSIÇÃO DA PLACA NO QUE DIZ RESPEITO AOS VETORES DE POSIÇÃO [6]	22
FIG 11. GRÁFICO QUE RELACIONA PERDAS DE EFICIÊNCIA DEPENDENDO DO ÂNGULO DE INCIDÊNCIA [6]	24
FIG 12. ESTRUTURA ATÔMICA DE SEMICONDUTORES [6]	24
FIG 13. MOVIMENTO DE ELÉTRONS DENTRO DE SEMICONDUTORES [6]	25
FIG 14. ESQUEMA DE OPERAÇÃO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS E ESQUEMA ELÉTRICO EQUIVALENTE [6]	25
FIG 15. TENSÃO, CORRENTE E POTÊNCIA DA CÉLULA FOTOVOLTAICA [6].....	26
FIG 16. ESQUEMA OPERACIONAL PARA INSTALAÇÃO TÉRMICA SOLAR PARA ÁGUA MORNA [8]	28
FIG 17. ESQUEMA DE UMA USINA TERMSOLAR HELIOTÁTICA. FONTE: HTTPS://GLOBALELECTRICITY.WORDPRESS.COM/CATEGORY/CENTRALES-ELECTRICAS/	29
FIG 18. USINA TERMOSOLAR COM APANHADORES DE CILINDROS PARABÓLICOS. FONTE: HTTP://WWW.ESRENOVABLE.COM/2011/09/TIPOS-DE-CENTRALES-SOLARES.HTML	30
FIG 19. USINA TÉRMICA SOLAR DA TORRE. FONTE: HTTP://WWW.ESRENOVABLE.COM/2011/09/TIPOS- DE-CENTRALES-SOLARES.HTML	30
FIG 20. DISCO DE CILINDRO PARABÓLICO. FONTE: HTTP://WWW.ESRENOVABLE.COM/2011/09/TIPOS- DE-CENTRALES-SOLARES.HTML	31
FIG 21. APANHADOR SOLAR DE PLACA PLANA [8]	32
FIG 22. ESQUEMA DE OPERAÇÃO DE UM COLETOR TERMOSOLAR. FONTE: HTTPS://ES.WIKIPEDIA.ORG/	33
FIG 23. ESQUEMA DE OPERAÇÃO DE AEROTERMIA. FONTE: HTTP://WWW.SOGOTEK.COM/INSTALACIONES-TERMICAS/AEROTERMIA/	33
FIG 24. MOVIMENTO DE MASSAS DE AR NA TERRA [9]	35
FIG 25. MOVIMENTO DE AR DIA/NOITE PERTO DO MAR. FONTE: HTTPS://IMAGE.SLIDESHARECDN.COM/TEMPERATURAYCIRCULACIN2-121201085228- PHAPP02/95/TEMPERATURA-Y-CIRCULACIN-2-29-638.JPG?CB=1354352048.....	36
FIG 26. PERFIL DE VENTO ENFRENTANDO TERRENOS ACIDENTADOS. FONTE: HTTP://ENERGYPROFESSIONALSYMPOSIUM.COM/IMG/1235/IMAGE535.JPG	36
FIG 27. CÁLCULO APROXIMADO DA VELOCIDADE DO VENTO PARA DIFERENTES ALTURAS [9]	37

FIG 28. COMPONENTES DE UMA TURBINA EÓLICA [9]	38
FIG 29. AÇÃO DO VENTO EM LÂMINAS E TRIÂNGULO DE VELOCIDADE [9]	39
FIG 30. ESQUEMA DE UTILIZAÇÃO HIDRÁULICA COM SALTO [19]	41
FIG 31. FLUXOGRAMA [10]	42
FIG 32. ESQUEMA CENTRAL HIDRELÉTRICO [10]	43
FIG 33. DIAGRAMA DE MOODY [19]	44
FIG 34. DISTÂNCIA EQUIVALENTE DOS ELEMENTOS DE UM TUBO [19]	45
FIG 35. ESQUEMA OPERACIONAL DA TURBINA [19]	46
FIG 36. REFERÊNCIA CADASTRAL DA TRAMA. FONTE: MINISTÉRIO DAS FINANÇAS ESPANHOL	50
FIG 37. PERFIL DO VENTO EM AGOSTO EM TORTOSA [13]	51
FIG 38. ESTRUTURA DO ACAMPAMENTO. FONTE: PRÓPIA	53
FIG 39. CONSUMO ELÉTRICO DO PARQUE DE CAMPISMO PARA UM TIPO DE DIA DE CADA MÊS ESTUDADO. FONTE: PRÓPRIA	57
FIG 40. ESQUEMA DE OPERAÇÃO DE UMA MICROREDE ISOLADA. FONTE: HTTPS://WWW.HELIOESFERA.COM/INSTALACION-FOTOVOLTAICA-AISLADA/	58
FIG 41. IRRADIAÇÃO MÉDIA PARA CADA MÊS DO ANO. FONTE: PRÓPRIA	60
FIG 42. CORRENTE E TENSÃO DO PAINEL EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA	60
FIG 43. PERFIL DE VENTO NA INSTALAÇÃO 14/04/2019. FONTE: PROPIA	62
FIG 44. CURVA DE POTÊNCIA DO E70PRO. FONTE: PRÓPRIA	63
FIG 45. PRODUÇÃO EÓLICA POR UMA SEMANA EM CADA MÊS ESTUDADO. FONTE: PRÓPRIA	64
FIG 46. ESTADO DE CARREGAMENTO DA BATERIA POR UMA SEMANA PARA CADA MÊS. FONTE: PRÓPRIA	66
FIG 47. DIAGRAMA DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA [4]	68
FIG 48. CURVA DE ENERGIA DA MICRO TURBINA HE. FONTE: HTTPS://TECOTURBINES.COM/TURBINAS- CARGADE-BATERIA/HE	69
FIG 49. EXIGÊNCIA DE ÁGUA QUENTE DE ACORDO COM A INSTALAÇÃO [15]	71
FIG 50. IRRADIAÇÃO DIRETA PARA CADA MÊS. FONTE: PRÓPRIA	74
FIG 51. MAPA DA REGIÃO CLIMÁTICA [16]	78
FIG 52. RESUMO ECONÓMICO. FONTE: PRÓPIA	82

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. VALORES DO FATOR K [10]	42
TABELA 2. CARGAS ELÉTRICAS E SUA ENERGIA. FONTE: PRÓPIA	55
TABELA 3. CARGAS ELÉTRICAS E SUA ENERGIA CABANA A. FONTE: PRÓPIA	55
TABELA 4. CARGAS ELÉTRICAS E SUA ENERGIA CABANA B. FONTE: PRÓPIA	55
TABELA 5. CARGAS ELÉTRICAS E SUA ENERGIA CABANA C. FONTE: PRÓPIA	56
TABELA 6. CARACTERÍSTICAS DO PAINEL FOTOVOLTAICO FONTE: PRÓPIA	60
TABELA 7. COMPARAÇÃO ENTRE CONSUMO E GERAÇÃO FONTE: PRÓPIA	61
TABELA 8. RECURSOS DA BATERIA FONTE: PRÓPIA	65
TABELA 9. DEMANDA DE ÁGUA FONTE: PRÓPIA.....	72
TABELA 10. DEMANDA DE ENERGIA FONTE: PRÓPIA.....	73
TABELA 11. EFICIÊNCIA PAINÉIS PARA CADA MÊS FONTE: PRÓPIA.....	75
TABELA 12. CÁLCULO DO NÚMERO DE PAINÉIS FONTE: PRÓPIA.....	76
TABELA 13. CARACTERÍSTICAS DO FOGÃO FONTE: ANNEXO	77
TABELA 14. CARACTERÍSTICAS DA BOMBA DE CALOR FONTE: ANNEXO.....	78
TABELA 15. CARACTERÍSTICAS DO INVESTIDOR FONTE: ANNEXO	79
TABELA 16. CARECTERISTICS DO GRUPO ELETROGÊNICO FONTE : ANNEXO	80
TABELA 17. RESUMO ECONÓMICO FONTE: PRÓPIA	81

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos e âmbito	1
1.2	Organização do Texto.....	2
2.	ESTADO DA ARTE.....	7
2.1	Micro-rede: Definição e Conceito	7
2.2	Estrutura e Funcionamento de um Micro-rede	8
2.3	Geração distribuída e micro-redes.....	10
2.4	Exemplos de Micro-estratégias.....	11
3.	FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS.....	19
3.1	Introdução	19
3.2	Energia Solar Fotovoltaica.....	20
3.2.1	Contexto histórico	20
3.2.2	Geometria solar	20
3.2.2	Radiação solar.....	23
3.2.3	A Célula Solar	24
3.3	Energia solar térmica.....	27
3.3.1	Contexto histórico	27
3.3.2	Componentes de instalação	27
3.3.2	Geração de energia.....	28
3.3.3	Água quente sanitária.....	31
3.3.4	Aerotermia.....	33
3.4	Energia Eólica	35
3.4.1	Contexto histórico	35
3.4.2	Origem e cálculo do vento.....	35
3.3.3	Turbinas eólicas	38

3.5 Energia Hidráulica	40
3.5.1 Contexto histórico	40
3.5.2 Utilização de energia	40
Fig 34	45
3.5.3 Turbinas hidráulicas	45
4. ESTUDO DE CASO	49
4.1 Quadro territorial	49
4.1.1 Localização e clima	49
4.1.2 Estrutura	52
4.2 Dimensionamento do sistema elétrico	55
4.2.1 Consumo de energia	55
4.2.2 Conceção geral do funcionamento	58
4.2.3 Recurso solar fotovoltaico	59
4.2.4 Recurso de vento	62
4.2.5 Sistema de armazenamento	65
4.2.6 Estudo do recurso hidráulico	68
4.3 Dimensionamento do sistema sanitário de água quente e aquecimento	70
4.3.1 Consumo de água quente sanitária	70
4.3.2 Recurso solar térmico	73
4.3.3 Sistema de aquecimento	76
4.4 Sistemas auxiliares	79
4.4.1 Inversor	79
4.4.2 Conjunto gerador	80
4.5 Resumo económico	81
5. CONCLUSÕES.....	87
6. BIBLIOGRAFIA	93
7. ANEXOS.....	97

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A motivação do trabalho resulta do desenvolvimento do projeto de um parque de campismo ecológico, sustentável e de proximidade, no contexto da sustentabilidade e ecologia que rodeia o dia-a-dia. Cada vez mais pessoas percebem a importância de cuidar do planeta, uma vez que as políticas governamentais nos últimos anos nos levaram a esta situação de crise climática. Embora seja verdade que as grandes empresas são responsáveis por uma grande parte do problema, como as empresas de eletricidade responsáveis pelas toneladas de emissões para a produção de eletricidade, o papel dos consumidores está a ganhar cada vez mais terreno. Os seres humanos estão gradualmente a perceber que, se não cuidarmos do nosso ambiente, as condições de vida das gerações futuras serão comprometidas devido às ações que estamos a tomar hoje. Por conseguinte, é evidente que as decisões individuais que tomamos cada um de nós influenciam um futuro cada vez mais imediato, no qual, se não reagirmos rapidamente, não haverá volta a dar. Só é necessário observar os estudos do IPCC e os diferentes cenários que mostra [20]

Tanto assim, que a tendência dos últimos anos tanto nas campanhas de sensibilização governamentais como nas estratégias de *marketing* de algumas empresas está a obrigar as empresas a reinventar a sua mensagem para dar a impressão de que os seus produtos ou serviços são amigos do ambiente. Se estas medidas são ou não verdadeiras, uma coisa se torna clara, cada vez mais pessoas preferem optar por produtos e serviços que sejam amigos do ambiente. Tomando esta premissa como base, o projeto é desenvolvido procurando atender às necessidades de contacto com a natureza e o lazer de todas as pessoas que priorizam a redução do impacto das suas ações, ao mesmo tempo que desfruta de um ambiente tranquilo longe dos grandes centros de concentração de massas.

1.1 Objetivos e âmbito

O objetivo do projeto é projetar a solução de abastecimento de energia elétrica e de água quente sanitária (AQS) para um parque de campismo sustentável, localizado numa área longe de qualquer núcleo urbano e, portanto, sem fornecimento de energia elétrica.

Estudo de um sistema de produção de eletricidade renovável para alimentar as diferentes cargas elétricas necessárias para a gestão dos serviços oferecidos pela instalação, bem como para atender às necessidades energéticas individuais de cada um dos clientes do parque de campismo, é requerido. Juntamente com o sistema de geração de energia, é necessário instalar um sistema de armazenamento centralizado

para garantia de abastecimento, dada a característica de instabilidade que os sistemas de geração que se destinam a ser utilizados têm. Como é um serviço que visa o bem-estar dos clientes, é necessário garantir o fornecimento de energia em todos os momentos. Para tal, e com a intenção de minimizar a utilização de combustíveis fósseis, é também estudada a implementação de um gerador em caso de emergência ou em casos excepcionais sem produção renovável.

Para o fornecimento de AQS, está previsto um sistema de geração termo-solar distribuído, em combinação com um sistema de bomba de calor elétrico alimentado pela própria instalação de geração. Prioriza a garantia de um fornecimento constante, minimizando a utilização de tubos de poupança de materiais. Esta água destina-se principalmente a chuveiros e torneiras disponíveis nas diferentes partes da instalação. Para garantir o abastecimento de água, existe um poço disponível numa área próxima dos pontos de consumo, bem como num depósito de armazenamento.

O âmbito do projeto procura otimizar a geração dos equipamentos exigidos pelo sistema. Para tal, propõe-se fazer um pequeno estudo sobre a climatologia da localização do parque de campismo. Para o dimensionamento correto destes equipamentos, é necessário simular um perfil de consumo para diferentes épocas do ano, com base no número de pessoas a serem servidas.

A instalação a ser dimensionada tem referências no setor, uma vez que muitas outras pessoas, empresas ou particulares, optaram por utilizar sistemas renováveis para satisfazer as suas necessidades energéticas. É por isso que é tomado como uma referência do projeto, algumas instalações existentes com características semelhantes. Os equipamentos comerciais são utilizados no mercado desenvolvido por empresas especializadas no setor para o desenvolvimento do mesmo.

1.2 Organização do Texto

Seguido por este capítulo introdutório, está contido no capítulo 2 sobre o estado da arte onde o conceito de micro rede é estudado como solução para o caso de estudo em questão. O conceito de micro-rede é definido, e sua estrutura e operação são mostrados. Alguns exemplos de microdados também são dados para avaliar seu bom funcionamento.

O capítulo 3 aborda a questão da energia renovável como solução energética para o problema da geração de energia elétrica. As diferentes tecnologias utilizadas no estudo de caso são estudadas. As bases operacionais de energia solar fotovoltaica e térmica, energia eólica e hidráulica são descritas.

O estudo de caso é descrito abaixo, onde é discutido o local e a estrutura da instalação. As características climáticas da área também são mostradas para determinar a geração de energia elétrica de acordo com os recursos naturais do local. Utilizando equipamentos comerciais, são determinados os poderes necessários para o consumo fixo.

Finalmente o ultimo capitulo apresenta as conclusões do projeto e o trabalho realizado é avaliado

ESTADO DA ARTE

2. ESTADO DA ARTE

A instalação que se propõe desenvolver responde a um modelo de instalação em constante desenvolvimento e crescimento em todo o mundo, uma vez que satisfaz as necessidades energéticas de muitos indultos que, ou não têm opção de se ligar à rede, ou preferem optar por ser energeticamente eficientes. Tais instalações isoladas podem ser incluídas na definição *Micro-rede*.

2.1 Micro-rede: Definição e Conceito

Não existe uma definição concreta e globalmente aceite de que se trata de um Micro-rede, embora se possa definir como toda a infraestrutura da rede de distribuição de Baixa Tensão (BT) com recursos energéticos distribuídos (produção distribuída), tais como microturbinas, turbinas eólicas ou painéis solares fotovoltaicos.

Juntamente com tecnologias de armazenamento e cargas controláveis, ligadas à rede principal através de um único ponto chamado ponto final comum. Estes sistemas estão ligados à rede de Média Tensão (MT), mas também podem ser operados de forma autónoma se houver algum problema de abastecimento. Os elementos que constituem a micro-rede e seu funcionamento devem ser controlados e operados em conjunto e devem poder satisfazer as necessidades elétricas e térmicas dos seus utilizadores.

Os micro-redes devem comportar-se sobre a enlaces rede primária como um único elemento agregado, e que os elementos de ligação devem ser feitos através de ligações electrónicas de alimentação. Além disso, as fontes de produção de energia devem ser, na sua maioria, renováveis ou não convencionais. Os micro-redes devem ser um conjunto de geradores, cargas e sistemas de armazenamento operativamente operados e operados com resposta ativa à procura como característica básica.

O funcionamento de uma micro-rede com energias renováveis e armazenamento não restringe o limite de tensão ou de potência das micro-redes, uma vez que a agregação de mais elementos para o seu funcionamento apresenta benefícios em termos de redução da variabilidade e facilidade de antecipação.

As definições de micro-rede incluem tanto micro-redes atuais alternados como micro-redes de DC. O crescimento das cargas que consomem DC e estão atualmente ligadas à rede alternada por conversores AC/DC levou ao conceito de micro-rede híbrida. Este conceito consiste em agrupar todos os elementos em DC e conectá-los juntos formando uma rede DC. Isso é visto na Figura 1, que mostra o esquema operacional de

uma micro-rede; Isto reduz as perdas de conversão de energia e harmónicas geradas por eles e aumenta a fiabilidade do sistema através da redundância de linha.

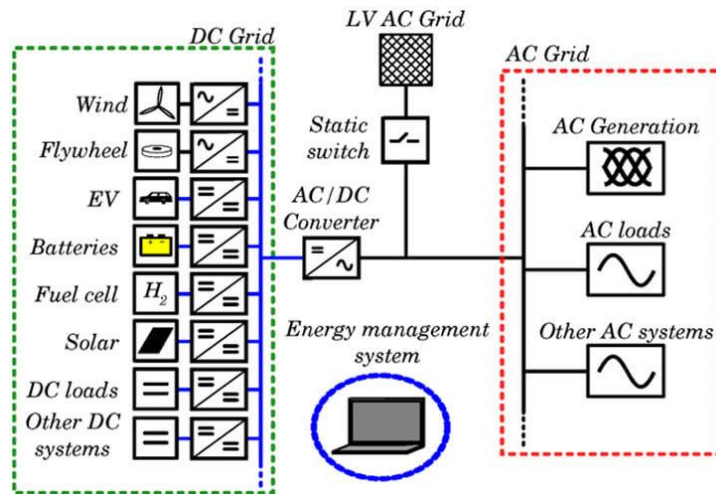


Fig 1. Esquema de operação de uma micro-rede [2]

Estas micro-redes são sistemas que devem ter um elevado grau de comunicação entre as diferentes partes do sistema, uma vez que o equilíbrio entre a geração e a procura deve ser sempre compensado. A complexidade da rede não pode, de modo algum, comprometer o fornecimento ininterrupto da eletricidade da instalação. Para as micro-redes ligadas à rede de alimentação principal, deve estar disponível um sistema de segurança para evitar danos na instalação. Como se pode ver, o inversor é o elemento central da instalação e, portanto, o objeto de controlo.

2.2 Estrutura e Funcionamento de um Micro-rede

Como o nome sugere, uma Micro-rede consiste numa interligação de diferentes elementos eléctricos, com a característica de ter um tamanho operável pelo mesmo agente. Estas redes podem ter o poder desejado, mas devem ser sempre bem dimensionadas para as cargas que lhe estão associadas. Inicialmente, um Micro-rede consiste num elemento autónomo capaz de gerar a energia necessária para a sua própria subsistência, pois tem diferentes elementos que a compõem:

- Geração: Painéis solares, geradores eólicos, micro turbinas, pilhas de combustível, etc. Tudo controlado por uma ligação electrónica de alimentação (Inversor);
- Armazenamento: Pilhas, acumuladores térmicos, volantes, ultracondutores, etc.;
- Cargas: Eléctrica e Térmica. Podem ser controlados para implementar estratégias de poupança de energia (*Peak shaving...*);
- Interruptores: Se ligado à rede de distribuição principal;

- Proteções: Potência de curto-circuito para detecção de falhas, transições ligadas a ligações ligadas;
- Sistemas de controlo: Controladores locais, comunicações, distribuição de controlo, sistema de controlo central SCADA. Tudo deve ser operável pelo mesmo agente.

O funcionamento da Micro-rede é bastante simples em comparação com o funcionamento da rede elétrica geral. Os elementos geradores transformam a energia recebida da natureza em eletricidade para a rede. É importante conhecer bem as cargas de rede em questão, para que possamos definir com precisão a energia de produção necessária para não ficarmos sem energia. Essa energia é derivada para o centro de controlo, onde um programa de gestão de dados como o SCADA decide para onde vai a eletricidade. Isto pode ir para alimentar diretamente as cargas ou a energia pode ser armazenada nas baterias dependendo da estratégia que é adotada em cada situação. Se estiver ligada à rede, existe também a opção de vender eletricidade à rede para proporcionar estabilidade à rede, embora a remuneração dessa energia dependa da legislação de cada país. Para instalações isoladas, o controlo é responsável pela manutenção da instalação.

No âmbito do funcionamento deste tipo de instalações, encontramos certos aspetos que favorecem o desenvolvimento deste tipo de tecnologia, bem como elementos que vão contra ela.

Vantagens:

- Os micro-redes permitem uma maior qualidade de oferta, uma maior poupança e uma menor dependência da rede de distribuição;
- Podiam trabalhar ligados e isolados da rede pública de distribuição;
- A proximidade da localização das fontes de produção e a utilização em rede dos vários sistemas de energia e calor aumentam consideravelmente a eficiência energética de todo;
- A rede pública beneficiaria igualmente destas micro-redes, uma vez que apoiariam o seu funcionamento em caso de falha;
- As micro-redes utilizam menos energia do que os sistemas de geração e distribuição centralizados de hoje;
- As Micro-redes reduziriam as emissões de gases com efeito de estufa e impulsionariam a implantação de energias renováveis;
- Mesmo os consumidores que não beneficiam dos benefícios diretos dos micro-redes também poderão beneficiar destes sistemas. Isto porque um aumento da utilização destes produtos resultará numa redução dos custos energéticos devido à redução da procura máxima na rede de distribuição.

Desvantagens:

- Falta de regulamentos específicos que impeçam a sua generalização;
- Como tecnologia que ainda não está em vigor nos mercados, trata-se de sistemas energéticos excessivamente dispendiosos. Esta é a principal desvantagem dos micro-redes, uma vez que, por não ter um estudo aprofundado sobre a sua utilização, a implementação de hoje continua a ser excessivamente dispendiosa.

2.3 Geração distribuída e micro-redes

Tradicionalmente, o sistema elétrico baseia-se numa estrutura centralizada composta por subsistemas de geração, transporte e distribuição. Esta estrutura centralizada decorre da existência de economias de escala ao nível da geração derivadas do crescimento da eficiência com o aumento da potência dos geradores. Os avanços nas tecnologias de geração fizeram com que o custo mínimo, por unidade de energia gerada, seja obtido a uma potência menor e a centrais geradas por energia mais pequena. Este facto, aliado ao elevado nível de eficiência alcançado nas centrais elétricas mais pequenas, a disponibilidade de tecnologia de produção de energia renovável e a libertação do mercado da eletricidade promoveram a transição para um sistema de produção de energia distribuído. Esta transição envolve uma mudança na topologia do sistema elétrico.

O conceito de geração distribuída refere-se a uma fonte de energia elétrica ligada diretamente à rede de distribuição ou através de uma rede de energia do consumidor ligada, por sua vez, à rede de distribuição. A Figura 2 compara a geração centralizada atual, uma ideia de geração distribuída proposta pelo modelo de micro-rede. Observa-se a diferença entre um sistema linear e simples, com uma rede mais complexa e ao mesmo tempo mais coletiva, uma vez que a geração é distribuída entre os consumidores.

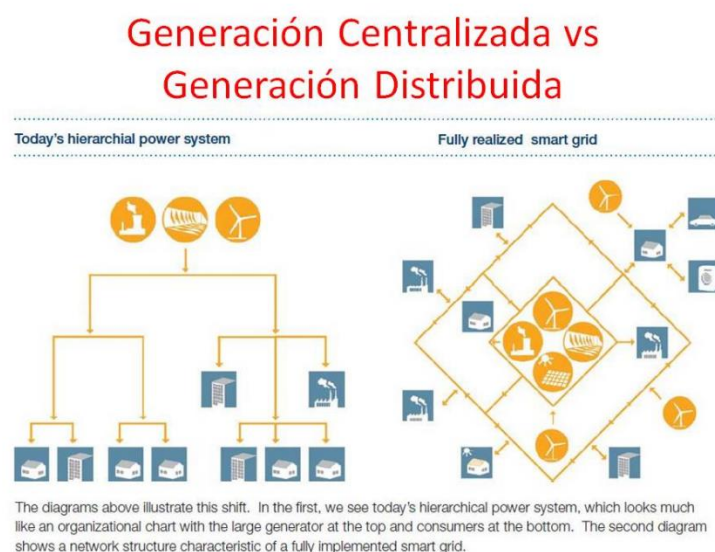


Fig 2. Esquema comparativo de geração centralizada e distribuída. Fonte: <https://jmirez.wordpress.com/2012/05/>

Em geral, e tendo em conta os aspetos regulamentares para o sector da eletricidade espanhola, pode dizer-se que em Espanha é entendido pela geração distribuída:

- Pequena potência e localização em pontos próximos ao consumo;
- Estar ligado à rede de distribuição;
- É comum que uma parte desta geração seja consumida pela mesma instalação e o resto seja exportado para uma rede de distribuição;
- Não existe um planeamento centralizado desta geração e não é habitualmente despachado centralmente;
- A potência dos grupos é geralmente inferior a 50 MW;
- A GD descontrolada é considerada uma potência inferior ou igual a 10 MW.

