



# **Eficiência Energética de piscinas. Reabilitando incluindo o mix energético renovável.**

Análise de caso da reabilitação energética da Piscina Municipal do Barreiro

**Nuno Alexandre Paredes Delgado**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão da Energia**

Orientador: Prof. Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

**Júri**

Presidente: Prof. José Alberto Caiado Falcão de Campos

Orientador: Prof. Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Vogal: Carlos Augusto Santos Silva

**Dezembro 2015**



## **Agradecimentos**

À minha família, cujo apoio ao longo destes penosos anos se mostrou essencial para me impedir de me perder na mediocridade. Em especial à minha mãe, uma mulher de força e determinação, sem a qual este trajeto não seria possível, ao meu pai que me transmitiu o sentido de responsabilidade e da importância da palavra dada, e por fim ao meu irmão pela transmissão de valores de Família.

Ao meu orientador académico, o Professor Manuel Duarte Pinheiro, pelo apoio, disponibilidade, aos seus indispensáveis conselhos e, acima de tudo, pela sua amizade.

À Câmara Municipal do Barreiro pela experiência que me proporcionou durante os meses de estágio curricular.

A todos os meus colegas da Câmara Municipal do Barreiro, em especial, a minha patrona, Engenheira Ana Correia, por toda a ajuda e disponibilidade durante o desenvolvimento da minha dissertação.

Por fim, e não menos importante, aos meus companheiros de combate académico e leais amigos Ivo Véstia, Silvana Silveira e Sara Pacheco por todo o apoio e amizade.

***“A mind that is stretched by a new experience can never go back to its old dimensions.”***

“Uma mente ampliada por novas experiências, nunca volta à sua velha dimensão”  
Oliver Wendell Holmes, Jr.



## **Resumo**

O aumento dos custos com a energia e as restrições orçamentais, nomeadamente no setor público, tem criado grande constrangimentos aos orçamentos municipais, originando a necessidade de reduzir os custos operacionais com o edificado público, sem que com isso se diminua a qualidade do serviço oferecido aos munícipes.

Nesse sentido o presente estudo pretende reduzir os consumos com energia da Piscina Municipal do Barreiro, uma vez que esta velha instalação apresenta gastos significativos para o município. Para o efeito fora realizado um levantamento do estado do edifício, dos seus equipamentos e dos comportamentos dos seus ocupantes de modo a determinar a origem dos elevados gastos de energia e conseqüentemente as melhorias que devem ser adotadas para que se possa, efetivamente, reduzir os gastos. Para simular o comportamento do edifício na sua configuração atual, e posteriores alterações de simulação de melhorias, foi utilizado o *software DesignBuilder*.

Após a determinação de uma solução que cumpra o objetivo de redução de custos, foi utilizado os *software HOMER* para a determinação de uma solução de produção local de energia renovável, com especial enfoque em soluções híbridas, ou seja de duas ou mais fontes de energia renovável, com a intenção e criar um sistema que consiga minimizar o grande problema da intermitência das energias renováveis, no caso, de origem solar e eólica.

Por fim, este estudo é encarado como uma abordagem global ao problema da procura por eficiência energética e produção local renovável, ou seja, não se limitar a focar uma área de intervenção (construtiva, mecânica, eletrotécnica, etc.), mas sim na busca de uma solução que integre várias áreas das engenharias.

## **Palavras-chaves:**

Eficiência Energética, Energias Renováveis, Produção Elétrica Híbrida, Piscina, Retorno Económico, Reabilitação Passiva, Auditoria Energética.

## **Abstract**

The rising energy costs and budgetary constraints, particularly in the public sector, has created great constraints on public budgets, resulting in the need to reduce operating costs with the public buildings, without thereby diminish the quality of service offered to its citizens.

This study aims to reduce energy consumption in the Municipal Pool of Barreiro (a Portuguese Municipality in Setubal District), since this old facility presents significant expenses to the municipality. For this purpose, a survey of the state of the building has been done on of its equipment and the behavior of its occupants in order to determine the origin of the high cost on power and consequently the improvements that should be adopted, so that we can effectively reduce cost. In order to simulate the behavior of the building in its current configuration, as well as amended improvements, it was used the software DesignBuilder.

After determining a solution that meets the objective of cost reduction, the software HOMER was used, to determine a solution for local renewable energy production, with particular focus on hybrid solutions, e.g. two or more sources of renewable energy, with the intention of creating a system that can minimize the problem of intermittency of renewable energies, in this case, of solar and wind origin.

Finally, this study is seen as a comprehensive approach to the demand for energy efficiency and local renewable production, e.g. not limited on one area of intervention (constructive, mechanical, electrical, etc.), but in a search for a solution in which various areas of engineering are integrated.

## **Keywords:**

Energy Efficiency, Renewable Energy, Electric Hybrid Production, Pool, Economic Return, Passive Refurbishment, Energy Audit

## Índice

1	Introdução .....	1
1.1	Eficiência energética .....	1
1.2	Eficiência energética em piscinas .....	2
1.3	Gestão energética das piscinas.....	2
1.4	O problema e a metodologia .....	3
2	Revisão do Estado da Arte- Eficiência Energética .....	5
2.1	Procura de eficiência energética.....	5
2.1.1	A Reabilitação Energética Passiva .....	5
2.1.2	Auditoria energética.....	7
2.1.3	Estudo do desempenho energético- DesignBuilder/ EnergyPlus .....	9
2.2	Principais consumos energéticos em piscinas .....	12
3	Revisão do Estado da Arte- Sistemas de Energia Renovável Híbrida.....	14
3.1	Abordagens e dados de base na componente renovável .....	14
3.2	Modelação das soluções .....	15
3.2.1	Geração de dados meteorológicos para análise de viabilidade. ....	15
3.2.2	Modelação de componentes de sistemas Solar-eólicos. ....	16
3.2.3	Modelação do sistema fotovoltaico .....	17
3.2.4	Modelação de um sistema eólico.....	17
3.2.5	Modelação de um sistema de armazenagem por meio de baterias .....	17
3.3	Avaliação .....	18
3.3.1	Análise de fiabilidade de potência.....	18
3.3.2	Análise do custo do sistema .....	18
3.3.3	Método de otimização de sistemas híbridos.....	18
4	Caso de Estudo – Piscina Municipal do Barreiro .....	21
4.1	Descrição e principais características.....	21
4.1.1	Principais Soluções Construtivas.....	24
4.2	Consumos.....	26
4.3	Auditoria.....	27
4.3.1	Iluminação.....	27

4.3.2	Equipamentos .....	28
4.3.3	Desumidificador.....	29
4.3.4	Caldeira de aquecimento.....	30
4.3.5	Perfis de utilização .....	31
4.4	Estudo do desempenho energético .....	33
4.4.1	Consumos Eléctricos.....	33
4.4.2	Ganhos pela envolvente.....	35
4.5	Consumos de Gás .....	35
4.5.1	Perdas Térmicas por Evaporação:.....	36
4.5.2	Perdas Térmicas por Radiação.....	36
4.5.3	Perdas Térmicas por Convecção.....	37
4.5.4	Ganhos Térmicos por irradiação solar. ....	37
4.5.5	Adição de água para compensação de perdas na piscina.....	38
5	Oportunidades de melhoria na redução de consumos .....	39
5.1	Soluções a considerar.....	39
5.1.1	Variador Electrónico de Velocidade .....	40
5.1.2	Solução 1 .....	42
5.1.3	Solução 2.....	45
5.1.4	Solução 3.....	48
5.1.5	Solução 4.....	50
5.1.6	Consumos e poupanças das soluções.....	53
5.2	Avaliação de Viabilidade Económica .....	55
5.2.1	Variador Electrónico de Velocidade.....	55
5.2.2	Solução 1 .....	57
5.2.3	Solução 2.....	58
5.3	Balanço dos custos e retorno dos investimentos .....	60
6	Fornecimento energia renovável .....	61
6.1	Sistemas de geração.....	61
6.2	Equipamentos .....	61
6.2.1	Fotovoltaica.....	61
6.2.2	Turbina Eólica .....	62

6.3	Dados climáticos.....	63
6.3.1	Irradiação.....	63
6.3.2	Eólica.....	64
6.4	Consumo de Eletricidade.....	65
6.5	Modelo Base.....	66
6.5.1	Simulação.....	66
6.6	Solução 2.....	67
6.6.1	Simulação.....	67
7	Discussão dos Resultados.....	70
8	Conclusões.....	73
	Referências.....	76
	Anexos.....	1

## Índice de Figuras

Figura 1-	Sombreamento Vertical, Pavilhão Interdisciplinar, Instituto Superior Técnico.....	7
Figura 2-	Capacidade instalada solar e eólica global anual (Ngan et al., 2012).....	14
Figura 3-	Diagrama em bloco de um sistema híbrido solar-eólico (Fazelpour et al., 2014). ....	16
Figura 4-	Localização da Piscina Municipal (Fonte: Google Earth).....	21
Figura 5-	Fachada Sul.....	21
Figura 6-	Fachada Poente.....	22
Figura 7-	Planta do piso 0.....	23
Figura 8-	Planta do piso 1.....	23
Figura 9-	Esquema da envolvente opaca atual.....	24
Figura 10-	Substituição da Cobertura.....	25
Figura 11-	Gastos médios anuais dos últimos três anos.....	26
Figura 12-	Distribuição dos custos por tipo.....	26
Figura 13-	Iluminação no balneário masculino.....	27
Figura 14-	Desumidificador da nave.....	29
Figura 15-	Desumidificador dos balneários.....	30
Figura 16-	Caldeira.....	30
Figura 17-	Horário de Funcionamento.....	31
Figura 18-	Perfil de Utilização da Iluminação.....	32
Figura 19-	Perfil de Utilização dos equipamentos.....	32
Figura 20-	Perfil de utilização dos desumidificadores.....	32
Figura 21-	Modelo Base.....	33
Figura 22-	Gastos de Eletricidade no Modelo Base.....	33

Figura 23- Consumos mensais de Eletricidade no Modelo Base .....	35
Figura 24-Ganhos Solares no Modelo Base .....	35
Figura 25- Ganhos mensais por Irradiação no Modelo Base .....	37
Figura 26- Percentagens de Ganhos e Perdas.....	39
Figura 27- Perfil da eletrobomba na Solução 1.....	42
Figura 28- Controlo de temperatura na Solução 1 .....	43
Figura 29- Heating Design na Solução 1 .....	43
Figura 30- Consumos de Eletricidade na Solução 1 .....	44
Figura 31- Temperaturas interiores na Solução 1.....	44
Figura 32- Modelo da Solução 2 .....	45
Figura 33- Palas de Sombreamento.....	46
Figura 34- Heating Design na Solução 2.....	46
Figura 35- Consumos de Eletricidade na Solução 2 .....	47
Figura 36- Irradiação na Solução 2 .....	47
Figura 37- Temperaturas interiores na Solução 2.....	47
Figura 38- Modelo da Solução 3 .....	48
Figura 39- Heating Design na Solução 3 .....	49
Figura 40- Consumo de Eletricidade na Solução 3.....	49
Figura 41- Temperaturas interiores na Solução 3.....	50
Figura 42- Solução ETICS .....	50
Figura 43- Heating Design na Solução 4.....	51
Figura 44- Consumos de Eletricidade na Solução 4 .....	52
Figura 45- Temperaturas interiores na Solução 4.....	52
Figura 46- Preços de energia em Média Tensão. EDP .....	56
Figura 47- ATV61HU55N4Z.....	56
Figura 48- Roof-Top UATYP.....	58
Figura 49- Comparação da evolução dos custos operacionais da Base e Soluções 1 e 2.....	60
Figura 50- Painel EC Solar .....	62
Figura 51- Turbina eólica Hummer H4.6 .....	63
Figura 52- Irradiação solar- HOMER.....	63
Figura 53-Disponibilidade solar.....	64
Figura 54- Intensidade eólica HOMER.....	64
Figura 55- Disponibilidade eólica .....	65
Figura 56- Tarifas HOMER .....	65
Figura 57-Resultados HOMER Modelo Base .....	66
Figura 58-Fração Renovável Modelo Base .....	66
Figura 59- Análise económica HOMER Modelo Base.....	67
Figura 60- Resultados HOMER Solução 2 .....	67
Figura 61-Fração Renovável Solução 2 .....	68
Figura 62-Análise económica HOMER Solução 2 .....	69