Um dos principais pontos fortes das micro-redes é a sua capacidade de operar isoladamente quando há um defeito ou perda de fornecimento por parte da rede de distribuição geral. Este modo de funcionamento chama-se operação insular, uma vez que a micro-rede é desligada da rede geral e torna-se uma ilha composta por DG e consumidores. Esta capacidade operacional isolada e autónoma tem um impacto positivo na qualidade e fiabilidade do fornecimento de energia. Uma vez que ao consumidor final será garantida a continuidade do fornecimento, apesar das descontinuidades no fornecimento geral de energia da rede associada a falhas, operações de manutenção e lacunas de tensão.[1]

Existe também a possibilidade de criar micro-redes maiores e de parceria com outras micro-redes para dar ainda mais segurança no fornecimento das próprias redes. Ao criar a sua própria rede, é possível associar-se a outros consumidores que usufruem do mesmo regime de consumo sob a forma de Micro-rede, criando uma malha de segurança para lhe dar fluxos de energia. Se estes consumidores forem agrupados em associações maiores, podem ser agrupados sob o mesmo agente, o agregador. Com este valor apresentado, o agregador atua como intermediário entre os consumidores e a rede. Dependendo da potência que está a ser trabalhada, o agregador tem a opção de gerir os fluxos de energia internos para minimizar os custos, ou pode optar por vender eletricidade à rede para estabilidade, sendo assim recompensado como um elemento de controlo.

2.4 Exemplos de Micro-estratégias

Existem vários exemplos de micro-redes no mundo que já estão em funcionamento e têm avaliações positivas no que diz respeito ao seu funcionamento. As instalações europeias já estão funcionais para obter informações sobre a estrutura destas, bem como para obter ideias e conhecimentos sobre a utilização de tecnologias renováveis no ambiente de uma Micro-rede.

- **Instalação de fase única com 100% renovável no Sos del Rey Católico**

É capaz de oferecer mais de 65 KWh/Dia, graças à contribuição da energia eólica fornecida pelas turbinas eólicas e à sua configuração correta combinada com painéis solares. Esta instalação foi realizada pela ENAIR, empresa que fabrica e instala turbinas eólicas.

As instalações que combinam energia solar e eólica, são muito interessantes para este tipo de instalações que requerem uma contribuição energética 24 horas por dia 365 dias por ano, uma vez que à noite, porque não está disponível para a energia solar, é o vento que executa esta função sempre dando um fornecimento de carga às baterias, o que lhes permite ser descarregados em menos profundidade, e ciclos de vida mais longos. A Figura 3 mostra uma fotografia da instalação.



Fig 3. Instalação solar e eólica no Sos del Rey Católico [3]

As vantagens de misturar instalações profissionais, são conhecidas pelo sector das energias renováveis desde há muito tempo, mas foram alargadas de utilização devido à falta de desenvolvimento da tecnologia utilizada no passado por pequenas turbinas eólicas, uma vez que eram fracas, produziam pouca energia e necessitavam de grande manutenção, falamos de tecnologias de baixa qualidade desenvolvidas há muito tempo.

É com a nova tecnologia da ENAIR, baseada em padrões de trabalho profissionais que este tipo de aplicação recuperou a confiança de um setor tão profissionalizado como o das telecomunicações. [4]

- **MicroGrid SmartCity Málaga**

O projeto SmartCity Málaga visa integrar de forma otimizada as fontes de energia renováveis na rede elétrica, aproximando a geração do consumo através da criação de novos modelos de gestão da produção de energia de microgeração. Os sistemas de

armazenamento de energia alimentados a bateria serão geridos para facilitar o seu subsequente consumo na construção de ar condicionado, iluminação pública e transporte elétrico. E a utilização de carros elétricos será reforçada com a instalação de postes de carregamento e a implementação de uma frota de veículos. Figura 4 mostra uma apresentação de slides do projeto, mostrando os diferentes objetivos deste.

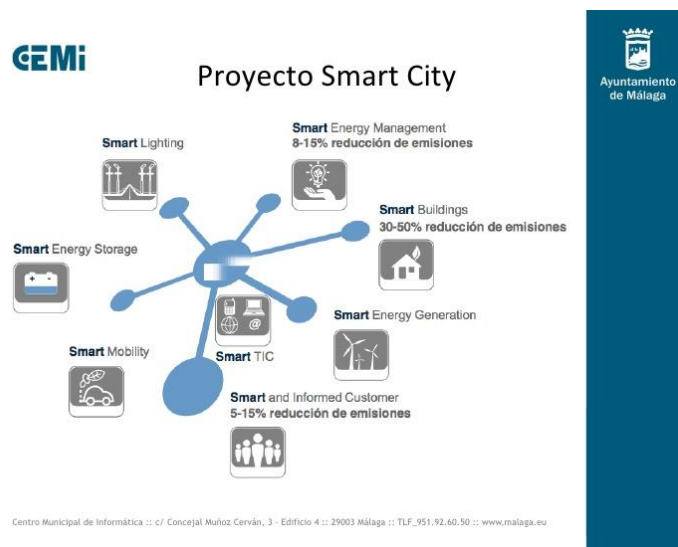


Fig 4. Mapa conceitual da Smart City. Fonte: <https://es.slideshare.net/davidbuenov/caso-prctico-ciudad-de-malaga-smart-cities>

O objetivo final do projeto é demonstrar como é possível alcançar, com o desenvolvimento destas tecnologias, uma poupança de energia de 20%, bem como a redução de emissões de mais de 6.000 toneladas de CO₂ por ano. O local selecionado para o caso de demonstração está localizado em Málaga, Espanha. A atual instalação em que será implementado o caso em demonstração presta serviço a 12.000 clientes, tem cinco linhas de média tensão, tem 59 centros de processamento MT/BT e tem uma potência instalada total de 35 MVA. O sector do estudo tem um consumo atual de 70 GWh por ano, o que equivale a uma emissão de 28.000 toneladas de CO₂ por ano. No que diz respeito à integração de tecnologias de baixa tensão, está prevista a implementação de instalações solares fotovoltaicas e solares em edifícios públicos. Prevê igualmente a integração da geração de média tensão através de uma instalação de trigeração de 2,74 MW.

- **Aldeia isolada em Cabo Verde**

A instalação do "Valeda custa" em Cabo Verde, é um projeto que tem sido realizado graças a fundos europeus de colaboração e que tem exigido a utilização da mais recente tecnologia em energias renováveis.

Este novo projeto tem sido baseado no desenvolvimento de uma central de micro-produção de energia através de energias renováveis que combinam tecnologia solar policristalina, mini eólica e os inversores SMA mais avançados do mercado.

A central de microgere tem uma potência nominal de 45KW e é capaz de fornecer picos de pontos superiores a 100kW. Além disso, graças ao adequado

dimensionamento de equipamentos de geração, existe um equilíbrio perfeito entre geração e consumo, de modo que o próprio *design* do sistema faz com que a energia flua de turbinas eólicas e fotovoltaicas para a rede da Vila sem ter de passar por baterias. O facto de a energia só circular através de baterias em casos específicos é uma vantagem muito importante neste tipo de sistema, pois evita ciclos de carga e proporciona uma vida útil muito mais longa às baterias.

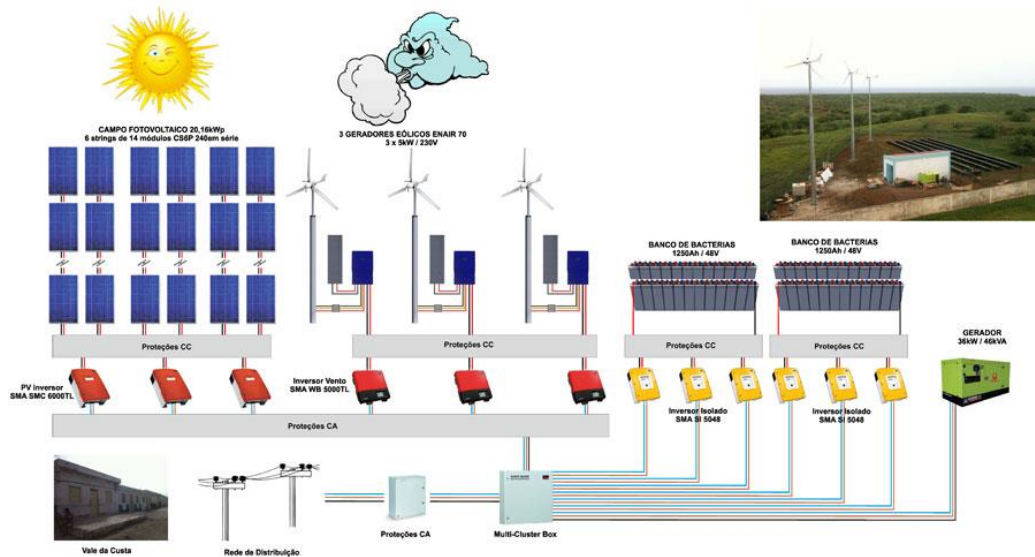


Fig 5. Esquema de operação do sistema elétrico da aldeia [4]

A instalação composta de 15 kW de Geradores eólicos e 20 kW de fotovoltaica está ligada diretamente ao autocarro alternado de consumos por inversores de rede que são geridos por 6 gestores de rede inteligentes como visto na Figura 4. Estes criam a rede trifásica mantendo uma tensão de 400V, 50Hz totalmente estável. A gestão consiste em fornecer energia da bateria à rede, carregar baterias com excessos de produção, iniciar um conjunto de geradores de suporte, se necessário, e, até mesmo, iniciar cargas externas auxiliares otimizando a geração de energia.

A rede trifásica gerada é distribuída por toda a Vila graças a uma nova linha de energia instalada com mais de 10 km de extensão. No caso de ser necessária mais energia, a central de microgeração é replicável para que várias destas possam ser colocadas distribuídas pelos perímetros da vila e com a possibilidade de procurar os pontos mais favoráveis dos recursos eólicos e solares. [4]

- Kynthos

A micro-rede instalada em Kynthos, uma ilha no arquipélago cicládico do mar Egeu, foi construída no âmbito de projetos parcialmente financiados pela Comissão Europeia. A instalação está em curso desde 2003. A micro-rede situa-se a 4 km da rede pública de média tensão e, portanto, funciona isoladamente. As instalações fornecem energia a doze casas. Trata-se de uma rede monofásia constituída por companhias aéreas e por uma infraestrutura de comunicações implantada paralelamente à infraestrutura elétrica. O sistema é composto por 10 kW de geração fotovoltaica, um banco de baterias com capacidade nominal de 53 kWh e um gerador diesel de 5 kVA [9]. A micro-rede dispõe também de um sistema secundário responsável por fornecer a energia necessária ao sistema de monitorização e comunicação de micro-redes. O subsistema secundário é composto por 2 kW de geração fotovoltaica localizada no telhado do centro de controlo de micro-rede e ligada a um inversor de sunny-island e a um banco de baterias de 32 kWh. A figura 6 retrata esquematicamente a micro-rede de Kynthos.

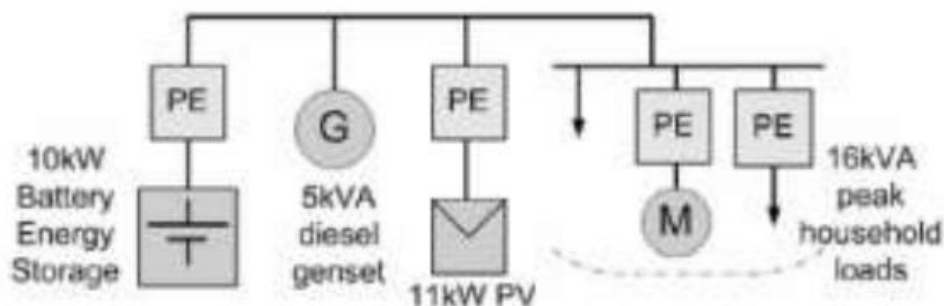


Fig 6. Esquema operacional de micro rede [1]

O capítulo 2 apresentou sucintamente alguns exemplos de aplicações práticas associadas às micro-redes e tecnologias subjacentes. O capítulo seguinte visa a pesquisa acerca das principais fontes de energias renováveis usadas nas micro-redes indentificadas.

FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

3. FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

3.1 Introdução

As formas convencionais de energia baseiam-se no princípio da queima de elementos fósseis, como o carvão ou o gásóleo. Os produtos derivados desta combustão, como os óxidos de carbono e o azoto, acumulam-se na atmosfera, contribuindo para o efeito de estufa e, assim, o aquecimento global. Além disso, na maioria dos casos, a energia térmica obtida a partir destas reações químicas deve ser transformada noutras formas de energia para consumo. Um exemplo é o motor de combustão dos veículos: a energia química do combustível, transforma-se em energia térmica graças ao efeito da combustão e, por sua vez, transforma-se em energia mecânica entregue ao eixo do motor, proporcionando o movimento desejado sobre as rodas. Estas mudanças de forma de potência do primário para o fim reduzem significativamente o desempenho destes dispositivos, deixando rendimentos de cerca de 35%. Ainda assim, estes sistemas de geração têm uma grande vantagem sobre os sistemas renováveis: o armazenamento. Embora as energias convencionais representem um risco para a saúde de todos, é verdade que proporcionam uma fiabilidade que as energias renováveis ainda não conseguiram alcançar. É por esta razão que, na instalação a realizar, também é estudada a implementação de um conjunto gerador com combustíveis fósseis, embora se destine a minimizar a sua utilização, funcionando como *backup*.

A instalação em estudo baseia-se na obtenção da energia necessária para satisfazer as necessidades humanas necessárias naquela instalação, com a premissa de minimizar o impacto ambiental que isso implica, razão pela qual a base da geração do sistema é de natureza renovável. Existem numerosas formas de obter energia de forma renovável, embora todas tenham um ponto em comum: são inesgotáveis na nossa linha temporal. Ou seja, podem estar disponíveis ilimitadamente num limiar de tempo admissível. O exemplo mais lógico é a energia solar. O sol é uma grande massa de hidrogénio em constante fusão, na qual é transformado em hélio, produzindo grandes quantidades de energia. É claro que o hidrogénio usado como combustível nesta reação é um elemento finito, mas para o nosso curto tempo de existência em comparação com a estrela, assemelha-se a infinito.

A partir de fontes renováveis, podem ser obtidos dois tipos principais de energia: energia mecânica e energia térmica. Estas são as fontes de energia primárias, mas geralmente não são as formas de energia mais úteis para o consumo humano, pois é comum transformá-las em energia elétrica.

Fontes de energia térmica: estas são as fontes de energia renovável em que o calor é obtido, geralmente através de um fluido como a água. A partir destas fontes de energia primárias, a energia elétrica pode ser obtida, ou aproveitar diretamente o calor da água para uso humano. As mais difundidas são a energia geotérmica, a energia da biomassa e a energia solar térmica. Neste caso, estuda-se a utilização de energia solar térmica para fornecer água quente aos clientes de parque de campismo.

Fontes de energia mecânica: estas são as fontes de energia renováveis onde a energia cinética é obtida, geralmente num eixo fixo. Na grande maioria dos casos, esta energia mecânica é transformada diretamente em energia mecânica, graças a um alternador. O mais comum do género são a energia eólica, a hidroelétrica e as do mar. Neste caso, estuda-se a implementação dos sistemas eólicos e hidráulicos.

Uma exceção ao que precede é uma tecnologia generalizada, que obtém energia elétrica diretamente através da radiação solar, **solar fotovoltaica**. Grande parte da geração deste projeto é desenvolvida com esta tecnologia.

3.2 Energia Solar Fotovoltaica

3.2.1 Contexto histórico

A energia solar fotovoltaica usa a radiação solar para produzir energia elétrica. A energia solar tem sido aproveitada pelos seres humanos desde tempos imemoriais, mas só em 1838 Alexandre Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico. Ele notou que ao expor uma bateria de eletrólitos à radiação solar, aumentava a sua corrente. Depois dele outros cientistas trabalharam neste efeito, mas devido à entrada de combustíveis fósseis como motor da economia moderna, a maioria dos estudos foram rejeitados. Foi assim que até 1956 as primeiras células fotovoltaicas não foram comercializadas, onde foram usadas principalmente em satélites soviéticos e americanos durante a Guerra Fria. Hoje a paisagem mudou drasticamente, uma vez que os painéis solares fotovoltaicos são uma das maiores esperanças para a transição energética.

3.2.2 Geometria solar

Para compreender o funcionamento da energia solar fotovoltaica, é necessária uma pequena introdução à radiação solar e o seu impacto na superfície do nosso planeta. A Terra descreve uma órbita elíptica em torno do Sol, onde a duração deste movimento define a duração do ano da Terra. Durante este movimento de translação, as posições relativas dos dois corpos não são constantes, uma vez que existe um ângulo entre eles no que diz respeito ao seu eixo de rotação. Este ângulo é chamado de ângulo de declinação (δ) é diferente para cada dia do ano. É por isso que nos meses de verão o sol aparece mais alto do que nos meses de inverno, e por sua vez justifica a inversão das estações nos hemisférios norte e sul.

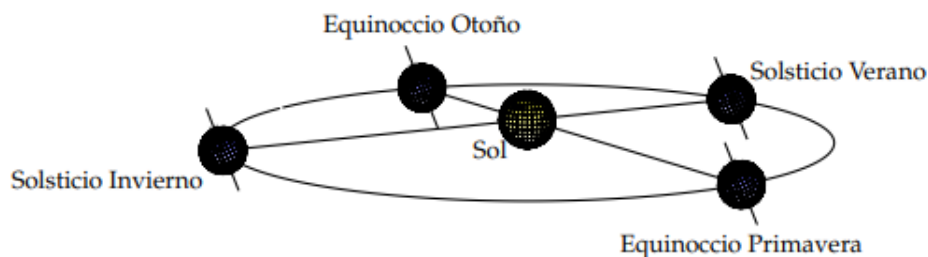


Fig 7. Trajetória Sol-Terra [6]

Este facto é importante na aplicação da tecnologia fotovoltaica, porque a energia produzida neles depende, em grande parte, do ângulo de incidência da radiação solar na superfície da terra, sendo o perpendicular o ângulo ideal. Desta forma, entende-se que, dependendo da latitude em que o painel fotovoltaico está localizado, deve adotar um ou outro ângulo, para maximizar a sua geração. Diferentes vetores de posição são definidos na figura 8:

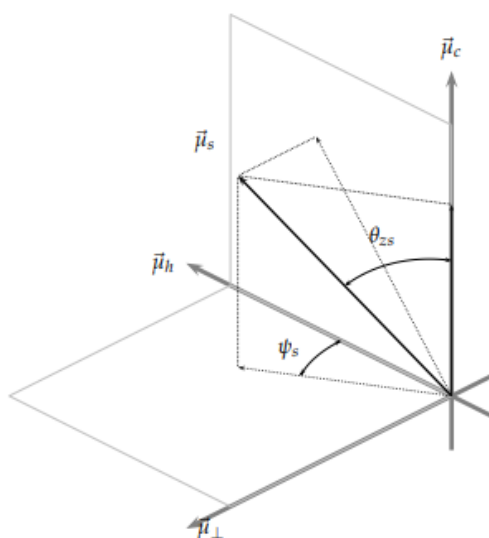


Fig 8. Vetores de posição solar [6]

$\vec{\mu}_c$: vetor superior, perpendicular à superfície da Terra.

$\vec{\mu}_h$: tangente vetorial ao meridiano na direção do equador e, portanto, direcionada para o horizonte sul (no hemisfério norte).

$\vec{\mu}_\perp$ — vetor perpendicular ao plano definido por $\vec{\mu}_c$ e $\vec{\mu}_s$ orientado para leste

O vetor solar $\vec{\mu}_s$ depende do azimute solar (ψ_s) e do ângulo cenital solar (θ_{zs}), que varia dependendo da latitude da terra como mostra a Figura 9. Também influenciam o cálculo do ângulo chamado tempo solar (ω) que mede a diferença entre o momento atual eo meio-dia.

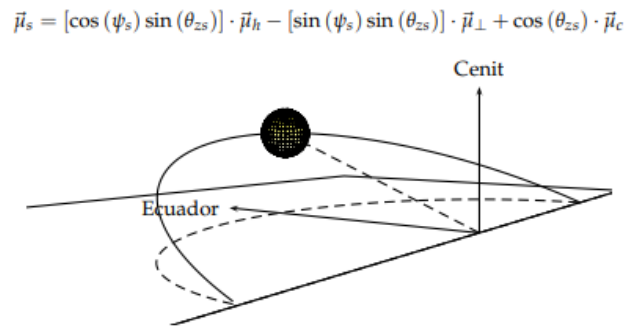


Fig 9. Equação do vetor solar e esquema da posição da terra em relação ao sol [6]

Estão disponíveis diferentes técnicas de rastreamento solar, onde são instalados eixos móveis ligados a um motor, programados para acompanhar o movimento do sol. Neste documento, apenas é estudado o sistema estático, uma vez que é o que é aplicado no projeto. Para mais informações consulte referências [6]. Os geradores fotovoltaicos estáticos são os mais difundidos em pequenas instalações devido à sua simplicidade. Baseiam a sua operação numa orientação para o equador (direção sul no Hemisfério Norte), com uma inclinação dependente da latitude. O diretor vetorial do plano gerador é dado pela seguinte expressão:

$$\vec{\mu}_\beta = \sin(\beta) \cdot \vec{\mu}_h + \cos(\beta) \cdot \vec{\mu}_c ; \cos(\theta_s) = \vec{\mu}_\beta \cdot \vec{\mu}_s \quad (1)$$

A orientação dos diferentes vetores e ângulos descritos em relação ao plano gerado pelo gerador fotovoltaico reflete-se na figura 10:

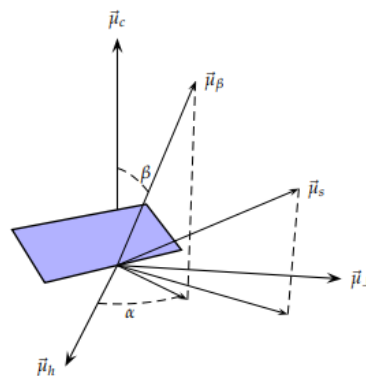


Fig 10. Posição da placa no que diz respeito aos vetores de posição [6]

Graças a todo o desenvolvimento geométrico feito acima, uma aproximação muito precisa do ângulo ideal pode ser obtida com uma expressão simples:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot |\phi| \quad (2)$$

Onde está a latitude em graus da posição da terra onde se quer aplicar o sistema gerador solar.

3.2.2 Radiação solar

O sol emite radiação constante no vácuo que é distribuído uniformemente em todas as direções. Esta radiação não sofre perdas durante a sua viagem pelo espaço, até entrar em contacto com a atmosfera terrestre. A constante de radiação solar B_0 é definida como o valor de irradiação solar incidente num plano perpendicular à radiação emitida pela estrela. O valor médio estimado aceite pela Organização Meteorológica Mundial é de $1367 \frac{W}{m^2}$. Este valor também muda dependendo da distância entre o Sol e a Terra. Quando entrou em contacto com a atmosfera terrestre, a irradiação sofre de difração devido ao impacto dos fotões com as diferentes partículas suspensas no ar. Com este efeito, distinguem-se diferentes tipos de irradiação:

Radiação Direta, B: representa a fração de irradiação proveniente de uma linha reta do Sol.

Radiação difusa, D: quantifica a radiação de todo o céu, exceto o Sol, e, portanto, inclui todos os raios espalhados pela atmosfera de acordo com os processos descritos

Radiação do albedo, R: é aquela fração de radiação da reflexão no solo. Geralmente dá uma contribuição muito pequena e, em alguns casos, pode ser desprezada.

A soma dos três acima define a Irradiação Global, G:

$$G = B + D + R \quad (3)$$

Para o cálculo da energia incidente nos painéis geradores, será necessário utilizar a Irradiação Global, uma vez que é o valor mais próximo da radiação que finalmente recebem. Outro elemento que influencia o cálculo é o ângulo de incidência e a sujidade. Como sistema estático, o ângulo de incidência raramente será de 90, o que reduz a irradiação recebida na superfície do apanhador. O efeito das partículas depositadas na superfície das células fotovoltaicas também reduz o desempenho das células fotovoltaicas.

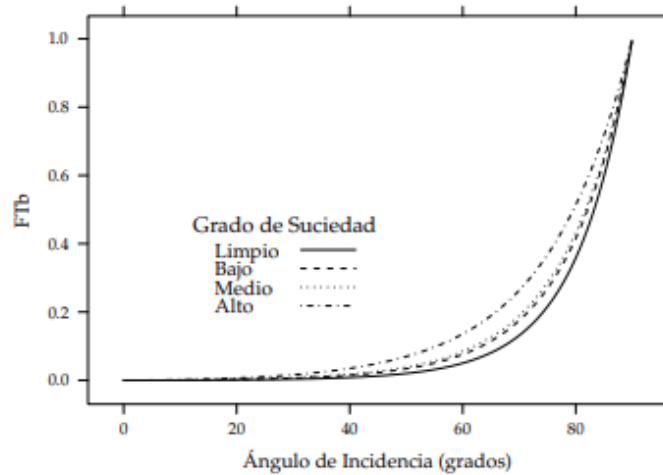


Fig 11. Gráfico que relaciona perdas de eficiência dependendo do ângulo de incidência [6]

Na Figura 11, podemos observar o valor das perdas na eficiência dos painéis (FTb) dependendo do ângulo de incidência e para diferentes graus de sujeira. A nível prático, existem muitas bases de dados, como o *"The Science Hub"*, onde os valores de irradiação podem ser extraídos para os diferentes dias do ano com valores dos satélites. O site da Comissão Europeia [12], permite-lhe obter diretamente os valores globais da irradiação e aplicá-los ao cálculo de energia dos geradores fotovoltaicos.

3.2.3 A Célula Solar

A base básica da célula fotovoltaica reside na electrónica. Na união dos sólidos, se os átomos estiverem ligados por ligações covalentes, os eletrões podem-se mover se encontrarem os átomos "buracos" para o fazer. Estas lacunas são o resultado da estrutura electrónica dos corpos através dos quais se deslocam. Dentro da electrónica, os materiais semicondutores são utilizados para direccionar estes eletrões, obtendo assim os fluxos de electricidade desejados. Estes materiais são o resultado da junção tipo p-n, onde impurezas como o silício e germânio são introduzidos, para produzir lacunas ou excesso de eletrões nos semicondutores. A Figura 12 mostra a estrutura atômica dos semicondutores.