Figura 63-Diagrama Sankey Base .....	71
Figura 64-Diagrama Sankey Solução 2.....	71

## Índice de quadros

Tabela 1- Qualidade hidrométrica em piscinas cobertas.....	12
Tabela 2- Espaços.....	24
Tabela 3- Valor U envolvente Opaca atual.....	24
Tabela 4- Características dos envidraçados .....	25
Tabela 5- Valor U da cobertura.....	25
Tabela 6- Iluminação instalada. ....	28
Tabela 7-Equipamentos instalados.....	29
Tabela 8- Desumidificadores instalados.....	29
Tabela 9- Caldeira instalada .....	31
Tabela 10- Distribuição de consumo no Modelo Base .....	34
Tabela 11- Resumo de Ganhos e Perdas no Modelo Base .....	38
Tabela 12- Alteração de potência com uso do VEV.....	40
Tabela 13- Perfil de utilização do VEV .....	40
Tabela 14- Horas disponíveis em um ano para o VEV .....	41
Tabela 15- Perdas e Ganhos na Solução 1 .....	45
Tabela 16- Perdas e Ganhos na Solução 2.....	48
Tabela 17- Perdas e Ganhos na Solução 3.....	50
Tabela 18- Calculo do valor U na Solução 4 .....	51
Tabela 19- Perdas e Ganhos na Solução 4.....	53
Tabela 20- Comparação dos Consumos das várias soluções.....	53
Tabela 21- Previsão de custos operacionais das várias soluções.....	54
Tabela 22- Comparação das melhorias de consumo.....	54
Tabela 23-Comparação das reduções de custos.....	54
Tabela 24- Características do sistema com VEV.....	56
Tabela 25- Calculo de payback para o VEV .....	57
Tabela 26- Poupanças as 15 anos com o VEV .....	57
Tabela 27- Preços e potências dos Roof-Top.....	57
Tabela 28-Calculo de payback da Solução 1 .....	58
Tabela 29- Orçamento BrickSteel .....	59
Tabela 30- Calculo de payback da Solução 2.....	59
Tabela 31- Custos Operacionais Base .....	59
Tabela 32- Custos Operacionais para a Solução 1.....	59
Tabela 33- Custos Operacionais para a Solução 2.....	59
Tabela 34- Resumo de investimento e retorno das soluções.....	60
Tabela 35- Comparativo Fotovoltaico.....	62

Tabela 36- Comparativo Conversores.....	62
Tabela 37- Comparativo turbinas eólicas .....	62

# 1 Introdução

## 1.1 Eficiência energética

O conceito de eficiência energética pode ter múltiplas perspetivas. Segundo a Diretiva nº. 2006/32/CE, do Parlamento e Conselho Europeu de 5 de abril de 2006, o conceito de Eficiência Energética é: “Eficiência energética”: o rácio entre o resultado em termos do desempenho dos serviços, bens ou energia gerados e a energia utilizada para o efeito.” (artigo 3.º, alínea b)

Por exemplo para Byrne (Citado em Yang e Yu, 2015) refere que é a capacidade de responder à procura e ao desafios das alterações climáticas que tem vindo aumentar nas últimas décadas.

No geral e em comum às várias perspetivas está presente a lógica de que a eficiência energética é a otimização dos consumos energéticos sem se perder a qualidade de serviço (Adene, 2015), envolvendo por vezes a apenas a procura, isto é os consumos de energia, e por vezes também a oferta isto é a produção de energia, com destaque para as energias renováveis.

A Política Energética (CE, 2010) na Europa assenta numa estratégia de energia segura, competitiva e sustentável. A estratégia energética de 2030 propõe uma melhoria de eficiência energética, um aumento do uso de energias renováveis, e a redução dos gases de efeito de estufa no período entre 2020 e 2030. A União Europeia aponta para uma melhoria de 20% no uso de energias renováveis, eficiência energética e na redução de gases de efeito de estufa até 2020.

O objetivo até 2030 (CE, 2015) é atingir uma redução de 40% das emissões de efeito de estufa quando comparado com as emissões em 1990, para 27% da energia na Europa seja de origem renovável e 30% na melhoria de eficiência energética.

A política energética que é também ambiental (redução das emissões de gases de efeito de estufa) tem procurado regular no sentido de promover o desempenho energético nas atividades e no edificado (Ferreira, 2011) desafiando as mesmas à procura de eficiência energética e utilização de energias renováveis.

Existe hoje em dia um consenso geral da necessidade de melhorar a eficiência da utilização da energia final, procurar novas formas de produção de energia a partir de fontes renováveis e evitar o uso desnecessário de energia. Sabe-se também, que uma maior eficiência na utilização final da energia contribui para a redução da procura e consumo de energia primária, redução das emissões de gases de efeito de estufa, prevenindo a alteração das condições climáticas.

Numa época de grande preocupação com a economia europeia e nacional, a abordagem à eficiência energética pela perspetiva de custo-eficácia poderá permitir explorar novas tecnologias e abordagens ao planeamento de consumo e exploração energética das economias Europeias.

## **1.2 Eficiência energética em piscinas**

As piscinas, apesar de serem infraestruturas desportivas de difícil exploração económica, já que apresentam despesas de manutenção elevadas, devem ser vistas com uma perspetiva social, ou seja, medindo, a rentabilidade social que delas advém (Aragão, 2006; Pires & Sarmiento, 1999a, 1999b).

Constantino (1999) afirma que as piscinas públicas têm exigências no plano de custos de operação que resultam de um conjunto de serviços indispensáveis ao seu funcionamento, à sua manutenção e ao seu enquadramento, que os problemas de retorno económico podem não ser um problema, por se assumirem como um custo social.

Neste sentido Pires e Sarmiento (1999b) referem que o serviço público desportivo deve ser organizado e estruturado numa lógica empresarial e de mercado, permitindo um equilíbrio efetivo e real na relação custos/benefícios das instalações desportivas.

Torna-se um objetivo de grande interesse, reduzir os custos operacionais, investindo na procura de soluções eficientes e integradas, capazes de diminuir o impacto financeiro nos orçamentos (Pires & Sarmiento, 1999a; Sarmiento, 2004).

## **1.3 Gestão energética das piscinas**

Uma piscina municipal é uma infraestrutura muito exigente, sendo importante salvaguardar todos os aspetos técnicos e normativos desde o momento do seu projeto até à sua gestão (Barbosa, 2007).

A complexidade que é atribuída a uma piscina resulta de um conjunto de fatores como são os técnicos, a diversidade e especificidade de equipamentos utilizados e a elevada exigência colocada ao nível de parâmetros de funcionamento de qualidade (Soares, 2004), pelo que existem diferentes áreas de atuação na organização e gestão das piscinas que vão desde o nível administrativo, do planeamento e sua avaliação, do técnico e das instalações e equipamentos (Costa, 2000).

A gestão da energia é parte essencial do planeamento e da gestão, não podendo ser subestimada, especialmente com desportos que consomem grandes quantidades de energia. O consumo energético nas instalações desportivas difere significativamente de acordo com a sua localização, o tipo e o uso que lhe é dado (Trianti-Stourna et al., 1998). No que se refere ao caso das piscinas, estas são um tipo de instalação desportiva com um elevado grau de consumo energético, essencialmente as cobertas (Beleza et al., 2007).

A gestão de energia nas piscinas aparece como um problema do presente, mas também do futuro próximo, já que quer os produtos quer a energia estão cada vez mais caros, o que suscita preocupação para o gestor. São alguns fatores, como o tipo, o número e o tamanho dos tanques, a

frequência de utilização e a capacidade dos sistemas de tratamento utilizados que vão fazer depender os gastos diários de uma piscina (Soares, 2004), já que influenciam os consumos de água, produtos químicos, manutenção, pessoal e energia.

## **1.4 O problema e a metodologia**

A importância energética das piscinas desafia as entidades gestoras, públicas e privadas, na reabilitação e na sua gestão a efetuar uma abordagem integrada e otimizar o seu desempenho energético.

Este desafio repercute-se pelas várias entidades responsáveis, com destaque para os municípios que são detentores de piscinas, e muitos dos municípios nacionais, encontram-se com fortes constrangimentos financeiros devido à atual crise financeira. Entre estes municípios encontra-se o município do Barreiro, que pretende baixar os custos operacionais com o edificado público a seu cargo, procura hoje melhorar a eficiência energética dos mesmos.

Assim, a Divisão de Intervenção no Espaço Público e Equipamentos Municipais pretendia dispor de um estudo sobre medidas de melhoria dos consumos de energia na Piscina Municipal do Barreiro. O autor efetuou um estágio no Município tendo como objetivo identificar as possibilidades de melhorias energéticas na piscina Municipal, que esta tese apresenta.

Guimarães (2010) na sua dissertação “Piscinas: consumos energéticos associados e a aplicação de energias renováveis: estudo de caso realizado em estabelecimento de ensino privado” aborda, quanto à utilização de energia, verifica que no total de consumo de perdas caloríficas, as perdas por evaporação correspondem a cerca de 83,4% do consumo total, as perdas por renovação da água a 9,08% e por radiação a 7,52%. Recomenda (Guimarães, 2010) como sugestões futuras uma abordagem integrada e a realização de estudos com a possível aplicação de outros equipamentos de energias renováveis, que é o foco desta tese.

A metodologia utilizada para esta abordagem passou por rever a literatura, primariamente em Dissertações, jornais e revistas científicas, utilizando os motores de busca Science Direct, Research Gate e repositórios universitários, utilizando as palavras-chave em português e inglês: Eficiência energética, produção elétrica híbrida, piscinas, retorno económico, reabilitação passiva, auditoria energética (capítulo 2).

A importância da energia nos custos operacionais nos equipamentos públicos, a redução dos custos de produção da energia renovável, a complementaridade entre diferentes fontes perspectiva a possibilidade de adotar as energias renováveis numa lógica de *mix* (chamada de produção híbrida) é também objeto de revisão de forma a analisar potenciais formas de fornecimento de energia renovável (capítulo 3). Seguidamente caracteriza-se a piscina, sistematiza-se o consumo, auditam-se situação os

vários consumos energética, analisa-se as quais as vários consumos como base para suportar as melhorias a considerar (capítulo 4).

Para os pontos identificados analisa-se (capítulo 5) as possibilidades de soluções a adotar para melhorar o desempenho energético, através da procura de melhoria de eficiência dos sistemas na perspetiva de consumo, pontualmente no desempenho passivo (soluções construtivas do edifício), e de formas de fornecimento energético de base renovável de forma parcelar, quer seja solar para aquecimento das águas quentes sanitárias, quer seja para geração fotovoltaica, eólica e por vezes biomassa ou outras.