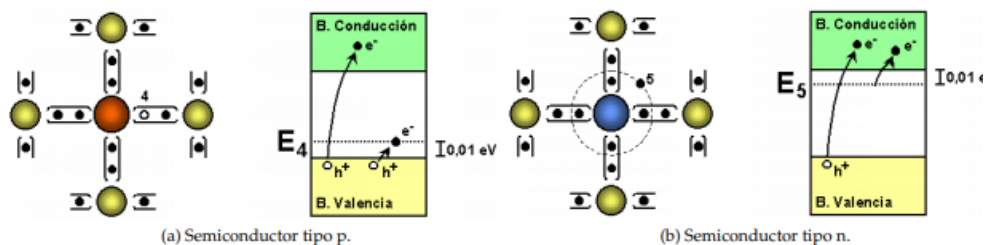


Fig 12. Estrutura atômica de semicondutores [6]

A união destes dois tipos de materiais cria um sólido pelo qual os eletrões podem mover-se de forma controlada como e visto na figura 13. Esta junta pode ser utilizada num circuito eletrónico se for aplicada uma diferença potencial. Ao gerar um campo elétrico que passa pela junção, ele ficará polarizado permitindo a circulação da corrente em apenas uma direção.

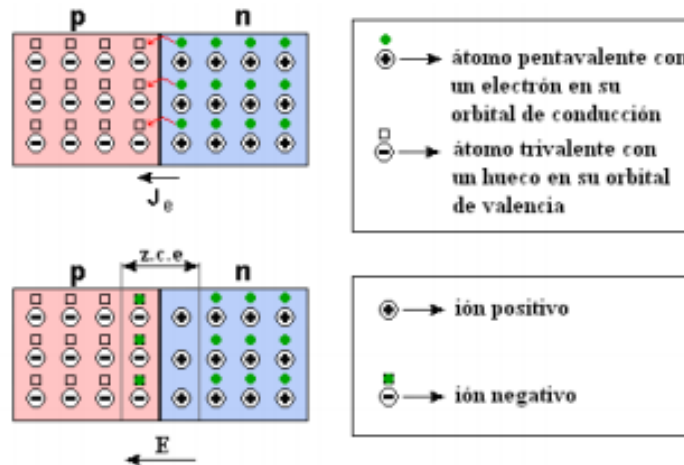


Fig 13. Movimento de elétrons dentro de semicondutores [6]

Esta estrutura em eletrónica é chamada díodo, onde a parte p é o ânodo e a parte n é o cátodo. É precisamente esta estrutura que as células fotovoltaicas usam, em combinação com uma característica da luz, o efeito fotoelétrico. A energia dos fotões afeta a junção p-n, gerando uma corrente de iluminação chamada fotocorrente. O uso de energia da célula fotovoltaica consiste em extrair esta corrente minimizando os pedides causados pelo díodo, que por sua vez também gera uma corrente.

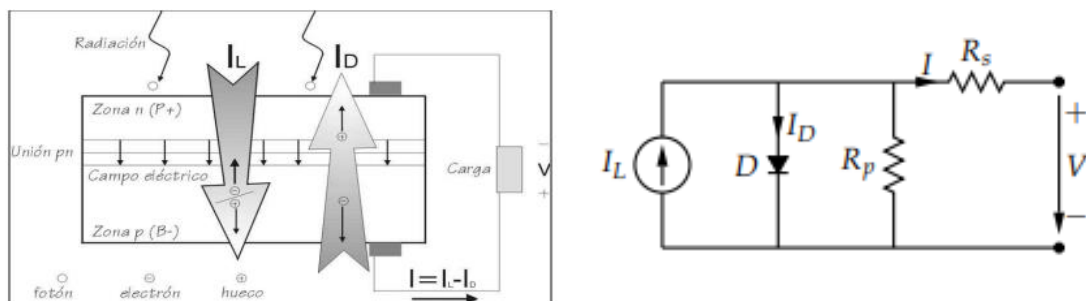


Fig 14. Esquema de operação de células fotovoltaicas e esquema elétrico equivalente [6]

A célula fotovoltaica pode ser modelada como visto na figura 14, onde a radiação solar é modelada como um gerador atual, enquanto as correntes geradas no modelo díodo

apenas como um. As resistências em série e paralelas referem-se a diferentes perdas no processo relativas a contactos metálicos e fugas de curto-circuito. Ao fazer referência a este circuito e operar nele, pode obter a equação (1) característica de curva característica para a célula solar:

$$I = I_{sc} \left[1 - \exp \left(\frac{V - V_{oc} + I \cdot R_s}{m \cdot V_t} \right) \right] \quad (4)$$

Onde i_{sc} a corrente de curto-circuito (V-0) e V_{oc} a voltagem do circuito aberto (I-0). O M refere-se ao fator de idealidade diodo, que pode ter valores entre 1 e 2. O V_t é conhecido como potencial térmico porque depende da temperatura a que a célula está localizada. Para o T-20oC, isto tem um valor de 25,85mV. Com esta informação pode desenhar as curvas de tensão de corrente de uma célula solar.

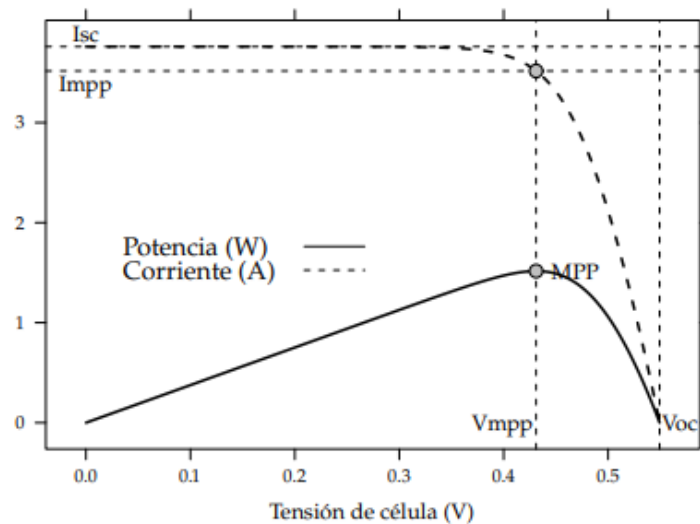


Fig 15. Tensão, corrente e potência da célula fotovoltaica [6]

Na Figura 15 pode ver-se o ponto de potência máxima, pelo acrónimo em MPP inglês (*Maxim power point*). Este ponto é definido pelo poder nominal da célula.

3.3 Energia solar térmica

3.3.1 Contexto histórico

A energia solar térmica aproveita o calor emitido pela radiação solar durante as horas do dia. Desde que os humanos começaram a se organizar em assentamentos, a energia do sol tem sido usada para aquecer e iluminar casas e assentamentos. Os romanos na sua descoberta do mundo desenvolveram as estufas para cultivar plantas exóticas dos confins do mundo. Mas a térmica solar como a conhecemos hoje aparece em 1767 do suíço Horace Bénédicte De Saussure, inventor do termómetro de hélio, um dispositivo capaz de medir a radiação solar. A partir daí começou o desenvolvimento de coletores solares capazes de capturar o calor emitido pelo sol e transferi-lo para a água para obter água quente para consumo humano. Mais tarde, a tecnologia foi desenvolvida para gerar energia mecânica a partir de coletores solares. Ao aquecer a água acima do ponto de ebulição, transforma-se em vapor capaz de operar uma turbina. Atualmente esta tecnologia está em desenvolvimento e instalação com coletores de cilindros parabólicos, diferentes desenhos com torres de captura e tecnologias Fresnel.

3.3.2 Componentes de instalação

Esta tecnologia é dividida de acordo com a função a que cada instalação se destina. Há três níveis de temperatura:

- Baixos;
- Médios;
- Altos.

As temperaturas baixas e médias concentram-se na obtenção de vantagens diretamente para a vida humana (água quente, fornos solares, aquecimento solar...), enquanto as de alta temperatura são usadas para gerar eletricidade.

No entanto, os componentes dessas instalações têm os mesmos princípios de funcionamento, embora certos aspetos possam variar. Os componentes básicos que são necessários são:

- **Capturer:** um elemento que captura a radiação solar e a transforma em energia térmica. Há duas formas de absorção, uma é armazenar o calor dentro do próprio apanhador, enquanto a outra é refletir os raios do sol para outro ponto onde o calor é armazenado;
- **Circuito primário:** é um circuito fechado que transporta calor do apanhador para o acumulador. Ali liberta o calor e volta ao apanhador para fechar o ciclo;
- **Acumulador:** é um reservatório onde o fluido que preserva o calor se acumula. É em forma de bobina para maximizar a superfície de troca e, assim, eficiência.

O calor é armazenado no interior do acumulador para quando for necessário usá-lo;

- **Circuito secundário:** pode ser fechado para aplicações de aquecimento ou para o circuito de consumo. A água fria entra numa extremidade que é direcionada ao acumulador ou ao permutador. Ali a água é aquecida e sai na outra extremidade com a temperatura certa para consumo.

A Figura 16 mostra o esquema operacional do sistema de água quente.

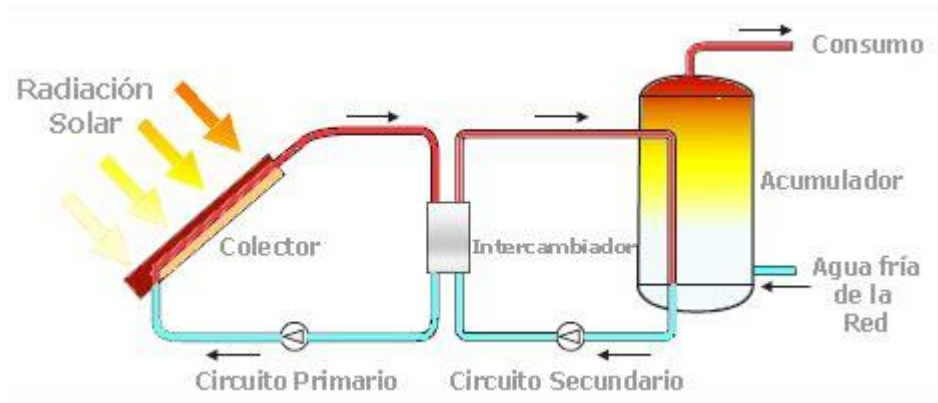


Fig 16. Esquema operacional para instalação térmica solar para água morna [8]

3.3.2 Geração de energia

A nível industrial, a geração de energia com tecnologia termo-solar é uma realidade em constante expansão. A principal vantagem destas instalações é que é uma das poucas energias renováveis capazes de fornecer energia continuamente mesmo sem radiação solar (se tiverem um sistema de armazenamento térmico). Existem principalmente 3 tecnologias de uso elétrico com tecnologia que temos, mas todas são baseadas no mesmo princípio.

Uma central convencional usa combustíveis fósseis para iniciar o chamado ciclo de energia. As centrais termo-solares só são diferenciadas das convencionais porque substituem as câmaras de combustão por coletores solares, mas o princípio de funcionamento é o mesmo. O calor gerado é transferido para um fluido de transporte térmico, que pode ser água ou óleo térmico, e este calor é usado para evaporar água que fornece a pressão necessária para operar uma turbina. Está ligado a um gerador elétrico que fornece energia à rede. A Figura 17 mostra o contorno de uma usina termo solar heliotática.



Fig 17. Esquema de uma usina termossolar heliotática. Fonte: <https://globalelectricity.wordpress.com/category/centrales-electricas/>

Existem sistemas auxiliares para as centrais elétricas que garantam o fornecimento contínuo. Uma opção é ter tanques de sal térmico para armazenar calor. O líquido aquecido no recetor transfere calor para um depósito de sal que armazena o calor em excesso. Este calor pode ser utilizado durante horas não radioativas para continuar a fornecer eletricidade. Também podem ter um sistema de combustão auxiliar para situações extremas sem radiação solar. A diferença nas centrais termocúscos reside no tipo de apanhador utilizado, pelo que um ponto a ter em conta é que os coletores termo-solares, ao contrário dos sistemas fotovoltaicos, só se aproveitam da radiação direta.

- **Apanhadores de cilindros parabólicos**

Este tipo de central consiste em linhas paralelas de recolha de cilindros parabólicos, albergando vários apanhadores em cada linha. Figura 18 mostra os apanhadores alienados em uma usina. Cada coletor é composto por um espelho de cilindro parabólico, que reflete a radiação solar direta sobre um tubo recetor colocado no ponto focal da parábola. O líquido térmico do transportador circula dentro do tubo que transporta calor dos recetores para a estação de processamento. Os valores reais de concentração desta tecnologia são entre 20 e 80 vezes, atingindo temperaturas até 400 °C.

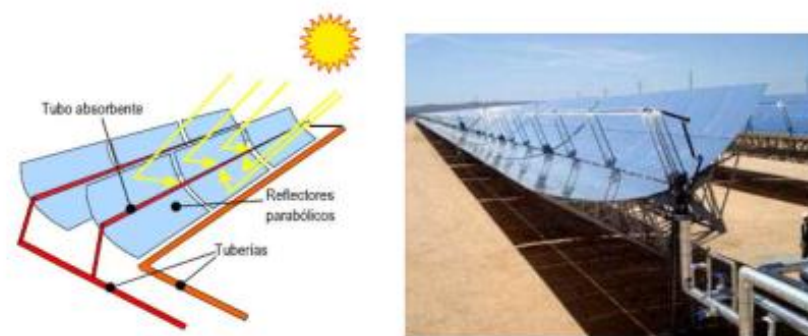


Fig 18. Usina termosolar com apanhadores de cilindros parabólicos. Fonte: <http://www.esrenovable.com/2011/09/tipos-de-centrales-solares.html>

- **Centrais elétricas da torre**

Consiste num campo de heliostats com um sistema de localização solar que reflete a radiação direta para um ponto comum no topo de uma torre como mostra a Figura 19. Ao ter múltiplos espelhos apontando para um ponto comum em todas as direções, o nível de concentração de radiação pode atingir até 1000 vezes, proporcionando temperaturas acima de 500 °C.



Fig 19. Usina térmica solar da torre. Fonte: <http://www.esrenovable.com/2011/09/tipos-de-centrales-solares.html>

- **Centrais elétricas de disco parabólico**

Estes são discos que funcionam independentemente concentrando os raios solares no centro da parábola. Existem diferentes tipos de discos como a Figura 20 mostra. O sistema de geração de energia está integrado e baseado num motor Stirling. Se houver vários espelhos disponíveis concentrando a radiação, os níveis de concentração entre 1000 e 4000 vezes podem ser atingidos com temperaturas superiores a 700 °C.

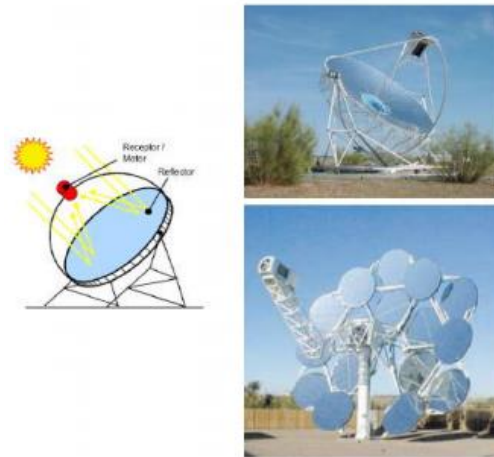


Fig 20. Disco de cilindro parabólico. Fonte: <http://www.esrenovable.com/2011/09/tipos-de-centrales-solares.html>

Nestas tecnologias, o poder que os colecionadores podem desenvolver depende da irradiação direta e da superfície de captação. É evidente que quanto mais metros quadrados de espelhos disponíveis, maior é a energia disponível. Desta forma, a potência do incidente é calculada como:

$$P_{inc} = S_{cap} \cdot I_B \quad (5)$$

Para a concepção completa da central são necessários muitos outros cálculos relativos aos diferentes elementos necessários para a produção de eletricidade, para que este cálculo defina a potência da central, mas apenas a potência que os coletores desenvolvem.

3.3.3 Água quente sanitária

Outro uso muito mais direto da energia termormo solar é aquecer a água a baixa temperatura, entre 40 e 80 °C, para consumo humano. Esta tecnologia é generalizada nas áreas rurais, bem como em superfícies onde são necessárias grandes quantidades de água quente (ginásio, hotel, parque de campismo...). Esta tecnologia difere, em muitas outras coisas, da anterior pelo tipo de coletores usados uma vez que em vez de refletir os raios solares, concentra-os no interior para reter calor dentro da placa em si. Para tal, os coletores consistem nos seguintes elementos:

- **Tampa:** O vidro geralmente minimiza a perda de convecção e radiação do topo da placa;

- **Canal de ar:** É um espaço que separa a tampa da placa absorvente. Procure o equilíbrio entre perdas de convecção e altas temperaturas que podem ocorrer;
- **Placa absorvente:** É o elemento que captura a radiação solar e a transita para o líquido que circula pelos tubos. Tem uma grande absorção solar e emisson térmico muito reduzida;
- **Tubos:** Os tubos estão em contacto com a placa absorvente para fazer a troca de calor. No interior circula o líquido portador de calor que é armazenado no acumulador;
- **Acumulador:** É um tanque de capacidade variável em que a água que já foi aquecida para consumo é armazenada;
- **Camada isolante:** Revestir todo o sistema para minimizar as perdas de convecção. Deve ser feito de um material com baixa condutividade térmica.

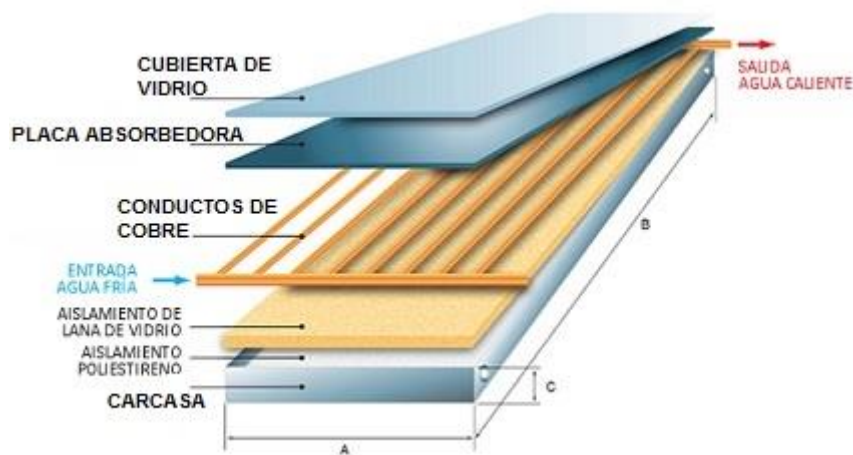


Fig 21. Apanhador solar de placa plana [8]

Existem principalmente três tipos diferentes de tecnologia para o fabrico destes colecionadores. A figura 21 mostra os colactores de chapas planas.

Coletores de chapas planas: É composto por um portão vertical de tubos metálicos, normalmente de cobre (ver figura 21) que conduzem água fria em paralelo e são ligados para cima e para baixo para a entrada de água e saídas. A placa de absorção aquece os tubos de cobre que aquecem a água no seu caminho.

Coleção solarde tubos de vácuo: Neste caso, é construída com tubos de vidro encapsulados noutro tubo de vidro entre os quais o vácuo é feito. Através do tubo interno circula-se o fluido que pode ser aquecido até 100 °C garcias para a redução de perdas por convecção.

Coletores solares do tubo de vácuo de mudança de fase: Este sistema aproveita a mudança de fase vapor-a-líquido dentro de cada tubo para fornecer energia a um segundo circuito de transporte líquido. O vapor gerado nos tubos sobe até ao topo, onde se condensa em torno de um tubo de cobre. As tréguas do circuito secundário absorvente circulam do tubo para este tubo. O vapor condensado cai nos tubos para recomeçar o processo.

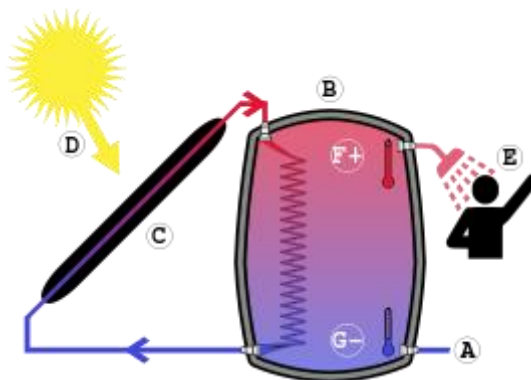


Fig 22. Esquema de operação de um coletor termosolar. Fonte: <https://es.wikipedia.org/>

Com esta tecnologia só é necessário ligar à entrada de água quente da casa o coletor solar como se fosse uma caldeira. A figura 22 mostra o sistema de conexão.

3.3.4 Aerotermia

A aerotermia consiste no uso da energia contida no ar que nos rodeia. Esta utilização é feita através da bomba de calor que transfere a energia térmica de uma fonte fria, como o ar de inverno para outra fonte mais quente, como uma sala. Para o efeito, são utilizadas bombas de calor de água do ar, ou seja, o calor obtido a partir do ar exterior é transferido para o circuito de aquecimento da água e para o AQS (água quente sanitária) da casa. O diagrama na Figura 23 mostra o funcionamento da aerotermia.

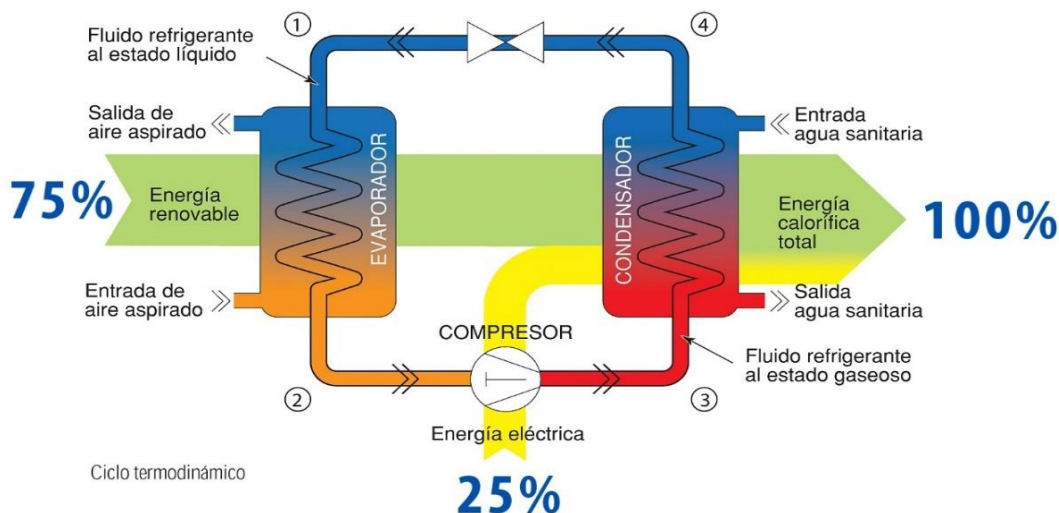


Fig 23. Esquema de operação de aerotermia. Fonte: <http://www.sogotek.com/instalaciones-termicas/aerotermia/>

O processo utilizado por esta tecnologia é invertido ao dos frigoríficos e consiste nos seguintes pontos:

1. O ar exterior é aspirado à bomba de calor por um ventilador. À medida que passa pela bateria do evaporador, o ar dá lugar ao seu calor, perde cerca de 10°C e é expulso;
2. O líquido de arrefecimento passa pelo evaporador e absorve o calor cedido pelo ar. Este processo faz com que o refrigerante mude de estado evaporando-se a uma pressão e temperatura estáveis (0 °C; 5 bar);
3. O gás refrigerante passa pelo compressor onde o aumento da pressão implica um aumento da temperatura, subindo para o estado de vapor superaquecido (70 °C; 20 bar);
4. No condensador o refrigerante dá o seu calor à água contida no acumulador. Este processo faz com que o refrigerante passe do vapor superaquecido para o estado líquido, condensando-se a uma pressão constante, mas com uma grande perda de temperatura (70-40 °C; 20 bar);
5. O refrigerante passa pela válvula de expansão, perde temperatura e pressão e volta às condições iniciais de pressão e temperatura (40°C → 0 °C; 5bar). O ciclo termodinâmico pode recomeçar para o funcionamento da aerotermia.

Esta tecnologia é referida como suporte para dias sem radiação solar. Este sistema é combinado com tecnologia fotovoltaica para minimizar as emissões com uma eficiência energética muito elevada.

3.4 Energia Eólica

3.4.1 Contexto histórico

A energia eólica aproveita o movimento das massas de ar para produzir energia mecânica. Os dados mais antigos de há mais de 5.000 anos mostram desenhos de navios com velas usadas para o transporte dentro do Nilo, no Antigo Egito. Até ao século XIX este recurso foi utilizado para o transporte marítimo, mas com a entrada do motor a vapor as velas foram relegadas. A energia eólica também foi usada em máquinas do século VI, onde os primeiros moinhos e bombas de água encontrados na região do Sijistan datam. Durante a Idade Média, as técnicas construtivas foram aperfeiçoadas de eixos verticais a eixos horizontais, como o grego ou o moinho holandês. Atualmente, dá os moinhos deixaram de ser um recurso utilizado apenas nas explorações agrícolas, para obter um papel importante na produção de eletricidade, especialmente nos países industrializados, fornecendo enormes quantidades de eletricidade a custos muito baixos.

3.4.2 Origem e cálculo do vento

A principal causa dos ventos provém da radiação solar, e da sua incidência diferente nas diferentes partes do globo. Nas áreas equatoriais, a incidência dos raios solares é maior do que nas regiões polares. O ar quente gerado por tais radiações eleva-se dos trópicos para as regiões polares, e isso é substituído pelo ar frio destas regiões. A rotação da terra assim como as diferentes estações do ano causam variações neste ciclo. A Figura 24 mostra os diferentes fluxos de ar na Terra.