Para cada uma das soluções sistematizam-se as suas características e custos de investimento, operação e benefícios decorrentes. Todos os projetos que requerem investimento, seja este público ou privado, devem ser sempre alvo de uma análise de viabilidade económica prévia, em que deve ser estimado o tempo de retorno desse mesmo investimento. Os estudos de viabilidade permitem delinear prioridades de investimento. O estudo efetuado vai determinar os seguintes parâmetros: Valor atualizado líquido<sup>1</sup>; Taxa interna de rentabilidade<sup>2</sup>; Período de Payback<sup>3</sup> e Índice de rentabilidade<sup>4</sup>.

Após os reduzir os consumos procura-se identificar o *mix* energético renovável, utilizando para o efeito o programa HOMER (descrito no 3.3.3), tendo em vista definir quais as fontes energéticas a considerar, incluindo quantitativos de fornecimento e sua viabilidade (capítulo 6). Posteriormente discute-se a abordagem efetuada e resultados obtidos (capítulo 7) e sistematizam-se as conclusões, bem como os potenciais desenvolvimentos futuros (capítulo 8), e as referências bibliográficas utilizadas ao longo da tese. A tese inclui ainda um conjunto de anexos que complementa a informação apresentada, composta por fichas de produtos utilizados e custos.

---

<sup>1</sup> Por valor líquido atualizado entende-se o valor hoje de um determinado montante a obter no futuro. Como qualquer investimento apenas gera cashflow no futuro, é necessário atualizar o valor de cada um desses cashflows e compará-los com o valor do investimento. No caso do valor do investimento ser inferior ao valor atual dos cashflows, o VAL é positivo o que significa que o projeto apresenta uma rentabilidade positiva. Para atualizar os cashflows futuros é utilizada uma taxa a que se chama taxa de desconto. Esta taxa de desconto é não mais do que uma taxa de juros sem risco acrescida de um prémio de risco estabelecido para o tipo de projeto em causa.

<sup>2</sup> A taxa interna de rentabilidade é um indicador usado para medir a rentabilidade de projetos de investimento. Quanto mais elevada é a IRR, maior a rentabilidade do projeto. Dizemos que se a TIR for superior à taxa de custo de capital, o projeto é viável. O valor da TIR é determinado a partir da fórmula de cálculo do Valor Atualizado Líquido. Se igualarmos o VAL a zero e resolvermos a equação em função da taxa de desconto, encontramos o valor da IRR. Esta expressão determina a taxa de rentabilidade mínima para tornar um projeto viável.

<sup>3</sup> O Prazo de Recuperação do Investimento representa o tempo que demora a recuperar os montantes investidos através dos cash-flows gerados por esse mesmo investimento. Por outras palavras, representa o tempo necessário para que o Valor Atual Líquido (VAL) atinja valores positivos. Para atualizar os cash-flows futuros é utilizada uma taxa de desconto. Esta taxa de desconto não é mais do que uma taxa de juros sem risco acrescida de um prémio de risco estabelecido para o tipo de projeto em causa.

<sup>4</sup> O índice de rentabilidade é um método que deriva diretamente do método do Valor Atualizado Líquido, apresentando as mesmas vantagens e desvantagens que este, apenas com duas diferenças fundamentais: tem como vantagem tomar em consideração a dimensão relativa do investimento, apresentando uma medida de rentabilidade por unidade monetária investida. Como desvantagem tem o facto de exigir uma perfeita e total distinção entre as despesas de exploração e investimento que nem sempre são muito claras.

## **2 Revisão do Estado da Arte- Eficiência Energética**

### **2.1 Procura de eficiência energética**

Existe hoje, um grande número de trabalhos de investigação nas abordagens de conservação de energia. Estas metodologias podem ser classificadas em cinco grandes categorias:

- Tecnologias eficientes;
- Projeto de edifícios e materiais eficientes;
- Fontes de energia renovável;
- Mudança de comportamentos;

#### **2.1.1 A Reabilitação Energética Passiva**

Segundo Simões (2009), hoje em dia existem edifícios que só são habitáveis devido aos seus sistemas de climatização. Com o aumento dos custos com energia, este tipo de solução torna-se economicamente insustentável. Como tal a reabilitação deve ser encarada como uma oportunidade de promover um edificado mais sustentável, apostando na diminuição do consumo de energia utilizando soluções de envolventes mais eficientes.

Com as crescentes exigências de conforto térmico que se têm verificado nos últimos anos, torna-se cada vez mais importante o estudo pormenorizado das perdas e ganhos térmicos que ocorrem através da envolvente dos edifícios devido aos fatores externos (a temperatura, a humidade do ar, os ventos, a radiação solar).

A equação de equilíbrio entre os ganhos e as perdas energéticas designa-se por balanço energético e permite uma maior fiabilidade dos métodos de previsão das necessidades de energia de climatização (Baker, et al., 1992).

Katsaprakakis (2015), ao analisar casos de piscinas, refere que a componente passiva pode ser alargada ao fornecimento da energia, destacando neste caso que um sistema solar passivo pode reduzir até 90 % das cargas térmicas.

##### **2.1.1.1 Isolamento térmico**

O objetivo do isolamento térmico é o de aumentar a resistência térmica da envolvente do edifício de forma a reduzir as trocas de energia na forma de calor entre o interior do edifício e o exterior, diminuindo assim as necessidades de aquecimento no Inverno, e de arrefecimento no Verão. O isolamento térmico tem a função de dificultar a passagem de calor nas paredes, coberturas, pavimentos e também nas pontes térmicas, diminuindo assim as necessidades energéticas de climatização. O isolamento térmico feito pelo exterior do edifício é, do ponto de vista térmico, preferível ao isolamento

interior, visto que permite um melhor tratamento das pontes térmicas, redução da possibilidade de ocorrerem condensações, entre outras vantagens.