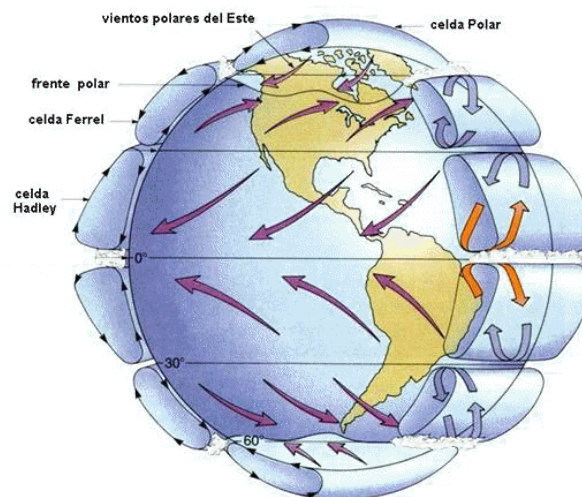


Fig 24. Movimento de massas de ar na Terra [9]

Há também outros fenômenos mais localizados onde o efeito da radiação solar afeta diretamente a climatologia das regiões. Nas zonas costeiras, há o fenômeno da terra e da brisa do mar. Durante o dia, o único aquece o mar e a terra, gerou acumulação de energia na água, i correntes de ar quente da terra para o mar. Durante a noite o processo é invertido, uma vez que a energia capturada pela água durante o dia aquece as massas de ar adjacentes gerando o fluxo oposto. Este fenômeno é desenhado na Figura 25.

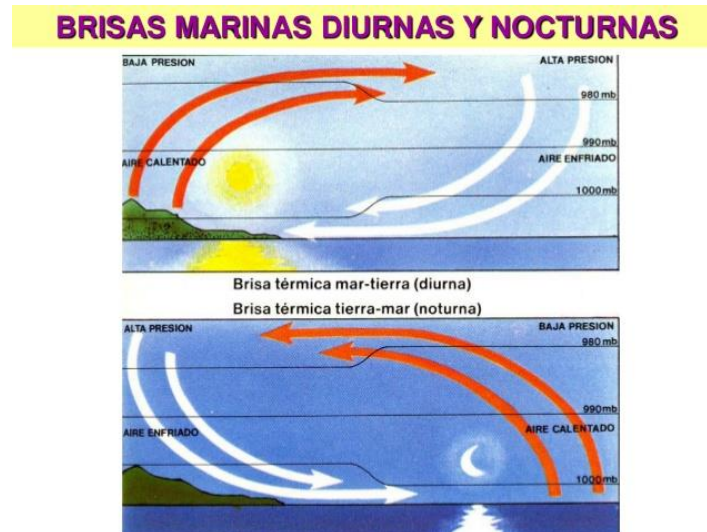


Fig 25. Movimento de ar dia/noite perto do mar. Fonte: <https://image.slidesharecdn.com/temperaturaycirculacin2-121201085228-phpapp02/95/temperatura-y-circulacin-2-29-638.jpg?cb=1354352048>

Note-se que a velocidade do vento varia para cima com altura e, ao mesmo tempo, depende da natureza do terreno em que viaja como visto na figura 26, por isso é vital escolher corretamente os locais e alturas onde colocar os geradores.

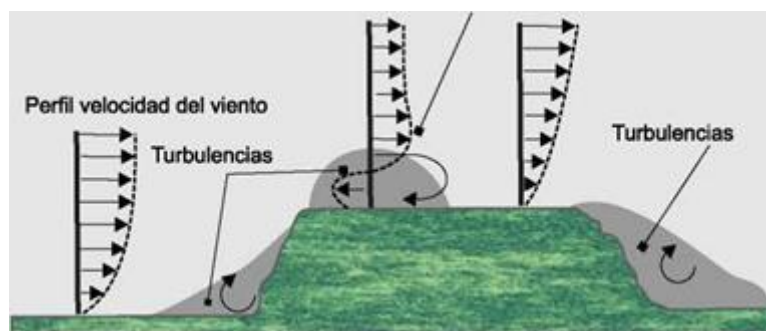


Fig 26. Perfil de vento enfrentando terrenos acidentados. Fonte: <http://energyprofessionalsymposium.com/img/1235/image535.jpg>

Embora as características do terreno definam a velocidade do vento em cada caso, para um terreno plano, uma relação pode ser aproximada entre a velocidade do vento, e a altura onde a medição é tomada:

$$\frac{U_2}{U_1} = \left(\frac{z_2}{z_1}\right)^\alpha, \alpha = \frac{1}{7} \quad (6)$$

Onde U é a velocidade do vento, e z a altura a que a medição é feita. O valor α chama-se "Fator de Tesoura". Se estiver disponível mais de uma medida, o valor alfa é utilizado para estimar outros valores como visto na figura abaixo:

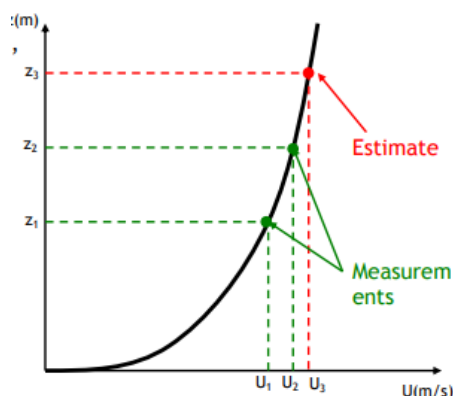


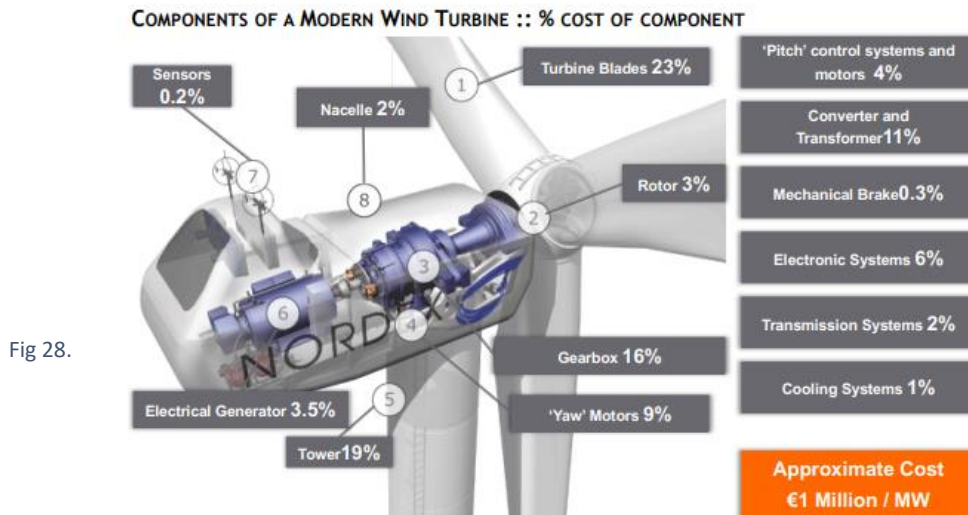
Fig 27. Cálculo aproximado da velocidade do vento para diferentes alturas [9]

$$\alpha = \frac{\ln\left(\frac{U_2}{U_1}\right)}{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}; U_3 = U_2 \left(\frac{z_3}{z_2}\right)^\alpha \quad (7)$$

Mesmo com estes recursos, é muito difícil estimar exatamente em que áreas o vento soprará com essa intensidade, uma vez que se trata de um recurso renovável muito variável. É precisamente esta característica que está a dificultar a sua realização em larga escala. Esta instabilidade gera desconfiança por parte dos intervenientes da rede, uma vez que não garantem uma oferta contínua ao nível da programação, dada a incapacidade de armazenamento.

3.3.3 Turbinas eólicas

A parte mais importante de uma turbina eólica é, sem dúvida, a turbina. Situa-se normalmente na extremidade superior de uma torre, para maximizar a altura e assim aceder às áreas onde o vento é mais intenso. É também a parte mais cara, requerendo 75% do investimento em grandes instalações onde são utilizadas turbinas eólicas de alta potência (1-5 MW).



Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 471 4200 - 072 Porto, Portugal

Componentes de uma turbina eólica [9]

Como se pode ver na figura 28, as turbinas eólicas têm tipicamente os seguintes elementos: As lâminas, onde ocorre a interação com o vento. O rotor, que permite a rotação do eixo. A caixa de velocidades, que percorre a rotação até ao eixo do motor, adapta a velocidade. Os motores de movem as lâminas e toda a turbina para otimizar a geração. O gerador elétrico ou alternador, que transforma energia mecânica em eletricidade, juntamente com outros elementos para o bom funcionamento da turbina eólica.

A parte mais importante dentro das turbinas são as lâminas (pás), pois são as que interagem com o vento. Para compreender a função que têm, é necessário fazer algum estudo aerodinâmico. A forma da lâmina (pá) foi concebida para maximizar a velocidade de viragem do motor. Embora existam múltiplas técnicas para o uso do vento, na parte da geração de eletricidade é padronizada a utilização de 3 lâminas (pás) no eixo horizontal, para grandes potências. Em turbinas eólicas mais pequenas, más são estudadas diferentes formas para otimizar o uso deste recurso, embora o design clássico também seja muito popular.

O ângulo de inclinação das lâminas, demasiado molhado nestes modelos de 3 lâminas, influencia diretamente as forças exercidas pelo vento nas lâminas e, assim, a velocidade de rotação da turbina. O ângulo de direção da lâmina é chamado de ângulo

de ataque (α) modificado usando o ângulo "pitch" (β). A Figura 29 mostra os ângulos em função da laminas.

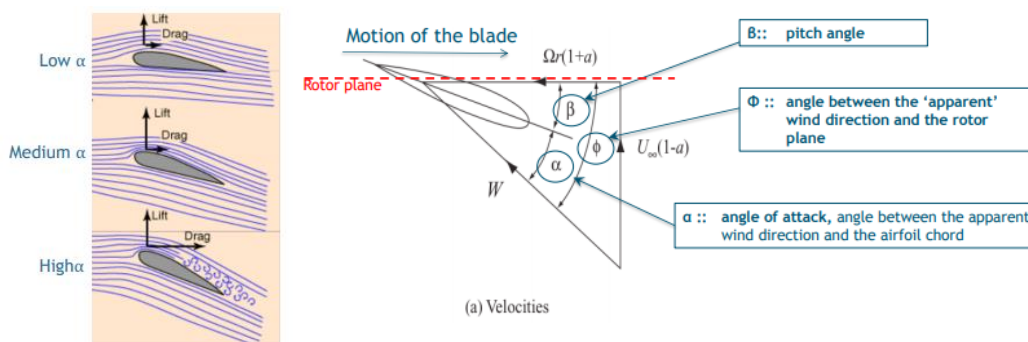


Fig 29. Ação do vento em lâminas e triângulo de velocidade [9]

Há dois tipos de força agindo na pá: a força de "elevador" e a força de "arrastar". Para α os pequenos, a força de arrasto fornece muito pouco, o que favorece a rotação para velocidades de vento mais pequenas. Ao aumentar o valor da componente "drag", aumentar a turbulência que retarda a turbina.

Esta técnica é usada para gerar eletricidade quando as velocidades do vento se aproximam dos limites de funcionamento da turbina eólica. O ponto de trabalho nesta situação situa-se entre 15° e 20° do α .

Claro que a potência entregue das turbinas depende da velocidade do vento. Desta forma, cada turbina eólica tem uma curva de geração que relaciona a velocidade do vento com a potência entregue. Todas as turbinas eólicas também têm estas estratégias de travão de segurança para abrandar a rotação em caso de exceder as velocidades limite de funcionamento. Tipicamente, estes limites de funcionamento para pequenas turbinas eólicas (3-10kW), como os utilizados neste projeto, variam entre 2 e 60 m/s. As turbinas eólicas de más de maior potência têm limites de funcionamento más mais estreitos, uma vez que necessitam de uma maior força de partida, e por sua vez não conseguem atingir velocidades demasiado elevadas devido à grande inércia que desenvolvem.

3.5 Energia Hidráulica

3.5.1 Contexto histórico

A energia hidráulica aproveita a força da água móvel para energia mecânica. Desde o tempo do Império Romano e antes deles, a civilização grega, o ser humano usa a energia da água para mover rodas hidráulicas. Estas máquinas estavam localizadas nos leitos do rio e com a interação da água nas suas pás obteve um movimento constante em torno de um eixo. Este movimento foi usado principalmente para triturar grãos de trigo. Muito mais tarde, o engenheiro britânico John Smeaton desenhou as bases da central hidroelétrica construindo uma roda hidráulica de ferro fundido. Com isto, durante a revolução industrial, a tecnologia hidroelétrica desempenhou um papel muito importante no reforço da indústria têxtil. Hoje, centenas de barragens em todo o mundo usam energia de água armazenada para gerar grandes quantidades de eletricidade, graças às modernas turbinas hidráulicas.

3.5.2 Utilização de energia

A principal aplicação da energia hidráulica hoje em dia é o fabrico de eletricidade. Para isso, a diferença de altura entre dois tanques é usada para baixar a água do nível superior para o nível inferior. Este processo transforma a energia potencial da água em energia cinética, que por sua vez é transformada em eletricidade graças à ação de um grupo de alternadores de turbinas. Para determinar a energia que pode gerar tais instalações é necessário observar o seu funcionamento.

Para determinar a energia que o fluido traz para a instalação é necessário conhecer o princípio de Bernoulli para fluidos incompressíveis. Este princípio determina que a energia inicial do fluido é mantida ao longo da rota dentro de um tubo. Devem ser mentedas, mas as diferentes perdas de energia durante o passeio. Isto leva-o à equação energética (4) em que se baseia todo o estudo hidráulico.

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{c_1^2}{2} + gz_1 + y_{pumps} = \frac{p_5}{\rho} + \frac{c_5^2}{2} + gz_5 + y_{turbines} + y_{loses} \quad (8)$$

Onde p corresponde ao valor da pressão. O coeficiente c é o da velocidade do fluido. O valor de z corresponde à altura. Os valores correspondem à energia das bombas, turbinas e perdas. Para o caso específico de uma turbina ver Figura 30:

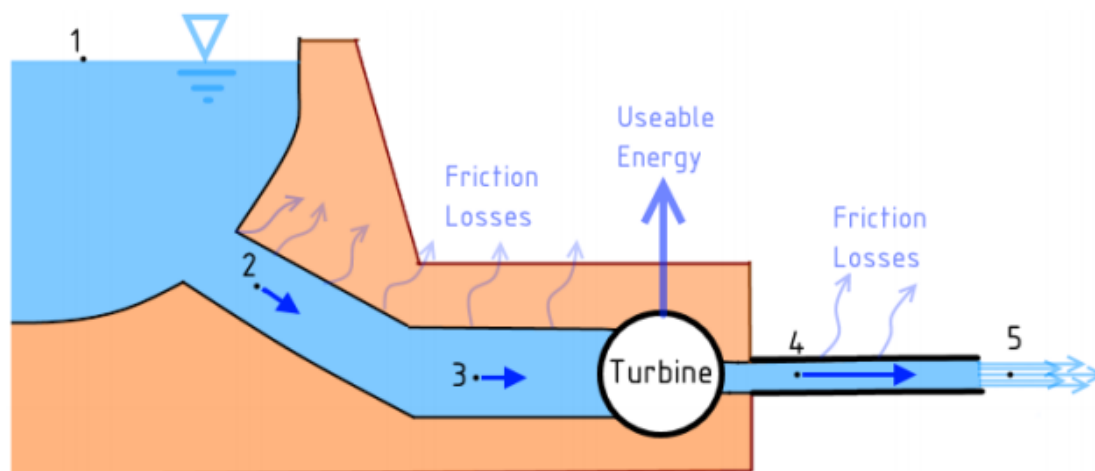


Fig 30. Esquema de utilização hidráulica com salto [19]

A potência instalada para uma turbina está diretamente relacionada com a energia produzida. Esta energia depende principalmente de dois fatores: fluxo e salto de água. Se é um tanque aberto (p-atm) e desprezamos o efeito da velocidade, obtemos o cálculo da potência como:

$$P_{inst} = \gamma \cdot Q_e \cdot H_n \cdot \eta_t \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_{tr} \quad (9)$$

Onde o peso específico da água (Q_e), é $9,81 \frac{kN}{m^3}$, Q é o caudal do afluente e H_n representa a altura de queda útil e os diferentes rendimentos referem-se aos rendimentos da turbina, multiplicador, gerador e transformador.

Como se pode ver na fórmula (5), a potência da instalação aumenta proporcionalmente com o caudal e a altura, desta forma podem ser adotadas diferentes estratégias de produção de eletricidade.

- Fluxo

O fluxo é definido como o volume de água por unidade de tempo que passa através de uma superfície. Nas instalações feitas de afluentes naturais de água, distinguem-se diferentes tipos de fluxo. Caudal máximo, que é o valor máximo que o caudal leva ao longo do ano. O caudal mínimo, também chamado de "stying", é o valor mínimo esperado ao longo do ano. O fluxo (Q_M)(Q_m)(Q_{sr})ecológico, é o fluxo que deve ser autorizado a fluir de forma constante para garantir a sobrevivência da flora e fauna do local da instalação. O esquema a seguir mostra as diferentes taxas de fluxo.

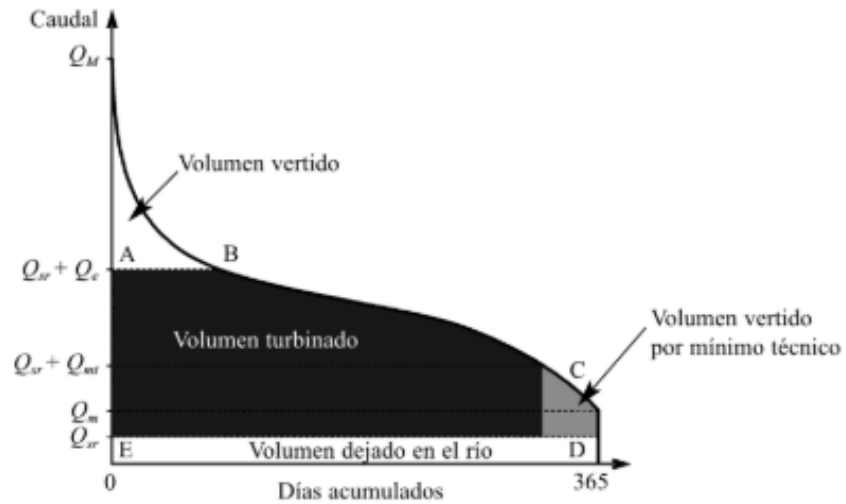


Fig 31. Fluxograma [10]

O caudal do equipamento, ou Q_e , é o caudal máximo que pode ser turbinado. O caudal técnico mínimo (Q_{mt}) é o caudal mínimo que pode ser turbinado proporcionalmente ao Q_e .

$$Q_e = Q_{med} - Q_{str}, Q_{mt} = K \cdot Q_e \quad (10)$$

Onde K é um fator que depende do tipo de turbina utilizada, como pode ver na tabela 1.

Tabela 1. Valores do fator K [10]

<i>Turbinas</i>	<i>K</i>
Pelton	0,10
Flujo cruzado (Ossberger)	0,15
Kaplan	0,22
Semikaplan	0,35
Francis	0,35
Hélice	0,65

O cálculo da turbina de volume total no final de um ano consiste em determinar a área em anexo por [ABCDE], na Figura 31. A eficiência deste fluxo consiste em dividir o volume total da turbina pelo volume total de água disponível.

- Altura de queda

A altura de queda é a distância em metros que atravessa a água verticalmente e desce do ponto mais alto da instalação para a turbina. Distintos tipos de salto: Altura de queda bruta (H_h): Es o salto total existente, o seu valor é igual à diferença de altura entre o nível a montante do salto e o nível inferior (o nível inferior depende do tipo de turbina).

Altura de queda útil (H_u): Esta é a diferença de altura entre o nível da câmara de carga e o nível inferior.

Altura líquida (H_n): Este é o valor obtido através da subtração das perdas de carga do salto de carga útil. Este é o valor usado para o cálculo da potência da turbina.

A Figura 32 mostra o funcionamento da unidade de controle e os diferentes tipos de alturas:

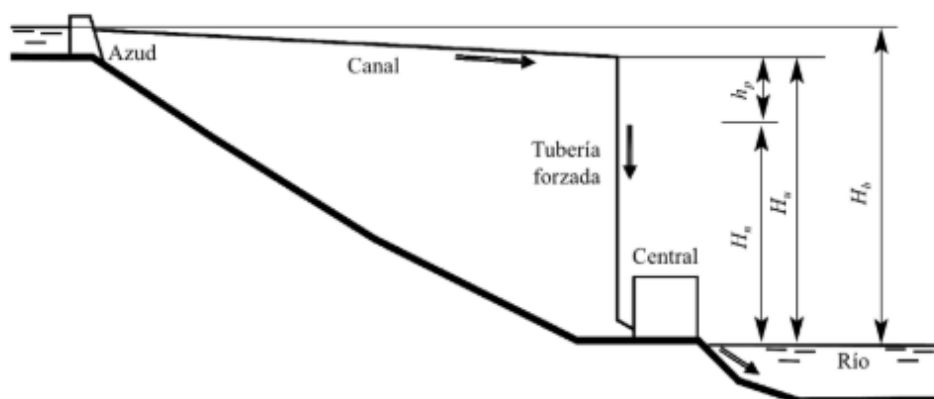


Fig 32. Esquema central hidrelétrica [10]

Perdas de carga (h_p): Corresponde à perda de altura efetiva devido a vários atritos nos elementos de condução e devido ao próprio movimento do fluido. Estes são divididos em dois tipos: perdas de linha e conhecimentos locais.

- Perdas de Linha (J_f)

Estas perdas dependem das condições do fluido energético, quer tenha um comportamento laminar ou turbulento, bem como a rugosidade, comprimento (L) e diâmetro (D) do tubo de canalização. Para tubos de secção circular são calculados através do seguinte expressão (6):

$$J_f = f \cdot \frac{8L}{\pi^2 D^5 g} Q^2 \quad (11)$$

Onde f é o coeficiente de Darcy, que depende da compressão do fluido dentro do tubo e Q é o fluxo do equipamento. Para determinar o valor de f é utilizado a partir do diagrama moody juntamente com o valor relativo de rugosidade do material que contém o tubo e o número de $(\frac{\epsilon}{D})$ reynolds (Re).

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (12)$$

O valor do número reynolds determina o tipo de regime de fluidos. Portanto, se a $Re < 2000$, é um regime laminar, para a $Re > 4000$ é um regime turbulento e se $2000 < Re < 4000$ é regime transitório.

Uma tabela de valores para os materiais mais comuns pode ser usada para destemporar o valor da rugosidade. Com estes valores definidos, só é necessário entrar no diagrama de moody (figura 33) para determinar o tipo de regime de fluido, i assim o valor de f .

Diagrama de Moody

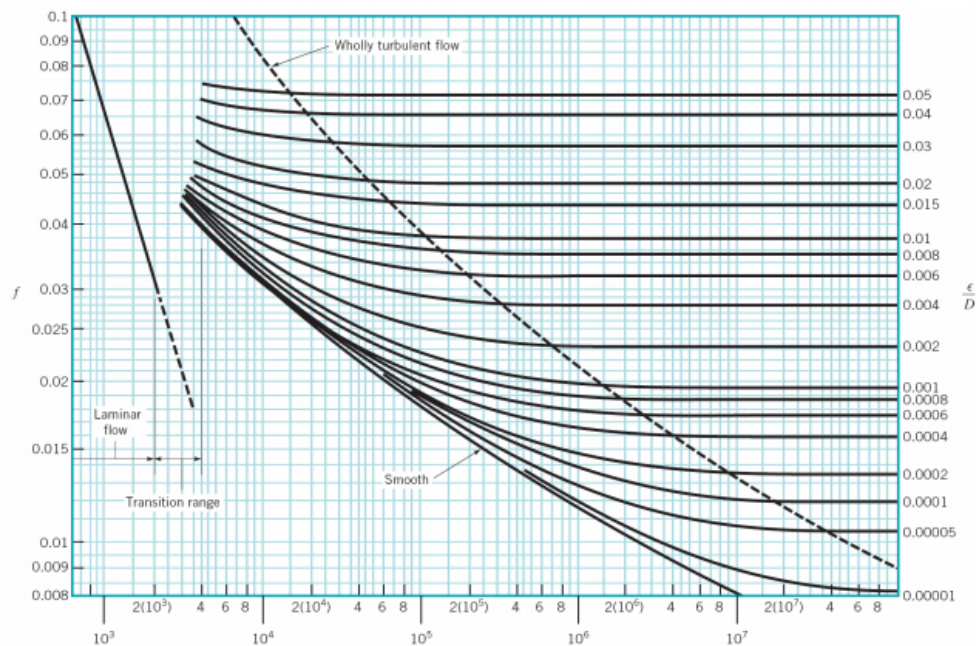


Fig 33. Diagrama de Moody [19]

- Perdas locais:

Estas perdas correspondem às causadas pelos diferentes elementos do gasoduto necessários para transportar o fluido do ponto de partida até ao fim. Quanto mais elementos de condução tiveres, maior é esta perda. São calculados com base na expressão (8):

$$J_L = K \frac{c^2}{2g} \quad (13)$$

O coeficiente K depende das características do acidente ou do elemento do tubo. Os valores deferentes que tomam são recolhidos numa tabela representada na figura 34.