O isolamento exterior pode ser feito com o sistema composto de isolamento térmico pelo exterior ou reboco térmico ETICS. O Sistema ETICS (External Thermal Insulation Composite System) é um sistema de isolamento térmico pelo exterior que é vulgarmente usado na construção, também conhecido por Cappoto. O sistema ETICS tem maiores custos de construção do que os tradicionais sistemas de parede com isolamento duplo ou simples, por essa razão os donos de obra ainda preferem escolher as soluções mais baratas, no entanto essa decisão não é económica a longo prazo.

#### **2.1.1.2 Vãos envidraçados**

Os vãos envidraçados podem ser responsáveis por cerca de 30 a 40% das perdas térmicas totais dos edifícios no Inverno, e no Verão podem ser responsáveis por problemas de sobreaquecimento interior e por grande parte das necessidades de arrefecimento associadas à envolvente (Pinto, 2002).

O desempenho térmico dos vãos envidraçados depende de três fatores fundamentais: as características técnicas dos vidros, a qualidade da caixilharia e o grau de proteção oferecido pelo sistema de sombreamento ao cortarem a irradiação direta do espaço. A adoção de vidros duplos, para além de reduzir as perdas térmicas e as necessidades de aquecimento, diminui a possibilidade de ocorrência de fenómenos de condensação e melhora o conforto térmico e acústico, bem como a qualidade de construção (Pinto, 2002).

#### **2.1.1.3 Área de Envidraçados e Sombreamento**

O balanço entre o aquecimento, arrefecimento e iluminação natural é uma importante consideração a ter na escolha da orientação e tamanho dos vãos (Goulding, et al., 1993). Envidraçados orientados a norte devem ser reduzidos uma vez que têm ganhos solares reduzidos e grandes perdas térmicas no Inverno. Uma orientação a Sul é rica em ganhos solares diretos no Inverno e se não forem ser cuidadosamente dimensionados e sombreados, podem sofrer ganhos excessivos no Verão. Quando orientados a Nascente e Poente têm uma incidência solar horizontal, difícil de sombrear, pelo que se deve considerar a colocação de palas de sombreamento verticais, como apresentados na Figura 1.



Figura 1- Sombreamento Vertical, Pavilhão Interdisciplinar, Instituto Superior Técnico

### **2.1.2 Auditoria energética**

A análise do consumo energético de um edifício pode ter um nível de complexidade diversa. Várias são as abordagens utilizadas, um dos casos possíveis e usuais é a auditoria energética. Existem várias abordagens sendo que Almeida et al (2007) no Manual Técnico de Gestão de Energia (Almeida. et al., 2007) refere que é desejável dividir a realização de uma auditoria em 4 fases:

- Recolha de dados documentais e análise dos elementos obtidos;
- Visita às instalações com exame do equipamento;
- Análise dos dados recolhidos;
- Elaboração do Relatório de Auditoria.

Estes pontos da auditoria energética são sumarizados seguidamente.

#### **2.1.2.1 Recolha de dados documentais e análise dos elementos obtidos**

Esta fase passa essencialmente na caracterização geral do desempenho energético ao longo do tempo e quantificar as utilizações por grandes categorias. Deste modo é possível determinar o uso da energia por tipo de combustível, as variações periódicas das utilizações, os encargos anuais e os valores extremos das taxas de consumo e respetiva localização no tempo. A caracterização dos consumos poderá ser efetuada recorrendo a:

- Análise do historial de faturação;
- Identificação, quantificação e análise dos consumos, rendimento e condições de funcionamento dos equipamentos maiores consumidores, através de:
- Balanços energéticos;
- Balanços mássicos;
- Diagramas de cargas;

- Rendimentos;
- Ciclos de funcionamento;
- Diagramas de Sankey.

### **2.1.2.2 Visita às instalações com exame do equipamento**

Devem ser realizadas vistorias detalhadas das condições de utilização e funcionamento dos equipamentos. A atenção deve incidir nas seguintes categorias principais: iluminação, aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) e outros equipamentos (transformadores, proteções, etc.).

Exemplos de dados que poderão ser recolhidos para cada equipamento são:

- Descrição do equipamento;
- Tipo de combustível utilizado;
- Potência nominal (também o valor equivalente em unidades do SI, para quantificar todos os usos de uma forma normalizada);
- Regime de carga médio (estimado);
- Número médio de horas de utilização (por período horário).

Com estes dados é possível obter, seja por recolha direta ou por estimativa, os perfis de funcionamento e os consumos. Durante a visita outras preocupações devem existir, nomeadamente quanto à identificação de consumos desnecessários, perdas por usos negligentes, má utilização de equipamento, manutenção deficiente, etc.

### **2.1.2.3 Análise dos dados recolhidos:**

O tratamento desta informação deverá produzir indicadores e outros resultados que permitirão caracterizar o comportamento da instalação no que diz respeito aos seus consumos e rendimentos além de indicarem também soluções tecnológicas e comportamentais para a implementação de um sistema de gestão de energia permanente, se não existir.

O conjunto de medidas de eficiência energética que foram identificadas dá origem a uma proposta de atuação onde se faz a ordenação e a avaliação do ponto de vista económico de cada uma delas. De notar que as medidas de eficiência energética devem ser entendidas de uma perspetiva global.

Alguns exemplos podem apontar-se no que diz respeito à eletricidade:

- Correção do fator de potência;

- Utilização de motores mais eficientes com capacidade adequada à carga ou ajustada eletronicamente, com manutenção e operação otimizados mantendo o sistema de alimentação equilibrado;

#### **2.1.2.4 Elaboração do Relatório de Auditoria**

Deve conter:

- Informação básica sobre a empresa;
- Contabilidade energética;
- Análise da utilização de energia por produto ou processo;

Não sendo citados pelo autor existem casos onde as sugestões de melhorias são por vezes incluídas na auditoria.