	Nominal diameter, in									
	Screwed				Flanged					
	$\frac{1}{2}$	1	2	4	1	2	4	8	20	
Valves (fully open):										
Globe	14	8.2	6.9	5.7	13	8.5	6.0	5.8	5.5	
Gate	0.30	0.24	0.16	0.11	0.80	0.35	0.16	0.07	0.03	
Swing check	5.1	2.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	
Angle	9.0	4.7	2.0	1.0	4.5	2.4	2.0	2.0	2.0	
Elbows:										
45° regular	0.39	0.32	0.30	0.29						
45° long radius					0.21	0.20	0.19	0.16	0.14	
90° regular	2.0	1.5	0.95	0.64	0.50	0.39	0.30	0.26	0.21	
90° long radius	1.0	0.72	0.41	0.23	0.40	0.30	0.19	0.15	0.10	
180° regular	2.0	1.5	0.95	0.64	0.41	0.35	0.30	0.25	0.20	
180° long radius					0.40	0.30	0.21	0.15	0.10	
Tees:										
Line flow	0.90	0.90	0.90	0.90	0.24	0.19	0.14	0.10	0.07	
Branch flow	2.4	1.8	1.4	1.1	1.0	0.80	0.64	0.58	0.41	

Fig 34. Distância equivalente dos elementos de um tubo [19]

3.5.3 Turbinas hidráulicas

As turbinas hidráulicas transformam a energia cinética da água em energia mecânica rotacional, que por sua vez será usada por um alternador para gerar eletricidade. Todas elas são constituídas pelas mesmas partes: O tubo de entrada é o tubo através do qual a água entra, que é distribuída em vários pontos de saída pelo distribuidor através dos bocais. Ao sair destas, a água bate nas lâminas do impulsor, que gira o eixo da turbina. O impulsor consiste em múltiplas lâminas nas quais a água bate. Uma vez usada, a água sai do difusor. Existem diferentes formas de classificar as turbinas: de acordo com o eixo Y da entrada de água.

Turbinas radiais-axiais: a água entra no impulso radial e, em seguida, muda de direção para sair paralelamente ao eixo de rotação (direção axial).

Turbinas axiais: A água entra e sai paralelamente ao eixo de rotação da turbina

Turbinas tangenciais: A água atinge o impulsor apenas na periferia.

Turbinas mistas: A água entra no eixo da rotação na diagonal e sai axialmente.

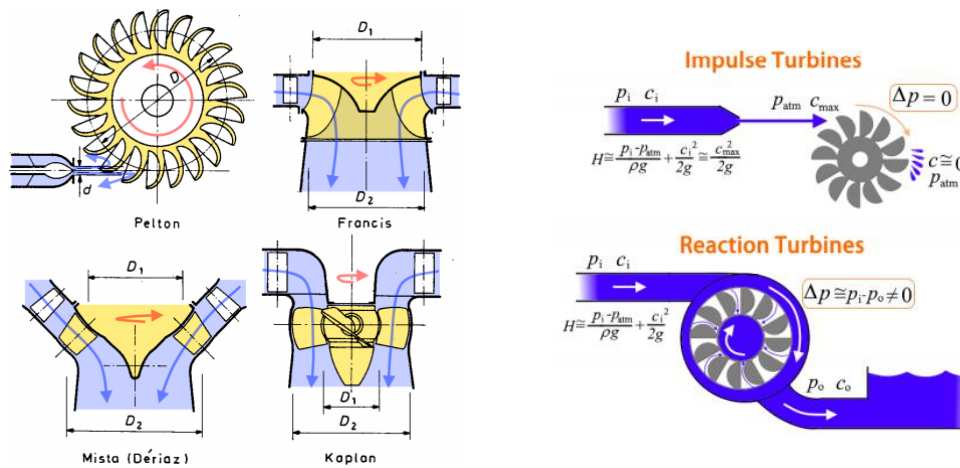


Fig 35. Esquema operacional da turbina [19]

Também podem ser classificados dependendo da forma como a água move o eixo da turbina:

Turbinas de impulso: O impulsor move-se apenas pela energia cinética do fluido

Turbinas de reação: O impulsor move-se através da energia cinética do fluido e graças a um gradiente de pressão entre a entrada e a saída.

As turbinas mais usadas a nível industrial são 3: o Pelton, o Kaplan e o Francis (ver Figura 35). Os peltons são usados para pequenos fluxos, mas grandes quedas de água, enquanto kaplans muito pelo contrário, grandes fluxos e pequenos saltos. Os Francis estão então no meio do avião.

Para este caso, estuda-se a utilização de turbinas mais pequenas, uma vez que a potência necessária é menor, por esta razão são selecionadas microturbinas HE. Estes são reação e tipo tangencial. Para determinar a potência, é necessária a utilização do gráfico fornecido pelo fabricante abaixo indicado mais adelante.

ESTUDO DE CASO

4. ESTUDO DE CASO

Como mencionado acima, o estudo de caso que ocupa este projeto baseia-se na concepção do fornecimento de eletricidade e água quente para um parque de campismo. Isto exige a utilização das tecnologias renováveis descritas no ponto anterior. Este documento baseia-se num projeto existente da concepção de toda a infraestrutura de parque de campismo a partir da qual são tomadas as referências básicas para iniciar o estudo de dimensionamento.

4.1 Quadro territorial

4.1.1 Localização e clima

O projeto coloca o parque de campismo no município de Tortosa, nordeste de Espanha e sul da Catalunha. O seu relevo é variado, desde a bacia do rio Ebro até zonas montanhosas, com declives bastante pronunciados. Tem uma notável riqueza paisagística devido a esta combinação de rio e montanha com um ecossistema em mudança devido à estreita influência do delta e das montanhas dos portos de Beceite ou do pescoço de Alba, zona onde se situa o Parque. A paisagem predominante é uma mistura de floresta mediterrânica, desde pinheiros até uma grande diversidade de plantas, arbustos e árvores. Não esquecendo a atividade agrícola tanto o arroz nas áreas próximas ao rio, como a azeitona nas partes de montanha.

A Tortosa situa-se entre áreas de elevado interesse natural, como o Parque Natural do Delta do Ebro e o Parque Natural dos Portos de Beceite e as Serras de Cardó el Boix, é por isso um local muito interessante a nível ambiental e turístico graças à sua diversidade de ecossistemas e locais.

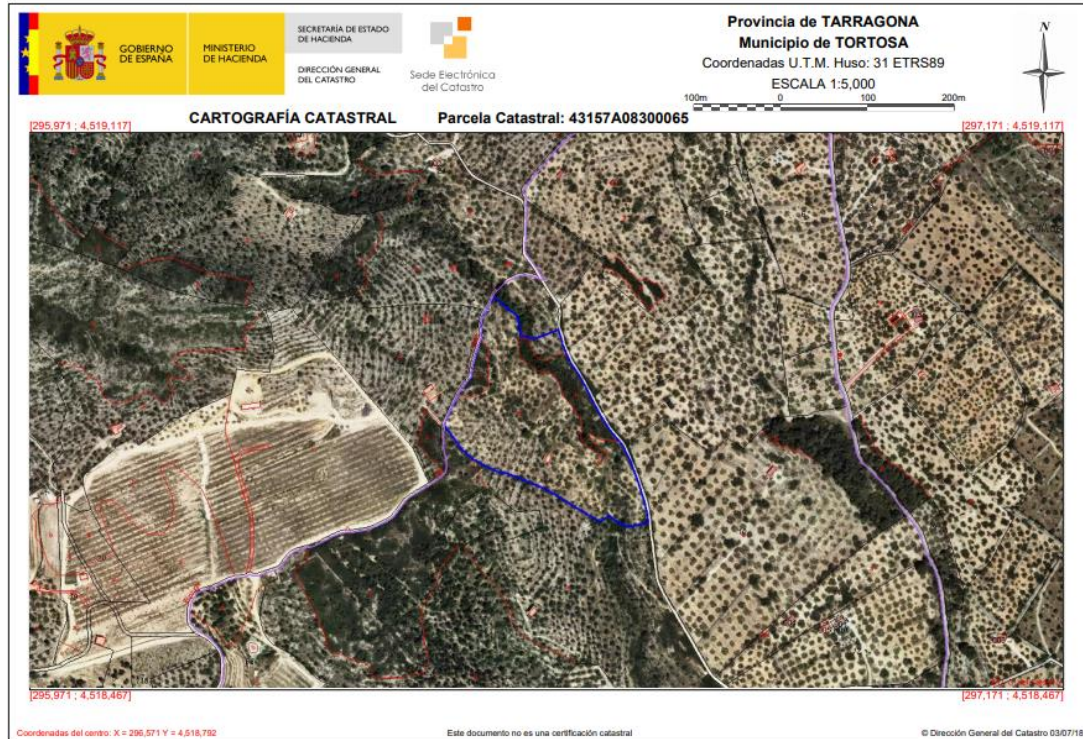


Fig 36. Referência cadastral da trama. Fonte: Ministério das Finanças espanhol

A Figura 36 mostra o documento cadastral do terreno da instalação, delineado em azul. As coordenadas UTM do centro da quinta onde se desenvolve o parque de campismo são:

$$X = 40.794463$$

$$Y = 0.588727.$$

A área total do terreno é de 3000 m².

O clima apresenta temperaturas moderadas (temperatura média de 17 C) e humidade elevada, com pouca precipitação e carácter tempestuoso. O verão é seco, enquanto a primavera e o outono são as estações em que chove mais. O fenómeno mais característico deste território é o vento, que é geralmente persistente e muitas vezes intenso. O mais comum é de norte e noroeste. Os ventos leste e nordeste (chamados de leste e leste) são responsáveis pelas chuvas e pela entrada da água do mar nas lagoas costeiras. A frequência de vento no Delta do Ebro deve-se ao emaranhado entre montanhas em que a parte final do rio corre, antes de chegar ao delta. Este tubo natural é responsável pela canalização de ventos que circulam a alta velocidade, especialmente no inverno, quando têm grande violência.

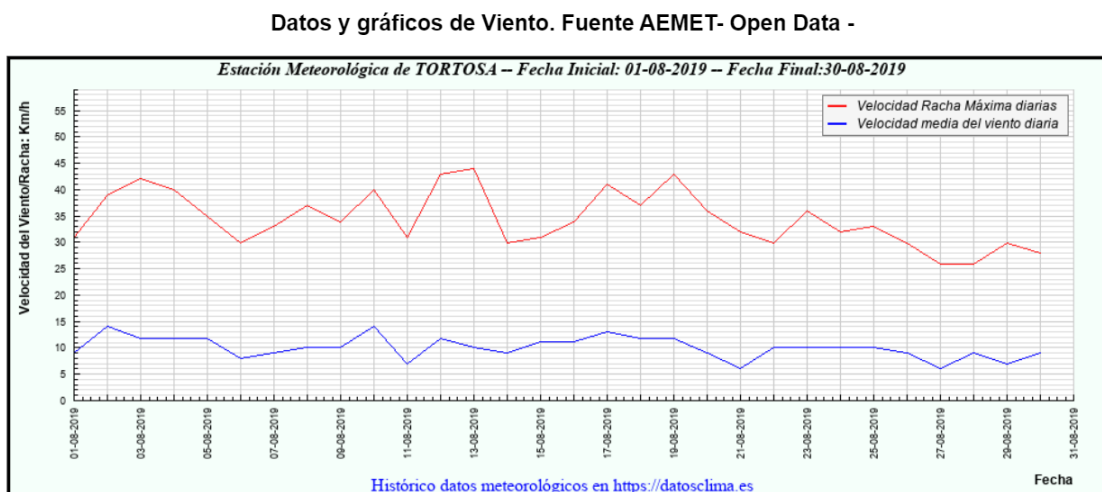


Fig 37. Perfil do vento em agosto em Tortosa [13]

A Figura 37 mostra o perfil do vento durante o mês de agosto de 2019 na estação meteorológica de Tortosa, a mais próxima da quinta onde se situa o parque de campismo. Os ventos na área geralmente têm picos entre os meses de novembro a abril. Com esta informação podemos constatar que, no mês de agosto, quando a incidência de ventos não é tão elevada, já tem uma forte presença atingindo valores máximos de 45 km/h.

Para alargar a oferta de alojamento disponível, tendo em conta critérios de sustentabilidade e respeito pelo ambiente natural, propõe-se o projeto de criação de um parque de campismo. Num dos ambientes mais emblemáticos desta região, como um campo de oliveiras, com a intenção de preservar e acompanhar a sua atividade agrícola, este parque de campismo oferece aos hóspedes dois tipos de instalações: as tradicionais parcelas, para instalar tendas, e vários tipos de cabanas circulares, como yurtas, tipis, pedra, casa de lama, casa de árvores, geodésica... a fim de oferecer uma experiência diferente aos hóspedes. Ser capaz de dormir de casas ancestrais, para tradicionais de outras partes do mundo, para as mais modernas ou elevadas, com a característica comum de que todas elas são circulares. No concelho não existe outro alojamento com as mesmas características, pelo que se pretende contribuir para o aumento do turismo responsável e preservar o ambiente, ao mesmo tempo que dá experiências únicas aos clientes que mostram as riquezas do terreno que os acolhe, e que melhor forma de o fazer do que num olival com uma proposta sustentável.

4.1.2 Estrutura

A instalação procura uma combinação correta entre a exploração turística e o respeito pelo meio ambiente. Desta forma pretende-se ter uma capacidade máxima muito limitada, não mais de 40 pessoas, uma vez que isso reduz o impacto ecológico da zona, mantendo ao mesmo tempo o clima de tranquilidade que se procura obter. No entanto, pretende-se fazer dinheiro com o projeto, pelo que deve ser feito um estudo económico aprofundado, não incluído neste documento, para determinar as taxas necessárias para tornar o projeto rentável. Para o efeito estão disponíveis dois tipos diferentes de alojamento:

Campismo convencional: é uma forma muito comum de turismo na geografia do Mediterrâneo ocidental, que consiste em hospedar-se em um albergue móvel, geralmente dentro de um espaço limitado de terra e equipado para acampar. No campo deste parque de campismo, para preservar a flora e fauna da zona, a modalidade de campismo será do tipo tenda, não sendo possível o uso de autocaravanas, caravanas...

Cabanas circulares: é uma proposta relativamente recente na Catalunha, que tem cada vez mais seguidores, e que quer ir um pouco mais longe. O facto de as pessoas estarem alojadas em *yurts* (casas mongol) ou casas de pedra, não é novo, mas procura-se combinar a partir de diferentes modelos; *yurt*, geodésico, iglu, enterrado, pedra, lama, árvore, paleolítico ou palha oferecendo dez experiências de alojamento diferentes, todas com uma planta circular e os confortos e benefícios que garantem o máximo conforto. Desta forma queremos oferecer aos hóspedes lugares únicos e diferentes, deixando o convencional e que se sintam integrados na natureza e na área, sensibilizando-os com o ambiente e a terra que os acolhe. As dez casas, bem como as parcelas, estarão localizadas em diferentes pontos da quinta para que os hóspedes possam ter tranquilidade e paz, sem necessidade da construção de barreiras ou vedações, o que, como explicaremos abaixo, dificultam os fluxos biológicos e ecológicos, ou a atividade agrícola que se pretende preservar e desenvolver.

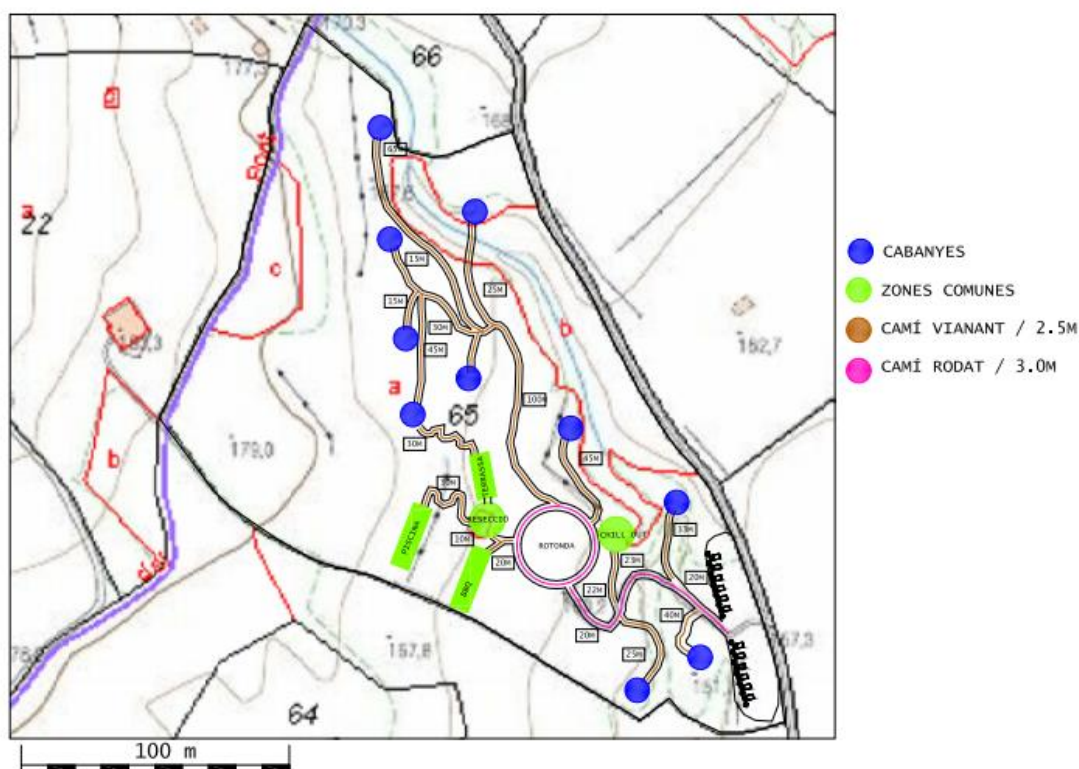


Fig 38. Estrutura do acampamento. Fonte: Própia

A área convencional de parque de campismo é dividida ao longo das zonas a, b e c em vermelho, conforme Figura 38. Dependendo da ocupação em qualquer momento, é estudada a habilitação de mais ou menos áreas destinadas a esta utilização. Estão previstas até **10 lotes de campismo**. Nos contornos de cada cabine permitem duas áreas de campismo, de 30 m² cada, apenas para instalar o albergue e convenientemente sinalizado com o seu número correspondente. As áreas de campismo têm uma área total de 450 m².

Os principais clientes são os que ocupam as diferentes cabines, localizadas nos pontos azuis do mapa. Existem três tipos diferentes de cabine, com um total de 10, diferenciados pelo consumo de eletricidade que têm. Seis das cabines são **do tipo A**, com capacidade máxima de 2 pessoas. Os próximos dois tipos B do **tipo B** para duas pessoas têm mais comodidades do que a classe anterior. Finalmente, a **tipo C** pode acomodar até 4 pessoas. Dependendo do tipo de construção e do tipo de cabine, estes variam de tamanho. Estes variam de 17 a 25 m².

Existem também **áreas comuns** onde os clientes podem desfrutar do seu ambiente enquanto interagem com outros clientes do parque de campismo. Estas áreas comuns são:

- **Receção:** Local onde toda a informação é dada aos turistas sobre os serviços propostos dentro das instalações, bem como as atividades e locais de interesse existentes nas imediações. Bem como a explicação da área onde estão e uma pequena consciência com a área que visitam.
- **Terraço:** Onde é oferecido um serviço de bar-restaurante, para consumir ambos os produtos locais, como óleo e arroz, e para tomar uma bebida refrescante. Minimizar sempre a utilização de aparelhos para a cozedura de pratos;
- **"Chill out":** Este espaço é reservado para aqueles que querem desfrutar do silêncio. Serão ativados diferentes elementos para o descanso, tais como espreguiçadeiras e poufs para os clientes em repouso;
- **Churrasqueira:** Para uso gratuito, está disponível uma área de cozinha exterior utilizando lenha das árvores da zona como combustível;
- **Piscina natural:** Este tem um tamanho de 40m², sendo uma área bastante seca e quente no verão, consideramos que seria muito adequado construir esta piscina. Este tipo de piscinas naturais não utilizam produtos químicos, mas, graças à filtragem natural das plantas, mantêm a água limpa e livre de todo o tipo de bactérias nocivas, e além disso criam um micro-habitat típico das jangadas, que pode ter um grande interesse ecológico, além de ser um espaço de lazer para os hóspedes. E ser um lugar para fornecer equipamento de combate a incêndios de água;
- **Serviço de sanita unissexo:** São adaptados a pessoas com mobilidade reduzida, têm diferentes lavatórios, chuveiros e um trocador de bebés.

Todas estas áreas estão ligadas por estradas. Os cor-de-rosa estão habilitados para a passagem de veículos, com uma largura mínima de 3 metros. Os castanhos são apenas adeptos a andar. Perto da área de entrada existe um estacionamento de 150m².

4.2 Dimensionamento do sistema elétrico

4.2.1 Consumo de energia

Para começar a calcular o sistema de produção e armazenamento elétrico da instalação, é primeiro necessário determinar o consumo que a nossa carga terá. O projeto base de parque de campismo não especifica quaisquer cargas elétricas específicas, mas indica o número de pessoas a hospedar e como são distribuídas. Com esta informação escolhemos modelos comerciais dos elementos necessários para o bom funcionamento da instalação. Estas cargas são distribuídas dependendo se são para uso particular em qualquer uma das cabines, ou se são dispostas nas áreas comuns para o gozo de todas as pessoas no parque de campismo, incluindo os trabalhadores. Abaixo estão uma série de tabelas, 2 a 5, com as diferentes cargas, bem como a sua energia elétrica.

Tabela 3. Cargas elétricas e sua energia cabana A. Fonte: Própia

Hut type A (2p)	
Charge	Power (w)
General light	50
Light detail (2)	40
Bathroom light	9
Mirror light	35
Plugs (3)	150
Fan	55

Tabela 4. Cargas elétricas e sua energia cabana B. Fonte: Própia

Hut type B (2p)	
Charge	Power (w)
General light	50
Light detail (2)	40
Bathroom light	9
Mirror light	35
Terrace light	10
Plugs (x5)	250
Hair dryer	1200
Fan	55

Tabela 2. Cargas elétricas e sua energia. Fonte: Própia

Common zones	
Charge	Power (w)
Fridge (2)	100
Freezer	200
Router	8
PC	300
Printer	70
Bathroom light	12
Path lights (20)	40
Position lights (10)	40
BBQ light(3)	40
Chill out light (3)	40
Swimming pool light (4)	18
Transformer 220/12 V	80
Terrace light (3)	40
Sound system	800
Party light	100
TV	210
Fan (2)	55
Heat pump (heating)	880
Heat pump refrigeration)	1200
Heat pump DHW (max)	2600

Tabela 5. Cargas elétricas e sua energia cabana C. Fonte: Própria

Hut type C (4p)	
Charge	Power (w)
General light	50
Light detail (2)	40
Bathroom light (2)	9
Mirror light (2)	35
Terrace light	10
Plugs (7)	350
Hair dryer	1200
Fan (2)	55

Os modelos específicos de cada um dos elementos presentes no quadro constam do anexo relativo aos *diferentes dados*. Com os poderes dos diferentes elementos necessários para o conforto dos clientes parque de campismo, é modelado um perfil de consumo. O parque de campismo como as diferentes ofertas turísticas é de natureza sazonal, ou seja, nos meses de verão é geralmente mais movimentado do que nos meses de inverno. Também é verdade, mas durante esse inverno, é necessária mais energia para a iluminação e o aquecimento, uma vez que há menos radiação solar disponível.

Com esta informação, o perfil de consumo foi projetado em intervalos de 10 minutos para um dia tipo das diferentes estações do ano, tendo em conta a ocupação do parque de campismo e as necessidades de consumo adaptadas a cada mês. O período de férias de Natal (dezembro-janeiro), um dia sagrado da semana (abril) e três dias das férias de verão (julho, agosto e setembro) foram escolhidos como o dia do tipo, pois é o momento em que se espera o maior afluxo de pessoas.

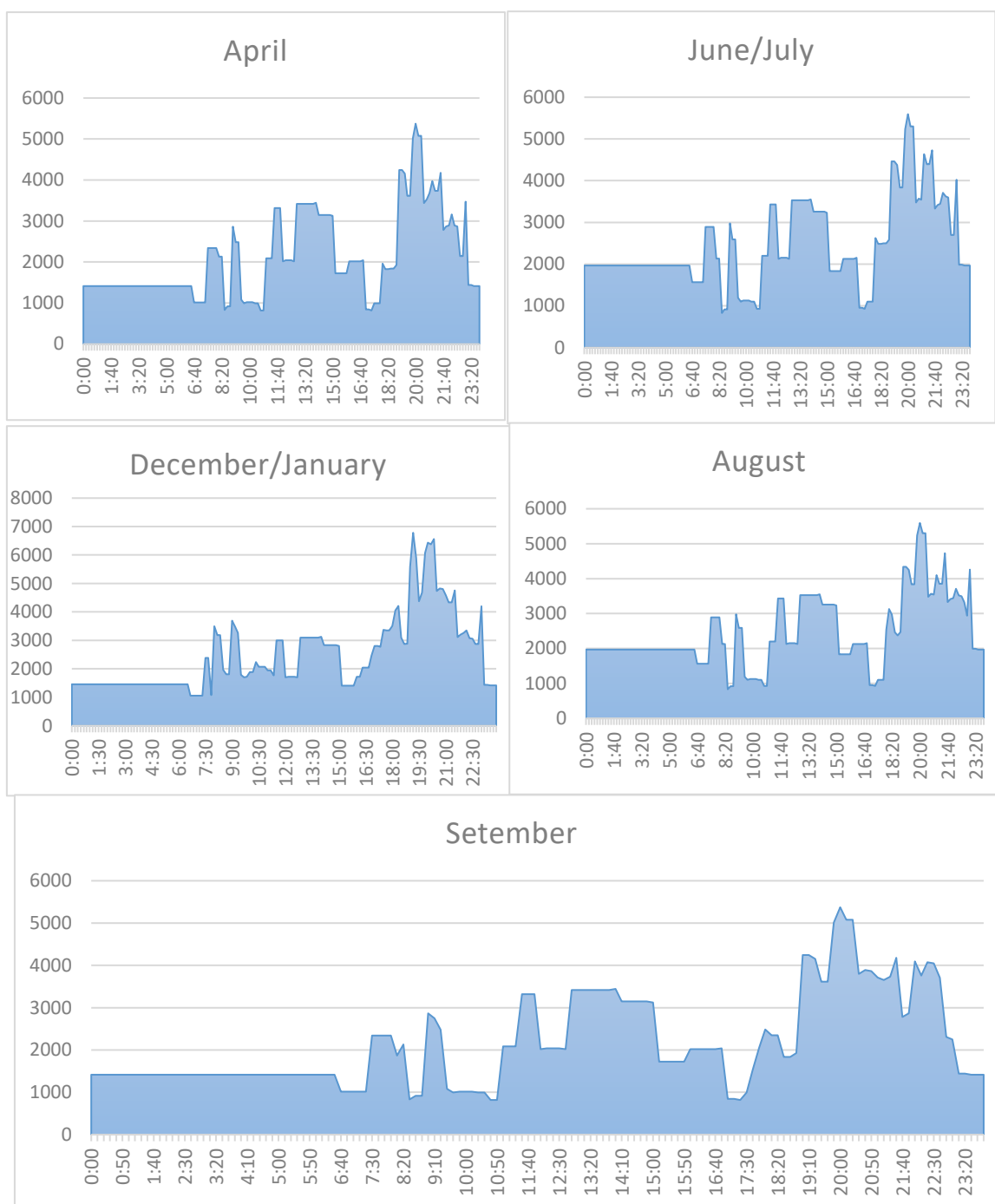


Fig 39. Consumo elétrico do parque de campismo para um tipo de dia de cada mês estudado. Fonte: Própria

Todos estes perfis de consumo foram concebidos com base na energia elétrica em Watts, associada a cada um dos aparelhos presentes na instalação. Nota-se que os perfis de consumo são bastante semelhantes, com diferenças na utilização da iluminação, bem como na mudança de ventiladores por sistemas de aquecimento. Observa-se na figura 39 que o consumo máximo é durante a temporada de inverno onde se aproxima dos 7 kW de energia consumidos. Todos os consumos foram estimados para a ocupação máxima de parque de campismo. No documento Excel anexado pode ver a distribuição da energia associada aos elementos elétricos utilizados na instalação.

4.2.2 Conceção geral do funcionamento

Certos consumos, pode proceder à conceção da instalação elétrica com base na cobertura destes consumos elétricos. A principal norma para o projeto é maximizar o consumo de energia com recursos renováveis, garantindo o fornecimento de eletricidade aos clientes em todos os momentos. Isto explora a implementação de um campo solar fotovoltaico, uma turbina eólica, bem como um sistema de armazenamento baseado em baterias. Estuda também a obtenção da água necessária para o apoio do parque de campismo como a possibilidade de obter eletricidade utilizando o recurso de água com salto de água.

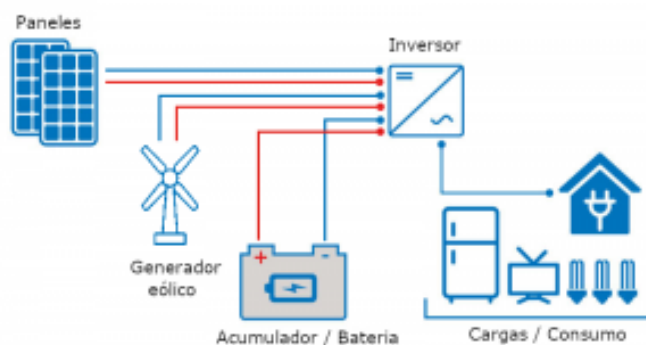


Fig 40. Esquema de operação de uma micrede isolada. Fonte: <https://www.helioesfera.com/instalacion-fotovoltaica-aislada/>

Este pode ser o sistema de funcionamento geral da instalação. Como se pode ver na Figura 40, a geração divide-se entre a turbina eólica e os painéis fotovoltaicos. Estes estão ligados ao ponto central da instalação, o inversor. Transforma a corrente de DC (*Direct Current* – corrente contínua) da área geradora em corrente alternada consumível pelas cargas. Deve também ter em conta o papel do acumulador, ligado ao inversor, que permite o armazenamento de energia elétrica. É decidido que as pilhas juntamente com as placas fotovoltaicas e a turbina eólica funcionam a 48 V DC. O inversor é responsável pela conversão do 48 V DC para 230 AC adequado para o consumo de cargas.

Este esquema carece de alguns elementos a determinar como uma possível turbina hidráulica para apoiar a geração, bem como o conjunto gerador para emergências. No que diz respeito à turbina, gera em CA e estaria diretamente ligada às cargas, mas a potência da turbina deve ser estudada em relação ao volume de água disponível. O conjunto do gerador, como já foi mencionado, só é utilizado em situações de emergência, pelo que, regra geral, pode ser desligado da instalação e apenas ligarem caso de avaria de instalação. Todo o sistema de controlo e fluxo de energia deve ser controlado por um programa de gestão de dados, como o sistema SCADA. Esta parte do projeto está fora do âmbito deste projeto, embora várias empresas de distribuição dos elementos utilizados para a conceção da instalação ofereçam diferentes serviços de controlo.

4.2.3 Recurso solar fotovoltaico

A principal fonte de produção de eletricidade consiste na instalação de um campo de geradores fotovoltaicos ligados entre si e ligados ao inversor como se pode ver no esquema anterior. Para o dimensionamento do campo solar, deve ser determinada a energia solar necessária para satisfazer as necessidades da procura, escolhendo o modelo e o número de painéis. Deve ser dada especial atenção aos diferentes níveis de tensão dos painéis e à forma de ligação (paralela ou série) para minimizar as alterações de nível.

Para isso, deve-se primeiro conhecer o recurso solar disponível no local do acampamento. Para tal, pode-se utilizar a base de dados europeia sobre o clima, onde oferecem um serviço de dados de irradiação para diferentes dias do ano. No *site* <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>, podem-se obter dados referentes a irradiação. O grau de inclinação dos painéis também deve ser fixado, pelo que primeiro é efetuado o cálculo do ângulo ideal. Como discutido na secção 3.2 para determinar este ângulo, apenas se deve aplicar a seguinte expressão:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69 \cdot |\phi| \quad (14)$$

Uma vez que a latitude do terreno da estrada é de 40.794463, o ângulo ideal para adotar é de **31, 84°**. Estes dados são introduzidos na secção de regulação do ângulo e os dados de tempo são obtidos. Um perfil de dados pode ser exibido na página web, mas para um cálculo posterior é necessário obter dados no Excel, testando assim os dados com este programa.

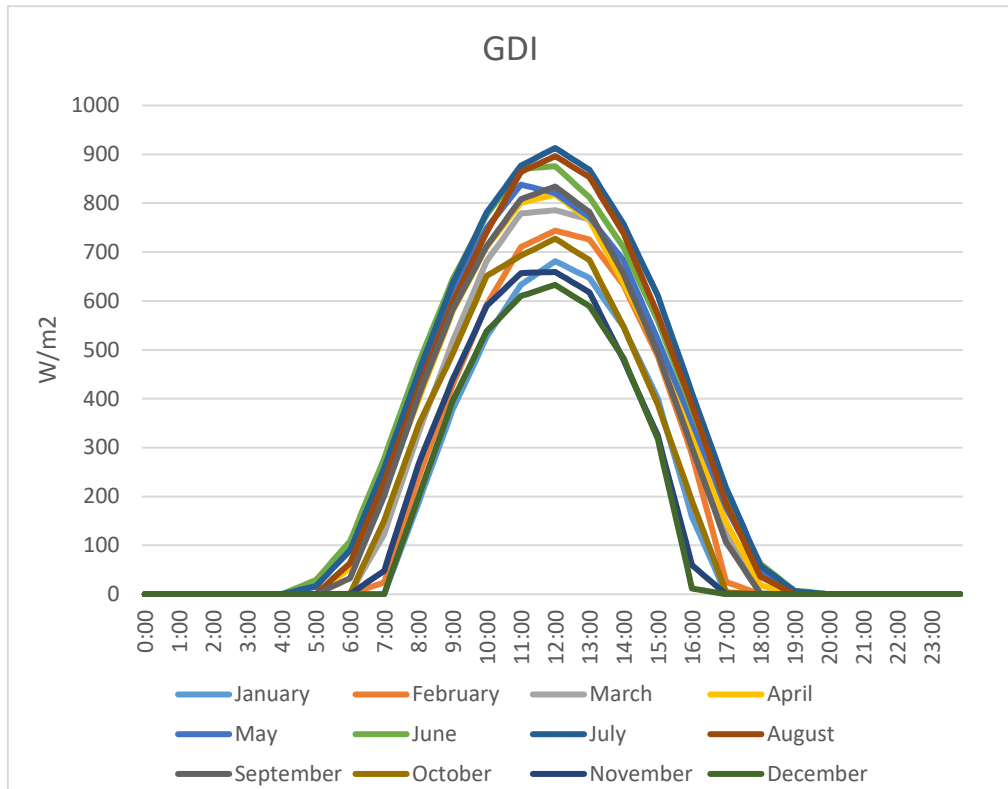


Fig 41. Irradiação média para cada mês do ano. Fonte: Própria

Na figura 41 pode ver-se a irradiação diária global (GDI) de um dia tipo, para cada um dos meses do ano em intervalos de 10 minutos. No recurso *web* acima discutido, apenas os dados de tempo podem ser obtidos, pelo que a regressão linear foi usada para adicionar mais pontos ao mesmo intervalo de tempo ao consumo e dados de geração fotovoltaica. Tomando esse valor como referência procede ao cálculo da energia solar gerada por um painel.

Para realizar o cálculo, deve escolher um modelo de negócio para obter a tabela de dados característica que foi usada para o cálculo. A Figura 42 mostra a curva característica do painel. O modelo escolhido é o ESPSC 400M da empresa ERA® (para mais informações ver o anexo). Este modelo tem as seguintes características ilustradas na Tabela 6:

Tabela 6. Características do painel fotovoltaico Fonte: Própria

Power (W)	400
Weight (Kg)	22.5
Collection surface (m²)	1.81
Max voltage (V)	41.7
Max current (A)	9.6
Module efficiency (%)	20.17

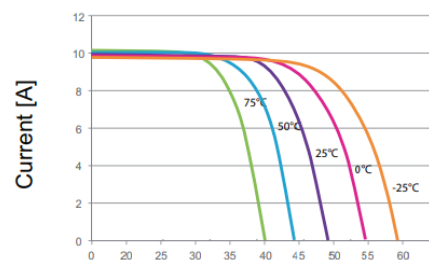


Fig 42. Corrente e tensão do painel em função da temperatura

Com esta informação procedemos ao cálculo da potência gerada por cada painel utilizando a seguinte expressão:

$$P = GDI \cdot S \cdot \eta \quad (15)$$

Em que:

- P é a potência direta gerada por um painel (W)
- O GDI é a irradiação global diária obtida no *site* da União Europeia (W/m²)
- S é a superfície de captação (m²)
- É o rendimento do painel

Com estes dados, a potência de um painel pode ser obtida dependendo da irradiação recebida. Com estes dados, um Excel a tabela é construído com os dados de geração de um *dashboard*, e multiplicado pelo número desejado de painéis para determinar uma potência de geração. Um multiplicador entre 0 e 1 também pode ser aplicado, sempre perto da unidade para simular um dia nublado, ou alguma sombra que possa ocorrer, tudo dependendo da época do ano. A forma da curva de geração é diretamente proporcional à da irradiação, com um pico de potência máxima real de 334,17 V até ao meio-dia de julho.

A tabela 7 evidencia a comparação entre a energia consumida e a energia gerada por um painel, fazendo uma soma da energia multiplicando cada termo por 1/6, para ajustar o horário de potência.

Tabela 7. Comparação entre consumo e geração Fonte: Própia

	<i>April</i>	<i>June/July</i>	<i>Agust</i>	<i>Setember</i>	<i>Dec/jan</i>
<i>Energy consumption (kWh/day)</i>	50.618	58.845	58.791	52.015	59.505
<i>Energy generation (kWh/day)</i>	5.963	6.953	6.584	5.912	4.157

Com estes dados pode aproximar o número de painéis necessários para satisfazer a procura elétrica. Mas primeiro o recurso eólico deve ser estimado, porque se esta parte da geração não for contada, existe o perigo de sobrecarregar a instalação e, assim, desperdiçar recursos. Por esta razão, o recurso eólico é calculado para uma maior comparação de dados.

4.2.4 Recurso de vento

Para estimar a energia gerada por uma turbina eólica, o vento característico da zona de implantação deve ser primeiro conhecido. Como mencionado no início deste ponto, o vento é um recurso frequente na região onde se situa o parque de campismo. Além disso, tem a característica de ser mais intensa durante os meses de inverno, o que permite uma combinação ideal com a energia solar, que tem maior geração durante os meses de verão, uma vez que têm maior irradiação.

Para continuar com o perfil de tempo escolhido no projeto, é necessário determinar um perfil de vento para intervalos de 10 minutos. A forma ideal de realizar este procedimento seria instalar um anemómetro no topo de uma torre da altura desejada para medir a intensidade do vento em todos os momentos. Este projeto não tem estes dados, por isso procedemos a uma aproximação para resolver o problema.

Uma pesquisa é realizada em bases de dados com perfis de velocidade do vento para intervalos de 10 minutos para qualquer dia do ano em Espanha. Um parque eólico académico está localizado na área galego. A localização geográfica dos dois sítios é diferente, mas têm semelhanças muito marcantes em termos de clima, uma vez que as duas zonas são costeiras em zonas rochosas. O parque em questão é "SOTA-VENTO", e é possível descarregar os dados de vento registados para todos os dias do ano em intervalos de 10 minutos.

Os dados eólicos obtidos no parque eólico experimental para o cálculo da potência desenvolvida pela turbina eólica são tomados como válidos. Antes de efetuar o cálculo pretende-se ajustar as medições para tornar a aproximação mais real. S tem os dados de velocidade média e rajada de vento máxima para todas as estações meteorológicas em Espanha. Esta informação utiliza o portal AEMET, disponível em:

<https://datosclima.es>.

Com esta informação, é feito um quociente entre a velocidade média da estação Tortosa e a velocidade média do parque "SOTA-VENTO" e é obtido um valor para cada dia do ano. Este valor é multiplicado por cada um dos dez valores minúsculos para obter um novo dado do vento, que será usado para o cálculo de energia. Na figura 43 o perfil do vento é observado para 14 de abril de 2019. O vento muda entre 2 e 8 metros por segundo.

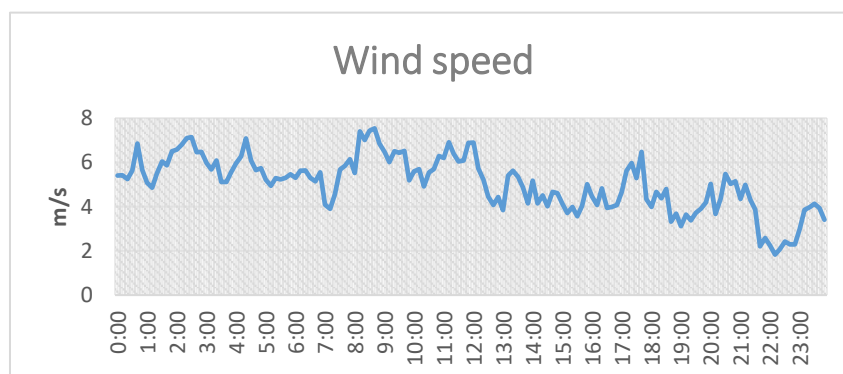


Fig 43. Perfil de vento na instalação 14/04/2019. Fonte: Propia

Uma vez determinada a velocidade do vento para cada dia, a escolha de um modelo comercial é necessária para efetuar o cálculo da potência da turbina eólica. Está selecionado o modelo E70PRO da marca ENAIR®. É um modelo de potência de 5 kW que com vento constante pode produzir 70 kWh por dia. A ficha de dados é anexada no anexo, a partir da qual é obtida a curva de potência característica para esta turbina eólica. Medir os valores em vista traduz-se na mesma curva no Excel para poder operar com estes valores.

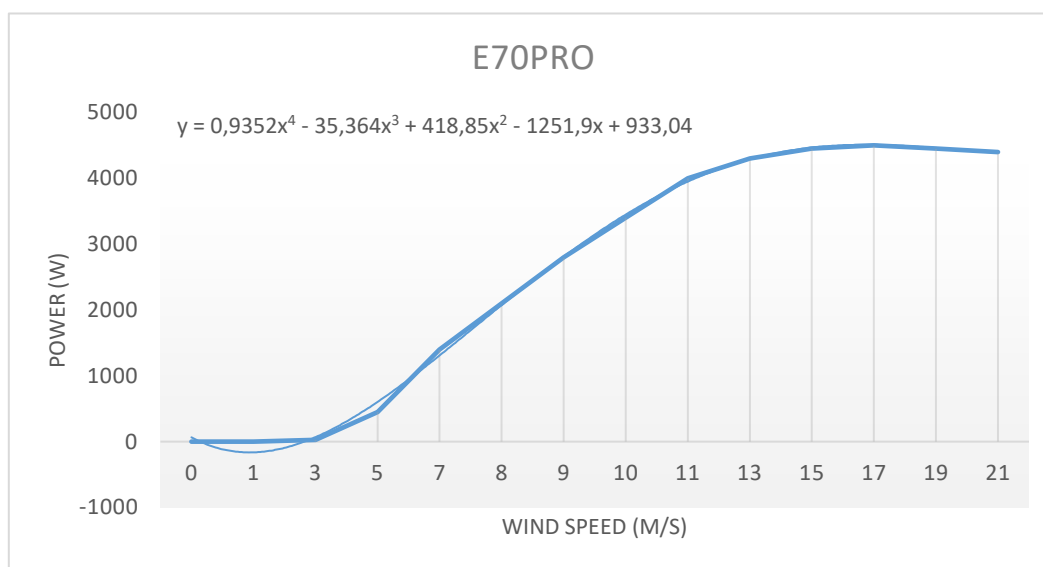


Fig 44. Curva de potência do E70PRO. Fonte: Própria

A Figura 44 diz respeito a soprar a velocidade do vento à potência de produção de turbinas eólicas. Como pode ver, começa a gerar a partir de 3 m/s, e estagna quando atinge os 15 m/s. Sendo uma pequena turbina eólica, pode atingir velocidades de viragem muito elevadas, resistindo a faixas de até 60 m/s. Tem um sistema de travagem de segurança, bem como um complemento para regular e carregar baterias. Uma linha de tendência também pode ser observada na tabela. Utilizando recursos excel, uma função pode ser aproximadamente a um polinómio, neste caso grau 4. A expressão exibida na tabela é obtida. Se substituir o valor da variável x pela velocidade do vento por cada 10 minutos de cada dia do ano, obtém-se um valor igual à potência direta produzida por este vento. Assim, os dados são cruzados para obter os valores de potência para cada dia escolhido.

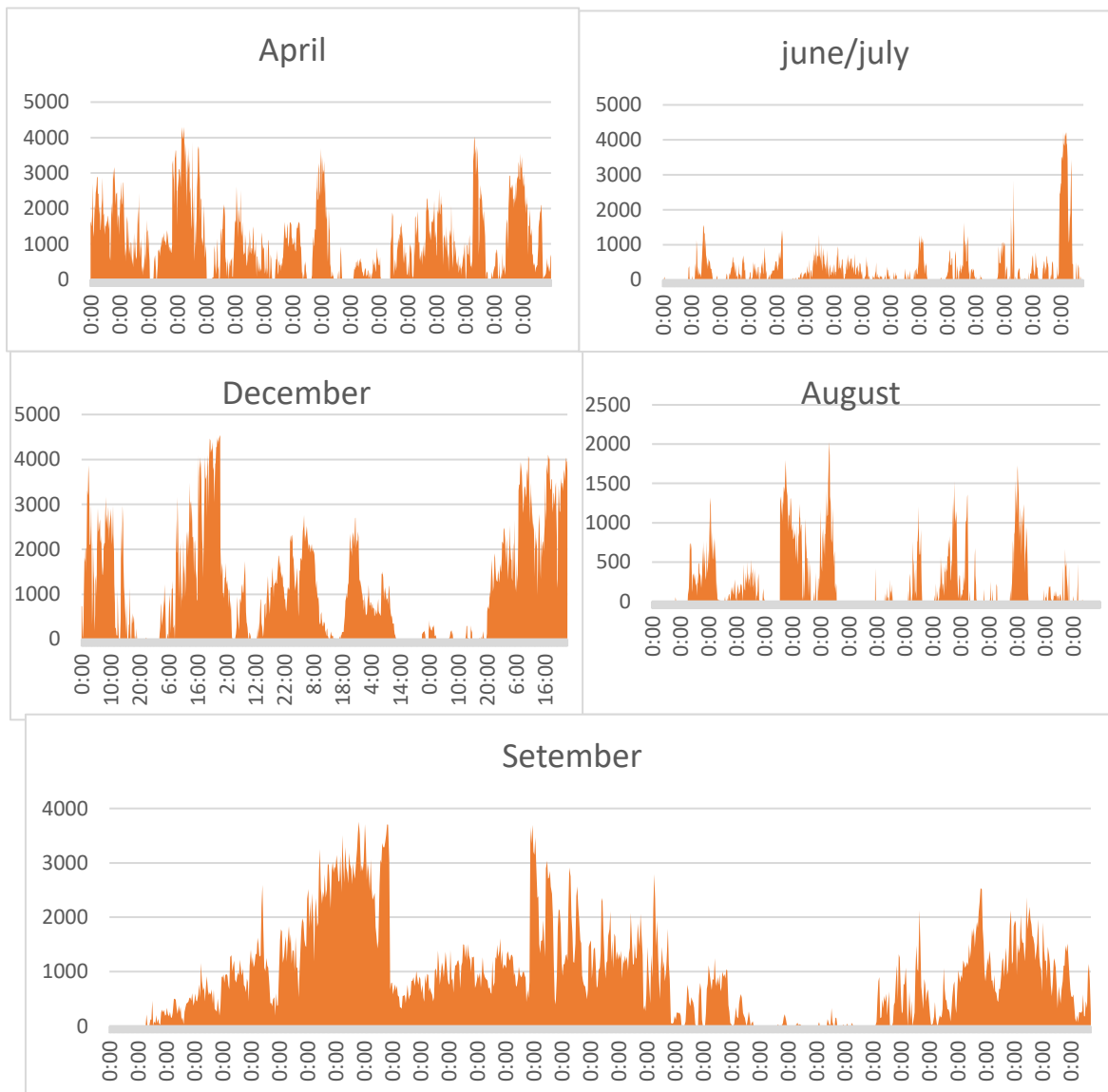


Fig 45. Produção eólica por uma semana em cada mês estudado. Fonte: Própria

Decide-se fazer uma simulação de 7 dias para cada período do ano, para adquirir uma perspectiva temporal mais ampla e, assim, determinar com maior precisão as possíveis lacunas de geração decorrentes da variabilidade deste recurso. Nestes gráficos da figura 45, pode ver a já mencionada tendência dos meses de inverno, com mais intensidade do vento, figuras, e os meses de verão, com uma geração mais limitada.

4.2.5 Sistema de armazenamento

Para uma utilização correta da energia gerada pelos sistemas de produção renovável já estudados, é necessário apoiar um sistema de armazenamento que permita armazenar eletricidade no momento da sua geração, à espera de ser consumido. Por conseguinte, será utilizada uma bateria para armazenar toda a energia que o parque de campismo necessita para o seu funcionamento.

Para determinar a capacidade do mesmo, é necessário conhecer o consumo e os perfis de geração, de modo a poder fazer um balanço e ver quando deve ser armazenado, e em que consumir. Para desenvolver esta ideia, é construída uma tabela que calcula as diferenças entre geração e consumo. Utilizando o programa Excel, a lógica Boolean é utilizada para determinar o estado da bateria para cada momento do dia, utilizando dados de geração e consumo, bem como com uma capacidade de bateria base. Com esta premissa, o equilíbrio energético da bateria foi concebido para determinar a capacidade ideal. Isto resulta no estado de carga da bateria (SOC).

Para este estudo de caso foi definido como o requisito máximo de armazenamento em 56.560 kWh/dia. Conhecendo este valor, pode determinar a capacidade da bateria como:

$$C = \frac{Energy}{Voltage} \quad (16)$$

Isto define a capacidade da bateria para 1178 Ah, procurando assim um modelo comercial destas características. Procura-se uma bateria com um elevado número de ciclos, uma vez que prolonga a sua vida útil e evita ter de alterar o sistema de armazenamento o máximo de tempo possível. As baterias estacionárias são cuidadas, uma vez que podem ser de grande capacidade e fáceis de manter. O modelo escolhido é da empresa BAE® a 48V i com 1160 Ah de capacidade. O valor da capacidade é ligeiramente inferior ao necessário, mas é o mais adequado para as necessidades da instalação. A tabela a seguir mostra as características técnicas da bateria.