#### **2.1.3 Estudo do desempenho energético- DesignBuilder/ EnergyPlus**

Na área da construção, a utilização de ferramentas de simulação energética permite a melhoria dos estudos e a consequente otimização do desempenho energético dos edifícios. Este tipo de ferramenta informática consegue prever temperaturas interiores (ar e superfícies), cargas térmicas, consumos de energia, níveis de iluminação, caudais de ventilação natural, etc.

Estes cálculos podem ser simplificados através de *softwares* informáticos de simulação energética de edifícios, como é o caso do software *DesignBuilder*, uma interface para o programa de simulação térmica dinâmica *EnergyPlus*. Permite uma rápida e fácil introdução de geometrias e oferece um conjunto de ferramentas que tornam mais fácil a modelação de edifícios.

##### **2.1.3.1 Interface:**

O *software DesignBuilder* permite a modelação de edifícios através da criação de 'blocos' que são desenhados em ambiente tridimensional. Estes podem ser trabalhados de forma a criar qualquer geometria. Podem ser feitas mudanças nas características do edifício a vários níveis: alterações globais, que afetam todo o edifício, ao nível do bloco, da zona, ou ainda dos componentes de cada zona, como paredes, teto, janelas, e outros.

O programa permite a modelação de vários edifícios em apenas uma única simulação. Possibilita um controlo ao nível de detalhe de cada edifício elementos da envolvente, compartimentos, etc., consoante as necessidades e fase do projeto.

É possível importar ficheiros de CAD para auxiliar a criação das geometrias 3D. Permite também, gerar imagens foto-realísticas impressionantes e filmes do edifício, incluindo o sombreamento ao longo do dia para um determinado dia do ano.

### 2.1.3.2 Estrutura e funcionalidades

O *DesignBuilder* (e *EnergyPlus*) com a seleção de uma localização do edifício em estudo e os correspondentes dados climáticos da região com formato EPW (*Energy Plus Weather file*). O programa oferece uma variedade grande de dados referentes a diversas regiões, assim como sejam, Templates de materiais de construção, elementos de envolventes, ganhos internos (ocupação, iluminação, equipamentos), e sistemas de climatização.

Os envidraçados podem ser configurados com diferentes caixilhos, o número de divisórias horizontais e verticais. É possível criar palas de sombreamento horizontais, laterais e de lamelas, bem como dispositivos de sombreamento móveis interiores e exteriores.

É possível definir perfis de utilização, em períodos anuais, mensais, diários, horários ou sub-horários, tais como o consumo energético discriminado por fins (aquecimento, arrefecimento ambiente, ventilação, iluminação, equipamentos etc.), por formas de energia utilizadas no edifício (eletricidade, gás natural, propano ou butano, biomassa, outras), por temperaturas do ar interior, média radiante e operacional, humidade relativa, índices de conforto, incluindo curvas de distribuição de temperatura, dados climáticos do local, por transmissão de calor através da envolvente do edifício (paredes, coberturas, infiltração, ventilação), por cargas de aquecimento e climatização, produção de CO<sub>2</sub>.

### 2.1.3.3 Sistemas de climatização

O *DesignBuilder* permite visualizar dados de comportamento físico sem recorrer a módulos externos de tratamento de dados. O dimensionamento das unidades de climatização é efetuado com base nos dados climáticos. Os gráficos de análise paramétrica permitem investigar efeitos de variações em vários tipos de parâmetros construtivos. Existem dois tipos de simulação de sistemas: *Simple* e *Detailed*:

- A simulação *Simple*, são criados objetos de climatização “ideais” que asseguram que se mantenham as temperaturas nos intervalos escolhidos, fornecendo às zonas ar quente ou frio.
- Na simulação *Detailed* são utilizados os templates Compact HVAC do *EnergyPlus* que permitem, com a definição de poucos parâmetros, criar sistemas complexos com os vários elementos que os contem. No entanto, o programa tem algumas dificuldades em simular alguns tipos de sistemas de climatização. Para contornar esse aspeto poderá ser necessário o ajuste detalhado das características de alguns equipamentos manualmente em ambiente *EnergyPlus*, exportando o ficheiro do *DesignBuilder* para o *EnergyPlus*, e modificando-o a partir do *EnergyPlus*. Trabalhar os ficheiros diretamente no *EnergyPlus* abre muitas possibilidades e permite construir e controlar de forma mais detalhada sistemas complexos. No entanto exige tempo de investimento na aprendizagem desta ferramenta, e na modelação. O programa permite também

modelar sistemas de ventilação natural introduzindo setpoints de temperatura para controlar a abertura de janelas.

Alguns dos sistemas de climatização possíveis de simular no *DesignBuilder* são os sistemas de expansão direta (*Split e DX*), os sistemas de Unidades de Tratamento de Ar de volume de ar variável ou fixo (*VAV ou CAV*), os ventilo-convetores (*fan-coils*), e os radiadores hidráulicos (*hot water radiator*).

#### **2.1.3.4 Limitações**

O *DesignBuilder* permite também a introdução de dados para a modelação de edifícios existentes, esses dados incluem informações sobre a construção de horários de uso e equipamentos de climatização e precisam ser inseridos manualmente.

Para além do aspeto anterior, pelo facto do *DesignBuilder* ser um programa de fácil utilização, a sua versão atual não suporta totalmente todas as funcionalidades do *EnergyPlus*. Implementa as definições de sistemas de climatização “compactadas”, que não incluem informações detalhadas sobre os componentes e sua topologia. As definições baseadas em componentes são um dos principais pontos fortes do *EnergyPlus*, porque eles fornecem ao utilizador a flexibilidade na modelação (Luís Roriz, 2007). A impossibilidade de importar arquivos de entrada do *EnergyPlus* limita a utilidade do programa e obriga o utilizador a exportar ficheiros para o *EnergyPlus* para os alterar, conforme referido atrás.