Tabela 8. Recursos da bateria Fonte: Própria

Voltage (V)	48
Capacity (Ah)	1160
Live cycles	3500
Discharge Depth (80%)	80

Com esta informação procedemos à simulação de operação para cada período do ano. Uma semana de operação foi simulada para cada época do ano, utilizando os valores de consumo de um tipo dia com o parque de campismo a funcionar ao mesmo nível, o

máximo. Os valores de geração solar também são constantes para cada dia, pelo que a alteração do número de painéis de geração fotovoltaica pode ser determinada. Valores de geração do vento, que variam sempre pelo vento. A bateria é considerada para iniciar metade da sua capacidade de carregamento após 12:00 à noite, caracterizando um início sob a forma de descarga. Isto resulta nos seguintes gráficos da figura 46:

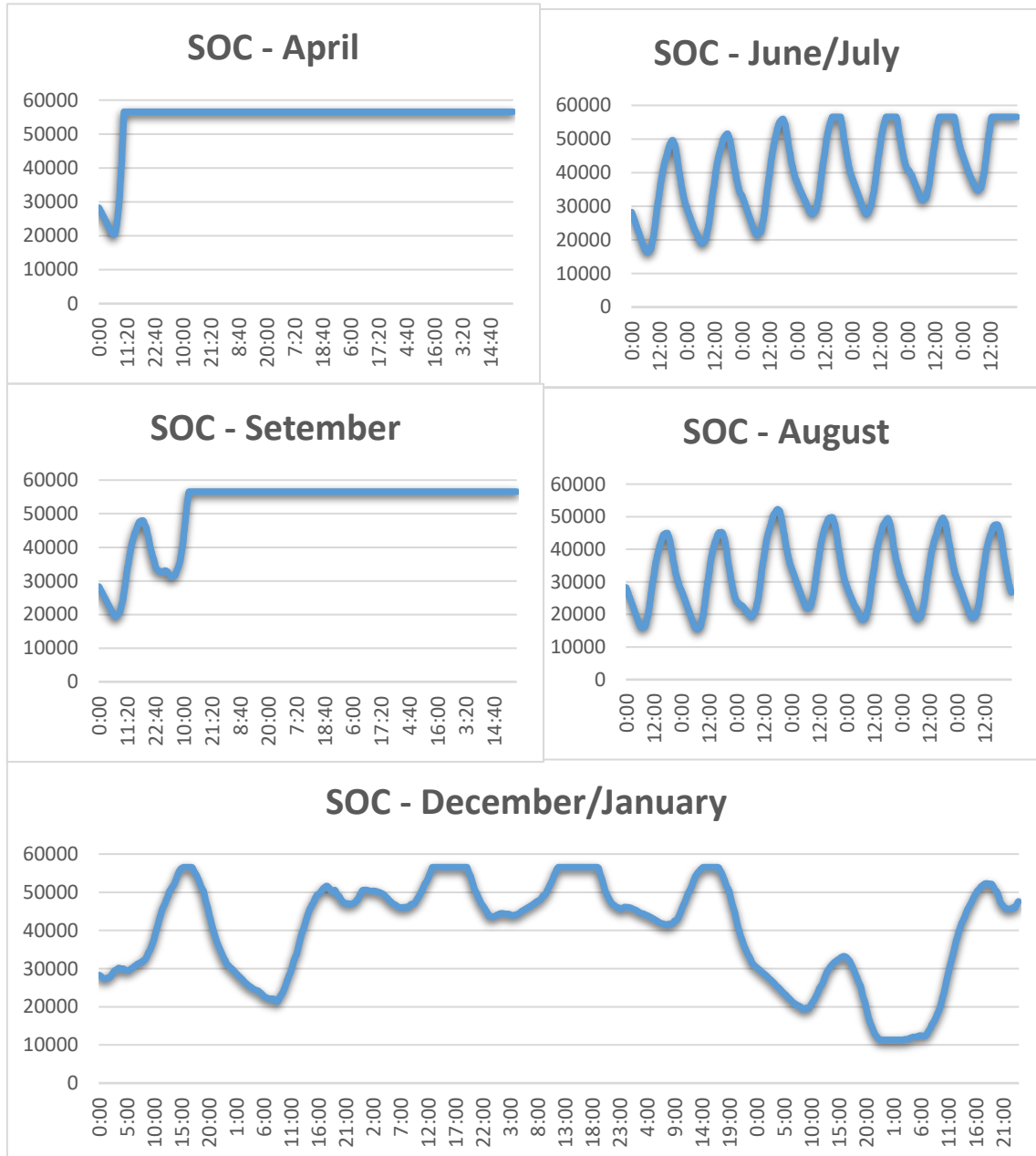


Fig 46. Estado de carregamento da bateria por uma semana para cada mês. Fonte: Própria

Como pode ver, depende da época do ano o funcionamento da bateria comporta-se de forma diferente:

O modo ideal é introduzido nos meses de verão, quando os ciclos de carga e descarga da bateria apenas diariamente e cíclicamente. Ao definir consumos ideais constantes juntamente com uma forte geração solar durante as horas do dia, observa-se como a bateria é carregada durante as horas do sol, e é progressivamente descarregada após o pôr-do-sol. Tanto em junho como em julho e agosto, a paragem de armazenamento é alcançada, o que implica que a produção elétrica se perde. Como é muito curto, o bom funcionamento é conhecido.

Durante os meses de abril e setembro, observa-se que a bateria é descarregada no início, mas depois mantida no nível máximo. Obviamente, isto não é muito exato, porque se observarmos os fluxos de carga e descarga. A razão para este resultado é a redução do consumo de eletricidade em comparação com o verão, juntamente com o aumento da produção eólica. Durante os meses de abril e setembro o aerogerador trabalha mais do que nos meses de verão, para as mesmas baterias e geradores, o que implica uma geração maior do que o consumo. Para evitar sobrecarregar a instalação, é necessário procurar uma alternativa de armazenamento, por exemplo, com uma cascata, ou lidar com potenciais vizinhos na mesma situação de isolamento energético para criar um agregador de eletricidade local. Este item não está incluído no âmbito deste projeto.

Como se pode prever com antecedência, o mais crítico é o inverno. Neste caso, observa-se como a bateria flutua variavelmente ao longo da semana de funcionamento, atingindo vários picos positivos e negativos. O facto de atingir o limite inferior significa que o limite de armazenamento da bateria foi ultrapassado, exigindo assim a entrada do gerador complementar. Foi concebido desta forma para não sobredimensionar a instalação, uma vez que a solução para este problema seria aumentar a capacidade da bateria ou aumentar a capacidade de produção. Ao tratar dezembro e janeiro, a irradiação é muito menor para que menos energia seja recolhida com os painéis solares. A turbina eólica funciona mais do que no verão, mas isso não é suficiente para satisfazer as necessidades energéticas necessárias para o inverno, uma vez que a energia é necessária para aquecer tanto o ambiente como a água. Note-se também que o parque de campismo foi considerado em plena ocupação durante o inverno, o que é improvável, uma vez que se trata de uma época baixa.

Estes gráficos justificam o funcionamento do nível de carga e descarga da bateria, considerando assim a instalação elétrica como solvente para a maioria dos casos possíveis. A instalação é resumida num total de 22 painéis solares, uma turbina eólica e o sistema de armazenamento já mencionado.

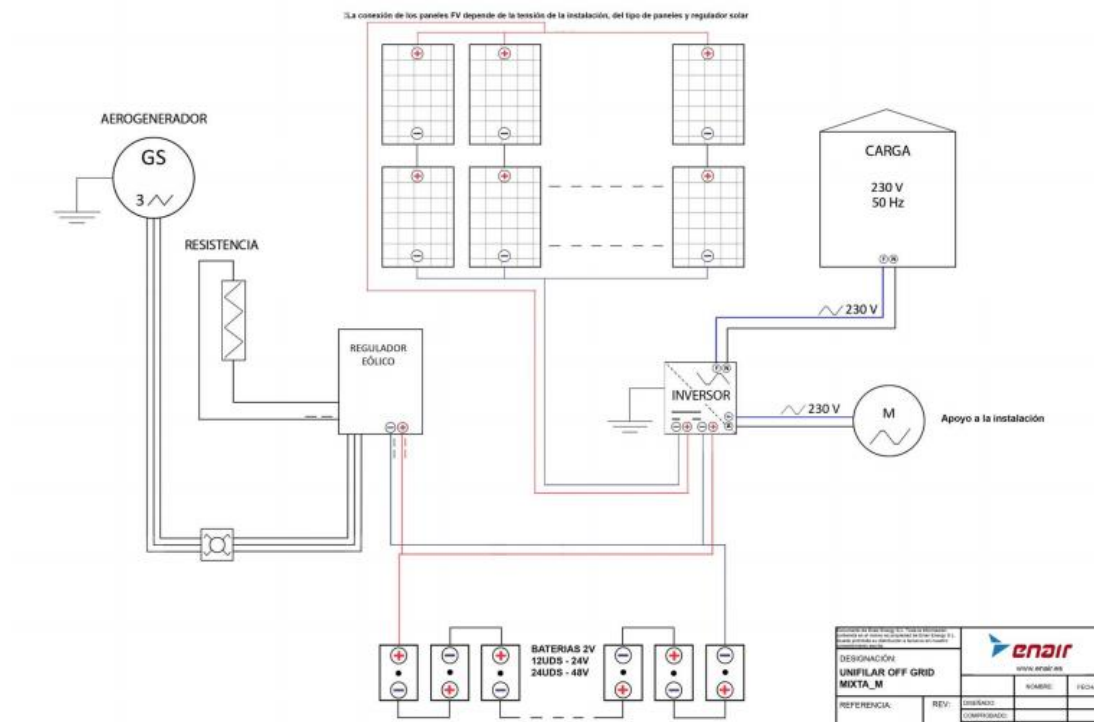


Fig 47. Diagrama de instalação elétrica [4]

O regime de funcionamento básico da instalação reflete-se no regime de funcionamento fornecido pela enair® em referência ao gerador eólico, visto na figura 47.

4.2.6 Estudo do recurso hidráulico

Para o abastecimento de água do acampamento existe um poço e uma bomba de água que funcionam de forma autónoma já instalada. Esta bomba eleva a água a um reservatório de 15.000 litros de água que está cerca de 50 metros acima dos pontos de consumo. Estuda-se a possibilidade de construção de uma nova albufeira para complementar a existente, cerca de 40 metros abaixo da primeira. Este segundo depósito é necessário, uma vez que se destina também a tirar partido da água da chuva e, desta forma, tem mais capacidade de armazenamento.

Nesta situação, é explorada a possibilidade de incorporar uma turbina hidráulica para incorporar energia extra no sistema em caso de necessidade específica. A ideia é aproveitar o salto de água entre os dois reservatórios, com a construção de um tubo subterrâneo entre os dois reservatórios. Ao detetar necessidades de energia no sistema elétrico, a água é largada do reservatório superior para o baixo para tirar partido da energia cinética da água e transformá-la em eletricidade. Antes de realizar os cálculos correspondentes de Bernoulli, é feita uma aproximação para ver a viabilidade do projeto.

Para isso, escolhemos um modelo de turbina comercial que se adapte às necessidades da nossa instalação. A casa TECNOTURBINES® tem um modelo de turbinas HE que se adaptam a instalações entre 100 e 3000 W para caudais que variam de 1 a 10 litros a cada segundo. Se olhar para os detalhes técnicos do produto, pode ver o seguinte gráfico.

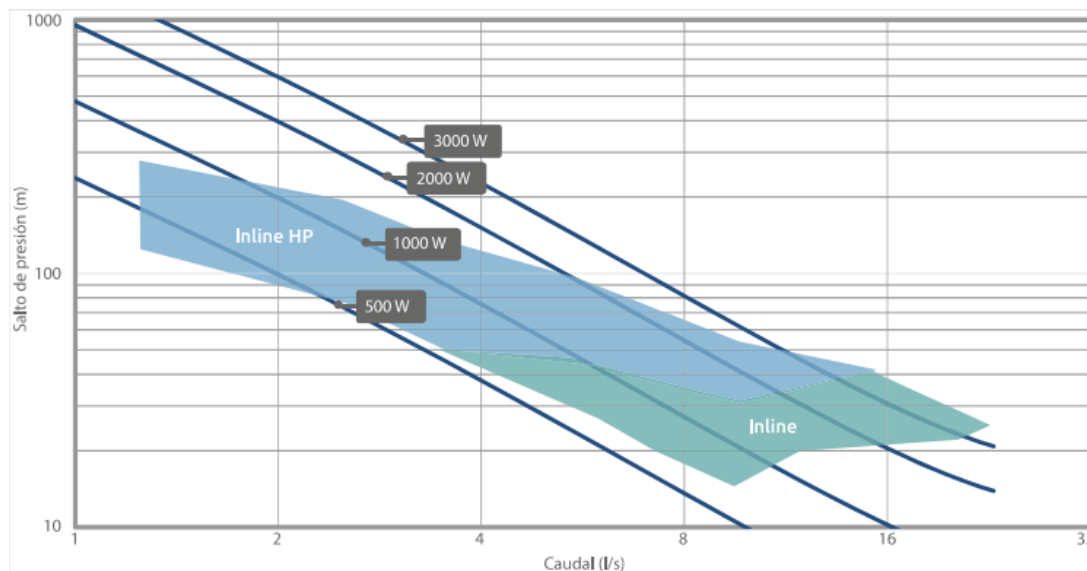


Fig 48. Curva de energia da micro turbina HE. Fonte: <https://tecnoturbines.com/turbinas-cargade-bateria/he>

Na Figura 48 pode ver-se a relação de potência, fluxo e salto de pressão para os dois modelos de turbina HE, o modelo *Online* e o HP *Online*. Como podem ver, as linhas azuis escuras marcam o poder da turbina para diferentes saltos em altura. Com esta informação, pode ser realizado um cálculo aproximado do tempo de geração de energia para a instalação pretendida. Com um salto de 40 metros, trabalha-se na fronteira que separa os dois modelos de turbina. Para caudais inferiores a 8, pode trabalhar com o modelo *Online*, para taxas de fluxo mais elevadas é necessário o outro modelo. Isto calcula o caudal estimado que pode ser fornecido à turbina. Com cálculos rápidos pode aproximar-se de um caudal. Tendo em conta um tanque de 15.000 litros, se o fluxo for fixado em 8 litros por segundo, isso implica 30 minutos de geração de eletricidade que, para um salto de 40 metros corresponde a pouco mais de 1,5 kW de potência. Isto sem ter em conta as perdas de carga associadas ao movimento dos fluidos.

Ao avaliar este elemento de geração, é necessário ter em conta vários fatores que podem influenciar a tomada de decisão de instalar ou não tal turbina. Esvaziar todo o tanque envolve meia hora de turbina de uma pequena potência, tendo em conta o consumo do parque de campismo. Esta solução só poderia suportar um tempo muito limitado em situações muito específicas quando o tanque superior está cheio, ou seja, o vazio inferior. Além disso, os custos de instalação e manutenção associados à bomba são bastante significativos em comparação com as poupanças de energia que isso pode implicar. Com estes argumentos, decidiu-se não instalar a turbina hidráulica e deixar a tarefa de suportar o conjunto do gerador.

4.3 Dimensionamento do sistema sanitário de água quente e aquecimento

O parque de campismo deve ter a capacidade de gerar toda a água quente sanitária (AQS) que os clientes exigem. Gerar todo este calor é geralmente um dos maiores desafios na conceção de uma instalação renovável, já que é mais comum ter caldeiras a gás ou um aquecedor elétrico. Tanto as primeiras como as segundas opções não são viáveis; o primeiro consome um recurso fóssil, enquanto este requer uma energia elétrica tão alta que as baterias da instalação elétrica sofreriam choques demasiado agressivos. Por conseguinte, é escolhida uma solução alternativa.

4.3.1 Consumo de água quente sanitária

Para determinar o consumo de água quente que esta instalação terá, deve conhecer o número de pessoas a fornecer, bem como as taxas de consumo do parque de campismo. Estima-se que tenha sido estimado num número máximo de clientes em 40 pessoas, entre os que residem nas cabines, e os que têm uma área de campismo. Em cada uma das casas de campo, estão disponíveis um chuveiro e uma torneira, enquanto na área comum estão disponíveis até 3 chuveiros para todos os outros hóspedes. Para os clientes que beneficiam de ficar em uma cabine, uma instalação termo-solar é projetada, com painéis planos distribuídos por todo o parque de campismo para reduzir as perdas de transporte. Um total de 24 pessoas beneficiam deste sistema. Isto requer o cálculo de água quente para estas 24 pessoas.

O cálculo para estas 24 pessoas provém de um método padronizado baseado na procura de água quente e na contribuição solar. Para este caso, trabalhamos com os 24 locais de parque de campismo, com uma procura de HSW de 40 litros por pessoa por dia, conforme estabelecido pela UNE 94002.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C
Viviendas unifamiliares	30 por persona
Viviendas multifamiliares	22 por persona
Hospitales y clínicas	55 por cama
Hotel ****	70 por cama
Hotel ***	55 por cama
Hotel/Hostal **	40 por cama
Camping	40 por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35 por cama
Residencia (ancianos, estudiantes,...)	55 por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15 por servicio
Escuelas	3 por alumno
Cuarteles	20 por persona
Fábricas y talleres	15 por persona
Administrativos	3 por persona
Gimnasios	20 a 25 por usuario
Lavanderías	3 a 5 por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10 por comida
Cafeterías	1 por almuerzo

Fig 49. Exigência de água quente de acordo com a instalação [15]

A procura indicada na Figura 49 é que corresponde a 60°C, pelo que é necessária uma correção para se ajustar aos 40°C que foram escolhidos como a temperatura de saída para este caso. Isto calcula:

$$D_i(T) = D_i(60^{\circ}\text{C}) \cdot \left(\frac{60 - T_i}{T - T_i} \right) \quad (17)$$

Em que:

- $D_i(T)$ = HSW procura por mês "i" à temperatura T. ou
- $D_i(60^{\circ}\text{C})$ = Procura de HSW para o mês "i" a 60 °C.
- T = Temperatura do acumulador final.
- T_i = Temperatura média da água fria sanitária para o mês "i".

O conceito de água sanitária fria refere-se à água sanitária fria e a sua temperatura corresponde à temperatura da água de distribuição da localidade específica. Uma vez que a água utilizada no parque de campismo provém de um poço e dos respetivos depósitos, este valor será estimado como o da localidade mais próxima de que os dados estão disponíveis, Tarragona. Com estes dados, a procura diária de água é calculada para cada mês.

Tabela 9. Demanda de água Fonte: Própia

Water Consumption	Di(T) (l)	Di(60º) (l)	T (°C)	Ti (°C)	Nº People	Liters/day	
January	66.67	40	40	40	10	24	1600
February	67.59	40	40	40	11	24	1622
March	68.57	40	40	40	12	24	1646
April	70.77	40	40	40	14	24	1698
May	73.33	40	40	40	16	24	1760
June	76.36	40	40	40	18	24	1833
July	80.00	40	40	40	20	24	1920
August	80.00	40	40	40	20	24	1920
September	78.10	40	40	40	19	24	1874
October	73.33	40	40	40	16	24	1760
November	68.57	40	40	40	12	24	1646
December	67.59	40	40	40	11	24	1622

A partir da tabela 9 calcula-se a média de 1742 litros por dia necessário para manter o conforto das 24 pessoas que permanecem nas cabines. Com estes dados, é agora necessário calcular a procura de energia de aquecimento desta quantidade de água até 40°C. É utilizada a seguinte expressão para o fazer:

$$D_{HSW} = D(T) \cdot \rho \cdot c_p \cdot (T_H - T_C) \quad (18)$$

Em que:

- D_{HSW} = Procura de energia térmica para HSW (kWh/dia)
- $D(T)$ = Consumo de HSW para o mês (l/dia)
- ρ = Densidade de água
- c_p = Calor específico da Água (0,00116 kW/kg-°C)
- T_H = Temperatura da água utilizada
- T_C = Temperatura da água fria

Isto pode determinar as necessidades energéticas de cada mês do ano, uma vez que todos os valores são constantes, exceto para a temperatura de entrada de água e consumo de HSW. Desta forma:

Tabela 10. Demanda de energia Fonte: Própia

Energy Demand	Ti (°C)	Di (40°C) HSW (l/month)	D HSW (kWh/day)
January	10	1600	55.7
February	11	1622	54.6
March	12	1646	53.5
April	14	1698	51.2
May	16	1760	49.0
June	18	1833	46.8
July	20	1920	44.5
August	20	1920	44.5
September	19	1874	45.7
October	16	1760	49.0
November	12	1646	53.5
December	11	1622	54.6

A tabela 10 mostra um facto previsível, uma vez que no verão menos energia é necessária para obter água quente, embora a procura seja maior. Isto ocorre como resultado de menos deve ser aumentado.

4.3.2 Recurso solar térmico

Para aquecer esta quantidade de água, é escolhido para usar um sistema de coletores solares térmicos usando a tecnologia de placa plana que será distribuída por todo o parque de campismo. Para minimizar as perdas de distribuição, as placas serão instaladas o mais próximo possível dos locais de consumo, e sempre acima dela para evitar a instalação de bombas de pressão deixando a gravidade funcionar. O tipo de tecnologia escolhida para esta parte do projeto requer uma radiação solar direta (DNI) diferente da utilizada para o cálculo do sistema fotovoltaico. Por conseguinte, a irradiação recebida deve ser recalculada, utilizando o portal europeu do miso (CCI), que oferece a possibilidade de diferenciar o tipo de irradiação recebida. Isto determina a irradiação recebida com os mesmos parâmetros utilizados no cálculo fotovoltaico.

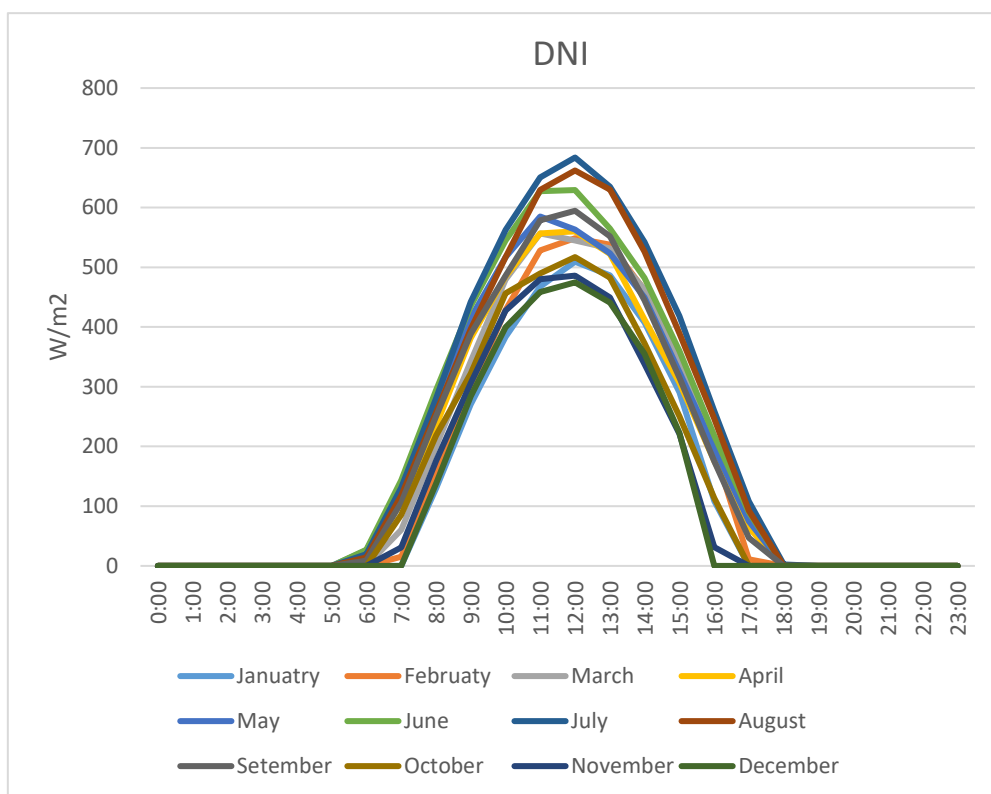


Fig 50. Irradiação direta para cada mês. Fonte: Própria

Pode ver na figura 50, como os valores máximos são significativamente menores do que na Figura 45, uma vez que já não tem irradiação difusa e reflexão. O pico de maior irradiação é identificado em julho, cerca de 700 W/m². Com estes dados pode determinar a energia gerada por um painel, identificando um modelo de negócio. O modelo escolhido é o GH-CAPTUR 20V da marca GREENHEISS®, é composto por um coletor de chapa plana verticalmente disposto com tubos de cobre e placa de aço de alumínio que pode atingir a temperatura estagnada de 217 °C. Na ficha de dados do produto aparecem os diferentes coeficientes associados ao captador, que permitem determinar o desempenho do coletor utilizando a seguinte equação:

$$\eta = 0,94 \cdot \left[c_0 - (c_1 + c_2 \cdot \Delta T) \cdot \frac{\Delta T}{I} \right] \quad (19)$$

Quando:

- c_0 = Desempenho ótico do getter (81,5%)
- c_1 = Perdas k1 (3.388 W/m² K)
- c_2 = Perdas de K2 (0.018 W/m² K)
- I = Irradiação de *design* (450 W/m²)
- $\Delta T = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} - T_{ext}$
- T_{in} = Temperatura da entrada de água
- T_{out} = Temperatura da saída de água
- T_{ext} = Temperatura exterior

Tabela 11. Eficiência painéis para cada mês Fonte: Própria

Efficiency	T ext (°C)	DT (°C)	η (%)
January	10	15	65.15
February	11	14.5	65.56
March	12	14	65.97
April	14	13	66.77
May	16	12	67.58
June	18	11	68.37
July	20	10	69.16
August	20	10	69.16
Setember	19	10.5	68.76
October	16	12	67.58
November	12	14	65.97
December	11	14.5	65.56

A Tabela 11 mostra as diferentes performances na função do mês. Com o desempenho calculado para cada mês do ano e conhecendo a superfície absolvida do apanhador, que é de 1,83 m², pode calcular a energia gerada por um getter durante um dia tipo de cada mês.

$$P(W) = DNI \cdot S \cdot \eta_i \quad (20)$$

Cada termo na Figura 50 é multiplicado pelo valor de superfície e desempenho para obter energia em cada hora. A síntese é realizada para todas as horas do dia para obter a energia gerada por um painel ao longo do dia tipo de cada mês. Com estes dados e as necessidades energéticas já calculadas, pode determinar o número de painéis ideais para cada mês, dividindo a procura por geração.

Tabela 12. Cálculo do número de painéis Fonte: Própria

Panel calculation	Energy 1 panel (kW)	D ACS(kWh/day)	Total panels
January	3.642	55.680	15.3
February	4.220	54.566	12.9
March	4.578	53.453	11.7
April	4.668	51.226	11.0
May	5.051	48.998	9.7
June	5.526	46.771	8.5
July	5.992	44.544	7.4
August	5.668	44.544	7.9
Setember	4.966	45.658	9.2
October	4.091	48.998	12.0
November	3.556	53.453	15.0
December	3.326	54.566	16.4

Como se pode ver na tabela 12, durante os meses de verão metade dos painéis são necessários para gerar a energia necessária para aquecer a água. Isto acontece porque a procura de energia é menor e a energia gerada por cada painel é maior, no verão. É evidente que deve ser adotado um único número de painéis. É escolhido para instalar 12 painéis distribuídos nas cabines. Existem 10 cabines, 8 com capacidade para 2 pessoas e 2 com casas de campo de até 4 pessoas. Desta forma, é decidido instalar 2 painéis nas grandes cabines e 1 nas pequenas cabines.

Para as pessoas que gostam de ficar em tendas, os hóspedes devem aceder à área comum para desfrutar de água quente. Esta água é fornecida pelo sistema aerotérmico que, por sua vez, é utilizado para o aquecimento do edifício central.

4.3.3 Sistema de aquecimento

No campo há três situações muito diferentes no que diz respeito ao sistema de aquecimento. Por um lado, há convidados acampados nas casas. É claro que estes clientes devem vir ao parque de campismo durante a temporada de verão quando o tempo é mais favorável, pelo que nenhum serviço é contemplado. Os hóspedes que passarem a sua estadia numa das casas poderão utilizar livremente um fogão a lenha que está localizado dentro do edifício. Desta forma, a madeira circundante é utilizada como biomassa para fornecer a característica renovável a esta parte da instalação. Para o edifício de receção, é estudada a implementação de um sistema aerotérmico de bomba de ar com piso radiante e também a geração de água quente para uso de clientes que estão acampados no local.

Tabela 13. Características do fogão Fonte: Anexo

Characteristics	PANADERO®
Power (kW)	9
Efficiency (%)	71
CO emissions	0,4
Gas out temperatura (°C)	435
Fuel	Wood



Tabela 13 mostra as características do fogão. Para determinar as necessidades de aquecimento, há que assumir que a construção da execução necessita de uma reforma geral para que as necessidades energéticas do edifício não possam ser determinadas com exatidão. Um método é usado para fazer uma aproximação razoável para estimar estas necessidades em casas com uma altura não superior a 2,5 metros. Esta aproximação é para executar a seguinte expressão:

$$P(W) = S \cdot O \cdot A \cdot Z \cdot 85 \quad (21)$$

O primeiro termo S refere-se à área em metros quadrados que o edifício tem. Neste caso, foi fixado para 25.

O segundo termo O refere-se à orientação da casa, uma vez que dependendo de onde o rosto principal receberá maior irradiação solar. Os valores variam consoante a orientação: Norte - 1.12, Sul - 0,92, Leste e Oeste. No caso estudado a orientação da casa é sul.

O terceiro termo A refere-se ao tipo de isolamento disponível para a propriedade. Bom isolamento tem um valor de 0,93. Um mais simples tem um valor neutro de 1. E um edifício sem isolamento, sobe para 1,1. Neste caso, como o edifício é feito de construção nova e se destina a aproveitar ao máximo os recursos naturais, prevê-se um bom isolamento.

Para o quarto termo Z, deve ser dada atenção às diferentes zonas climáticas que ocorrem dentro de Espanha. Dependendo da zona climática, contemplam-se valores diferentes: A x 0,88, B s 0,95, C s 1.04, D x 1,12 e E - 1.19.



Fig 51. Mapa da região climática [16]

O parque de campismo em questão está localizado na zona B, que é a província de Tarragona.

Com estes dados estima-se que a potência de aquecimento necessária para a sala seja de 1727 W. Esta decisão escolhe o modelo Nimbus S Compact 50S NET, certificado A+ para eficiência energética.

Tabela 14. Características da bomba de calor Fonte: Anexo

Heating efficiency	50 S NET	HSW efficiency	50 S NET
Max thermal power (kW)	7,1	COP	2,6
COP	5,02	Heating time (hh:mm)	1:48
Absorbed power (kW)	0,88	Water ammount 40 °C (l)	241

Esta bomba tem uma potência bastante elevada para o tipo de instalação que está a ser projetada, como visto na tabela 14, uma vez que a potência térmica máxima é muito superior às necessidades estimadas. Tenha em mente que o local onde está instalado é a receção do parque de campismo com pessoas que entram e saem continuamente para que seja necessária mais energia para compensar as perdas. Além disso, esta bomba também tem um suporte de água quente que permitirá que até 3 pessoas tomem banho simultaneamente. Estima-se para cada pessoa para o mês de agosto, por exemplo, 80 litros de água quente, o triplo é de 240 e considerando a capacidade do depósito de água quente é de 241 litros, é definido como válido. Após cada utilização, terá de esperar 1 hora e 48 minutos para poder voltar a utilizar a água. Isto deve refletir-se nas instruções de utilização do parque de campismo. O funcionamento deste sistema deve ser observado, e se este for escasso, a instalação de chuveiros ao ar livre com tanques de água individuais aquecidos ao sol pode ser estudada.

4.4 Sistemas auxiliares

Uma vez efetuados todos os cálculos relativos ao dimensionamento da instalação de água elétrica e quente, devem ser perfilados os pormenores que determinam o correto funcionamento do parque de campismo. Trata-se de elementos essenciais, que não foram especificados nas secções anteriores.

4.4.1 Inversor

O inversor é o elemento central da instalação elétrica projetada. É um conversor de energia elétrica que permite a passagem da corrente contínua à corrente alternada. Encontra-se num elemento indispensável, uma vez que os elementos geradores têm como saída uma tensão constante e corrente igual à bateria, enquanto as cargas consomem eletricidade em corrente alternada. Além disso, este elemento funciona como uma medida de proteção, uma vez que é capaz de absorver picos de tensão que podem danificar pilhas e cargas.

Tabela 15. Características do investidor Fonte: anexo

Device name	XW+ 7048 E
<i>Output power (W)</i>	5500
<i>Peak power (W)</i>	9500
<i>Output voltage (V)</i>	230 AC
<i>Input voltage (V)</i>	40 to 64
<i>Maximum input current (A)</i>	150
<i>Maximum output current (A)</i>	110
<i>Battery bank range (Ah)</i>	440 to 10000



Tabela 15 mostra as características técnicas do inversor. O modelo escolhido para este projeto é o XW+ 7048 E da marca Schneider[®] por si só uma grande capacidade de potência de produção. A instalação concebida deve resistir a picos próximos de 7 kW, que é precisamente a potência nominal deste inversor. Possui também estratégias de poupança de eletricidade com utilização fotovoltaica prioritária e é adaptável tanto a instalações isoladas como ligadas à rede. Tem controlo de carga da bateria e tem as medidas de proteção para absorver picos de tensão.

4.4.2 Conjunto gerador

Para garantir um fornecimento fiável de eletricidade, deve estar disponível energia armazenada e instantânea. A forma mais simples e eficaz é ter um armazém com um combustível fóssil, como o gasóleo, e um conjunto gerador capaz de converter essa energia armazenada no reservatório em eletricidade. O gerador *diesel* gera normalmente corrente alternada a 230V, mais deve ser ligado ao inversor, uma vez que é o ponto de controlo central da instalação. É prioritário minimizar a utilização deste elemento por natureza não renovável e vai contra os princípios do projeto, mas em caso de emergência é a forma mais viável de garantir os serviços do parque de campismo.

O modelo escolhido deve satisfazer a exigência de poder fornecer toda a energia necessária na instalação, pelo que tem de escolher um modelo comercial com uma potência superior ao pico mais elevado registado no consumo. Tendo em conta que na tabela de consumo o pico máximo não excede 7 kW, esta será a potência máxima do gerador.

Tabela 16. Características do grupo eletrogénico Fonte : Anexo

Características	Genergy Limited 7000
Potência máxima (W)	7000
Tensão (V)	230
Capacidade do tanque (l)	21
Autonomia (h)	11



Este modelo GENERGY, com características evidenciadas na Tabela 16, cumpre os requisitos acima especificados e é um dos modelos mais económico, leve e compacto alguma vez encontrado. O gerador está conectado ao inversor e em caso de desequilíbrio entre o fornecimento e o consumo será ativada para compensar a energia que as baterias não podem fornecer. Ao mesmo tempo, se estiver a fornecer energia aos carregamentos, também pode investir o excesso de energia no carregamento das baterias para utilização futura.

4.5 Resumo económico

Para concluir o estudo de caso, deve ser feito um equilíbrio económico para conhecer o financiamento necessário para o desenvolvimento do projeto. Uma vez que o parque de campismo ainda não foi construído, os custos tidos em conta neste estudo referem-se apenas aos elementos necessários ao funcionamento da instalação de água elétrica e quente. Preços para aparelhos, cablagem, tubos...

Os preços dos artigos a instalar são detalhados na Tabela 17.

Tabela 17. Resumo económico Fonte: Própia

Item	Unit Price (€)	Nº Units	Investment cost (€)
<i>Photovoltaic solar panel</i>	157.83	22	3472.26
<i>Wind turbine</i>	7800	1	7800
<i>Charge regulator (enair)</i>	1525	1	1525
<i>Battery</i>	11002.55	1	11002.55
<i>Inverter</i>	2599.99	1	2599.99
<i>Thermal solar panel</i>	536.13	12	6433.56
<i>HWS Accumulator</i>	480	10	4800
<i>Aerothermal head pump</i>	4499.99	1	4499.99
<i>Power unit</i>	699	1	699
<i>Stove</i>	149	10	1490

Os custos estabelecidos na Tabela 17 baseiam-se nos preços encontrados *online* em referência aos elementos escolhidos para o funcionamento da instalação desenhada. Considera-se necessário fazer algumas especificações em relação aos diferentes elementos escolhidos.

O regulador de carregamento é uma opção oferecida pelo fabricante de turbinas eólicas que permite que o gerador esteja associado de forma segura e estável às baterias. Também inclui resistência à carga para o bom funcionamento do sistema. As baterias consistem na associação de 24 pilhas de 2 volts para obter os 48 necessários para o funcionamento da instalação.

Painéis solares térmicos estão associados a um tanque de água quente que já inclui bobina, sonda de temperatura, válvulas de segurança...

Segue-se um gráfico representativo, Figura 63, dos custos dos itens indicados na tabela 17.

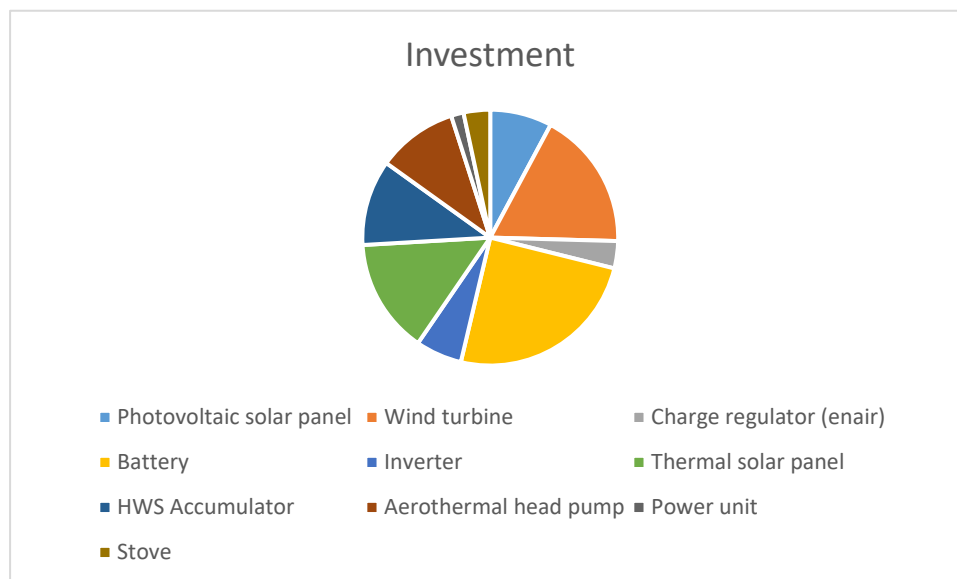


Fig 52. Resumo económico. Fonte: Própia

Pode apreciar o gráfico, que o elemento que mais investimento requer é a bateria. Este resultado é esperado, uma vez que neste momento a tecnologia menos desenvolvida ou a que mais necessita de investimento para o seu desenvolvimento são precisamente os acumuladores de eletricidade. Os seguintes elementos que tornam a instalação mais cara são a turbina eólica e os painéis solares térmicos. É um resultado lógico, uma vez que os painéis fotovoltaicos estão a ser produzidos em massa, enquanto as outras duas tecnologias requerem uma maior adaptação durante a instalação. Esta é precisamente a parte crítica deste estudo económico. É evidente que é necessário um investimento económico para a instalação dos elementos nomeados. Uma vez que a instalação física não está disponível, não é possível pedir aos fabricantes uma cotação, nem contratam uma empresa de instalação para definir preços. Isto deixa para o futuro a quantidade total de recursos necessários para a instalação estudada. Isto determina apenas o custo dos elementos, excluindo a mão-de-obra ou o preço do estúdio de engenharia em cerca de 44.300 euros.

CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

Uma vez realizado todo o estudo sobre a implementação da instalação de água quente elétrica e sanitária para a parque de campismo estudada, são retiradas algumas conclusões sobre a viabilidade do projeto e é feita uma avaliação dos trabalhos realizados.

O quadro subjacente a todo o projeto é a integração de um turismo responsável e de sustentabilidade. Neste sentido, o projeto representa um passo em direção a um futuro em que as grandes empresas geradoras de eletricidade devem ser menos dependentes e a autonomia dos consumidores ganha.

A instalação projetada satisfaz estes requisitos, uma vez que é capaz de desenvolver a energia necessária para o seu sustento. Se o projeto fosse desenvolvido, seria mais um passo rumo a um futuro sustentável, uma vez que reduziria não só a pegada ecológica dos clientes, como também proporcionaria uma aprendizagem e um modelo para projetos futuros com o mesmo objetivo.

O objetivo do projeto foi o desenvolvimento da instalação utilizando apenas tecnologias renováveis, e uma vez concluída pode determinar-se que, se for possível realizar uma instalação desta escala utilizando a tecnologia existente.

No entanto, a viabilidade técnica e económica do trabalho realizado deve ser avaliada para determinar se foi feito um bom trabalho. Para começar, a localização do projeto é valorizada como muito positiva, uma vez que o ambiente é agradável e o estudo meteorológico realizado é fiável. A área tem uma grande quantidade de irradiação durante grande parte do ano e o vento sopra regularmente, por isso as tecnologias escolhidas para a geração são ótimas. No entanto, a simulação do projeto foi considerada uma irradiação máxima e constante que se afasta da realidade, e a localização exata do local do campo solar não foi tida em conta, bem como a ligação do campo solar. No que diz respeito ao cálculo do vento, a aproximação mais realista possível foi feita com os dados disponíveis. Um estudo mais aprofundado deste recurso exigiria a instalação de um anemómetro no local de implantação para determinar com precisão a energia fornecida pela turbina eólica.

Outro aspeto importante a avaliar é o armazenamento necessário para garantir o fornecimento constante de eletricidade. Hoje, não existe uma solução definitiva para o armazenamento de eletricidade. Esta tarefa recai sobre as baterias, que é uma tecnologia em constante desenvolvimento e que representa a maior parte do investimento necessário para a implementação do projeto. Foi estudada a possibilidade de utilizar a tecnologia hidráulica como modo de armazenamento de

energia, utilizando o salto de água de um reservatório para outro com a possibilidade de instalar uma bomba no reservatório inferior para levantar a água e assim armazenar a energia de uma forma potencial. Esta ideia foi rejeitada devido à enorme quantidade de água necessária para tornar a instalação rentável. Assim, o ponto fraco da instalação é o do armazenamento elétrico quando se considera o tempo de vida destas baterias e o custo destas baterias.

No que se refere ao aspeto da água quente, considera-se que foi tomada uma abordagem muito realista do que é realmente necessário para satisfazer as necessidades térmicas dos clientes. O cálculo da procura foi realizado de acordo com os critérios impostos pelo Estado. Foi utilizado um método padronizado para o cálculo dos painéis e as quantidades de água e energia estão corretas. Também se deve dizer que, se um dia em que fosse necessária muita água e nublado, a eficiência do sistema seria severamente afetada, uma vez que todo o peso da distribuição cairia na bomba de calor, limitada na quantidade de água disponível.

Todos os cálculos técnicos foram realizados utilizando o programa Excel, pois permite uma grande versatilidade na manipulação dos dados, especialmente se trabalhar com muitos valores. Os conhecimentos adquiridos ao longo da vida académica têm sido aplicados e tem sido feito um bom trabalho com a implementação de gráficos que ajudam a entender melhor o funcionamento do projetado. As simulações realizadas podem ser mais precisas usando outro programa, mas isso foi além do âmbito do projeto.

É também necessário estudar os aspetos económicos que este projeto implica. Para começar, todas as cabines devem ser construídas primeiro, bem como a receção e os outros itens nomeados neste documento, com todos os custos que isso implica. Em seguida, devem ser incluídos todos os custos de instalação e transporte dos diferentes dispositivos, bem como a manutenção. A única coisa que foi tida em conta neste projeto são os custos diretos da aquisição dos elementos necessários para o arranque do parque de campismo. Assim, o custo total da instalação é muito superior ao que foi apresentado. Um bom estudo económico poderia explorar melhor a viabilidade do projeto, mas seria necessário um financiamento ainda muito grande.

Para concluir, gostaria de dar a visão pessoal do próprio projeto e do que isso implica não só para o ambiente direto, mas também para a mentalidade da região. Tudo projetado é baseado num projeto ainda por começar. Se isto fosse desenvolvido, o objetivo final que eu gostaria de cumprir, é fazer um agrupamento de todas as habitações da zona que operam sob o mesmo regime num agregador. Na área de instalação, não existe rede elétrica e todas as casas são constituídas por instalações isoladas e autossuficientes. Se fosse possível interligar os diferentes ativos energéticos, poderia ser criada uma rede de energia local com uma operação cooperativa, de modo a que fosse mais fácil ter energia limpa durante todo o ano. Uma vez feito isto, e se houver energia suficiente, poderá estudar a ideia de ligar-se à rede geral, insira como

um agente gerador para ser recompensado não só pela energia gerada, mas agindo como um controlo da estabilidade da rede. Este ponto é crucial, uma vez que delegaria para limpar a energia uma tarefa até agora exclusiva para as turbinas a gás em cogeração e em centrais de ciclo combinado. O futuro da energia deve ser uma responsabilidade partilhada entre as empresas e os consumidores. A transição energética já começou.

BIBLIOGRAFIA

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Informação sobre micro-ficheiros. Tamara Tolon. [Abril 2020]
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19411/TamaraTolon_Memoria_TFM_Deposito.pdf?sequence=1
- [2] Informações sobre geração distribuída. Guillem Viñals. [abril 2020]
<https://www.smartgridsinfo.es/comunicaciones/ii-congreso-sg-gestion-eficiente-de-una-Micro-rede>
- [3] Instalação fotovoltaica isolada. A heliosfera. [Abril 2020]
<https://www.heliosfera.com/instalacion-fotovoltaica-aislada/>
- [4] Informações relativas à turbina eólica e às instalações associadas. Enair. [Abril-Junho 2020] <https://www.enair.es/>
- [5] Energia solar. Energia Solar [Abril-Junho 2020] <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/historia>
- [6] Energia solar fotovoltaica. Oscar Perpignan. [Abril-Junho 2020]
https://www.researchgate.net/profile/Oscar_Perpignan_Lamigueiro/publication/249012821_Energia_Solar_Fotovoltaica/links/02e7e51e80783f1d9f000000/Energia-Solar-Fotovoltaica.pdf
- [7] Livro sobre Energias Renováveis. Jaime Gonzalez. [Abril e maio de 2020]
https://books.google.es/books?hl=ca&lr=&id=bl6L8E_9t1kC&oi=fnd&pg=PA4&dq=energ%C3%ADas+renovables&ots=r8nAemV8Hc&sig=vsRRt18Q1H-Kl4xcxJ8QFTCRyzM&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [8] Energia solar térmica. A Ingemecanica. [Maio 2020]
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn188.html>
- [9] Energia eólica. Carlos Silva. [Maio 2020]
[file:///C:/Users/nil_j/Downloads/2.%20Aspects%20of%20Meteorology%20and%20Wind%20Characteristics%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/nil_j/Downloads/2.%20Aspects%20of%20Meteorology%20and%20Wind%20Characteristics%20(1).pdf)
- [10] Energia hidráulica. José Francisco Sanz. [Maio 2020]
https://books.google.es/books?hl=ca&lr=&id=Q5BfDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA33&dq=energ%C3%ADa+hidr%C3%A1ulica&ots=CvtOI0iR97&sig=K5hOxSLQXzYKFJmuFygGuCfhVGk&redir_esc=y#v=onepage&q=energ%C3%ADa%20hidr%C3%A1ulica&f=false
- [11] Energia hidráulica. Área tecnológica. [Maio 2020]
<https://www.areatecnologia.com/mecanismos/turbinas-hidraulicas.html>
- [12] Recurso solar. JCR Europa. [Abril-Maio 2020] <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgris>
- [13] Recurso de vento. O Aemet.
<https://datosclima.es/Aemethistorico/Vientostad.php>
- [14] Clima delta del Ebro. Na Wikipédia. [Abril 2020]
https://es.wikipedia.org/wiki/Parque_natural_del_Delta_del_Ebro

- [15] Calculo a procura de água quente sanitária. Grupo de treino andaluciano. [Maio 2020] http://www.coavn.org/coavn/cte/CursoNavarra/HE4_03_DIMENSIONADO.pdf
- [16] Calculo a energia necessária para o aquecimento. Calor e frio. [Maio 2020] <https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calefaccion-instalaciones-componentes/calcular-la-potencia-calorifica-para-una-casa-o-habitacion.html>
- [17] Bomba de calor e aerotermia. O Nergiza. [Abril 2020] <https://nergiza.com/cual-es-la-diferencia-entre-aerotermia-y-bomba-de-calor/>
- [18] Documento básico de poupança de energia. Ministério do Desenvolvimento. [Maio 2020] https://www.certificadosenergeticos.com/wp-content/uploads/2015/12/Doc_CTE_HE_Ahorro_Energ%C3%ADa.pdf
- [19] Energia hidráulica. J. Carlos P. Da Costa. [Abril 2020] https://moodle.isep.ipp.pt/pluginfile.php/304574/mod_resource/content/2/acetatos_energias_renovaveis_PT.pdf
- [20] Atlas of Global and Regional climate projections. IPCC. [Agosto 2020] <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/aism-annex-i-atlas-of-global-and-regional-climate-projections-supplementary-material-rcp2-6/>

ANEXOS

7. ANEXOS

O anexo é constituído pelos diferentes *dados do* equipamento comercial utilizado neste documento.

- **Cabanas**

Luz geral

<https://www.efectoled.com/es/comprar-apliques-led-de-techo/4985-lampara-led-de-techo-orientable-ates-3-focos-9w-blanco.html>

Detalhe de luz

<https://www.efectoled.com/es/comprar-coleccion-grid/5502-lampara-de-sobremesa-klam-negro.html>

Luz externa

<https://www.efectoled.com/es/comprar-serie-rgb/51970-foco-proyector-led-rgb-10w-120lmw-he-pro.html>

Fã

<https://www.leroymerlin.es/fp/82003849/ventilador-de-techo-con-luz-inspire-aruba-112-cm-blanco-ac>

Banho Geral

<https://www.efectoled.com/es/comprar-focos-downlight-led/134-foco-led-downlight-rectangular.html>

Espelho Led

<https://www.efectoled.com/es/comprar-espejos-led/11590-espejo-decorativo-led-creta-153555w.html>

Secador de cabelo

<https://www.productosparahoteles.net/shop/es/secadores-de-pelo-de-hotel/19-secador-de-pelo-120.html>

- **Áreas comuns**

Luz de estrada

https://www.efectoled.com/es/comprar-balizas-led-exterior/5350-baliza-augusta-negro-con-detector.html?id_c=12185

Pontos de luz fixos

<https://www.efectoled.com/es/comprar-apliques-led-exterior/1726-aplique-led-domus-8445044003075.html>

Churrasco e "chill out"

<https://www.efectoled.com/es/comprar-luminarias-led-alumbrado-publico-para-proyectos/15370-luminaria-led-villa-40w.html>

Frigorífico

<https://www.bosch-home.es/catalogo-electrodomesticos/frigorificos-y-congeladores/combis/combis/KGN49XI3P#/Tabs=section-technicalspecs/Togglebox=-1575603884/Togglebox=-1681851069/Togglebox=330885287/Togglebox=573928094/Togglebox=318045609/>

Congelador

<https://auxihosteleria.es/comprar/arcon-congelador-550if/>

Piscina

<https://www.efectoled.com/es/comprar-focos-led-de-piscina/3995-bombilla-led-sumergible-par56-18w.html>

<https://www.efectoled.com/es/comprar-accesorios-piscinas-y-jardines/2126-transformador-12vac-80w-8445044013937.html>

Casa de banho

<https://www.efectoled.com/es/comprar-plafones-led-design/1139-plafon-led-circular-design-12w-silver.html>

Equipamento de som

<https://www.masquesonido.com/sonido-profesional/equipos-sonido/packs-bares-locales-pubs/vonyx-vps122a-set-plug-play-800w-con-tripodes.html>

Luz do partido

<https://www.efectoled.com/es/comprar-tiras-led-220v-240v-ac-en-bobinas/345-bobina-de-tira-led-220v-ac-smd5050-60-led-m-rgb-50-metros.html>

Televisão

<https://www.lg.com/es/television/lg-OLED88Z9PLA>

- **Geração Solar**

Termos solares

<https://www.greenheiss.com/wp-content/uploads/Ficha-CAPTUR.pdf>

Fotovoltaica

<https://autosolar.es/pdf/ERA-Mono-PERC-400W.pdf>

<https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-400w-perc-monocristalino-era>

Água quente sanitária

<https://tuclimatizaciononline.es/bomba-de-calor-ariston-nimbus-s-compact-50-s-net.html>

<https://www.gasfriocalor.com/acumulador-baxi-esmaltado-as-150-1e>

Turbina eólica

<https://www.enair.es/es/aerogeneradores/precios>

https://www.enair.es/descargas/Ficha_Tecnica/Ficha_Tecnica_E30_es.pdf

Turbina

<https://tecnoturbines.com/turbinas-cargade-bateria/he>

Bateria

<https://autosolar.es/baterias-estacionarias-opzs-48v/bateria-estacionaria-bae-48v-1160ah>

Gerador

<https://www.leroymerlin.es/fp/81955250/generador-genergy-limited-7000-gasolina-de-6000-w#fichaTecnica>

Inversor

file:///C:/Users/nil_j/Downloads/19.1.pdf

<https://www.solarlinerenovables.com/es/inversores-aislada/1171-inversor-cargador-7kw-48v-230vac-cargador-110ah-55kw-continuos-conext-xw-7048e-schneider-8435438836211.html>

Fogão

<https://www.bauhaus.es/estufas-de-lena/panadero-estufa-de-lena-negrooro/p/24285524>