No ambiente *DesignBuilder* não é possível utilizar mais do que um sistema de climatização na mesma zona (por exemplo, ter pré-tratamento de ar novo por uma *UTA* e ventilo-convetores na zona), ou utilizar, em zonas diferentes do modelo, algumas combinações de sistemas (por exemplo, é possível utilizar um sistema *VAV* para algumas zonas do edifício e um sistema de *fan-coils* para outras zonas, mas não é possível combinar *VAV* para umas zonas e *CAV* para outras). A maioria destas limitações pode ser ultrapassada no *EnergyPlus*.

## 2.2 Principais consumos energéticos em piscinas

Os principais consumos energéticos são apontados para o aquecimento da água da piscina e para o condicionamento do ar da nave (Trianti-Stourna et al., 1998), que por sua vez, exigem gastos ao nível da energia elétrica e de combustível, tornando-se, estas, as parcelas mais importantes na fatura energética de uma piscina (Beleza et al., 2007).

Deste modo, e segundo os mesmos autores, há que racionalizar a utilização da energia e da água, considerando os seus custos na gestão da piscina, de modo a garantir a sua sustentabilidade. Na mesma linha de pensamento, a Sociedade Balnear Alemã (1988) refere que as piscinas são das instalações públicas de maior consumo de energia, ascendendo, as necessidades de aquecimento a 25 a 30% do conjunto das despesas correntes de gestão.

As perdas de energia, sob a forma de calor, são um problema significativo nas piscinas aquecidas, sendo vários os fatores associados: diferenças de temperatura entre a água e o ar ambiente, a área do plano de água, os níveis de humidade relativa, a velocidade do ar, e a localização geográfica da instalação desportiva (Osinski, 1997). De acordo com o mesmo autor, as perdas de calor podem ser por radiação, condução, convecção e evaporação.

Nas piscinas cobertas, a experiência do utente com as instalações e os equipamentos são determinadas pelos aspetos da temperatura da água, dos espaços e sua higiene (Costa, 2000). Soares (2004) refere que é necessário assegurar o conforto dos utentes, garantir a conservação do edifício e otimizar os custos de exploração, sendo a temperatura, a humidade e a taxa de renovação do ar, os fatores que mais influência têm sobre esses aspetos.

A Diretiva CNQ nº 23/93 de qualidade nas piscinas de uso público, indica quais são as obrigações de qualidade higrométrica a que as piscinas estão obrigadas. Na Tabela 1 apresenta-se o resumo dessas obrigações:

Tabela 1- Qualidade hidrométrica em piscinas cobertas

Requisitos	Valores
Humidade Relativa do ar ambiente	55 a 75%
Temperatura de bolbo seco do ar ambiente	A temperatura deve variar entre 2°C da temperatura da água, com um mínimo de 24°C
Temperatura de bolbo húmido do ar ambiente	Mínima de 23°C
Caudal de ar renovado por banhista	6 L/s
Velocidade do ar insuflado	Inferior a 0.2 m/s

A humidade do ar é importante uma vez que valores baixos tornam o ambiente menos confortável para o banhista quando molhado, pois a rápida evaporação da água do corpo provoca uma

sensação de frio e já os valores elevados de humidade originam condensações nas superfícies mais frias que deteriorarão os materiais (Beleza et al., 2007). Por seu lado, a temperatura do ar é um parâmetro a considerar, situando-se habitualmente a dois graus acima da temperatura da água (Chivetta, 2004), nunca devendo ultrapassar os 30°C (Beleza et al., 2007).

### 3 Revisão do Estado da Arte- Sistemas de Energia Renovável Híbrida

#### 3.1 Abordagens e dados de base na componente renovável

As fontes de energia renovável estão cada vez mais em uso, com a capacidade instalada a aumentar significativamente nos últimos quinze anos (Figura 2), sendo mais sustentáveis e ambientalmente amigáveis do que os tradicionais combustíveis fósseis. Algumas fontes de energia renováveis são muito úteis para uso em locais remotos onde não existem outras fontes de energia ou as existentes são economicamente inviáveis (Castronuovo et al., 2007).

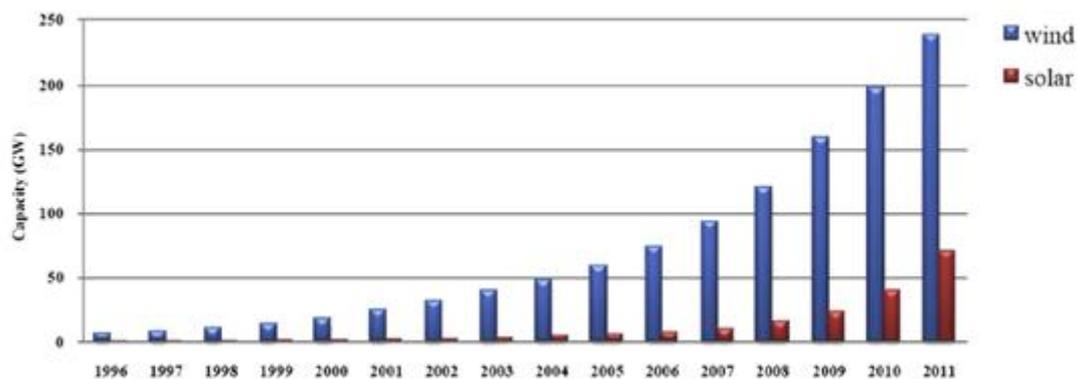


Figura 2- Capacidade instalada solar e eólica global anual (Ngan et al., 2012)

Vários são os casos de aplicação das energias renováveis em várias tipologias de empreendimentos, incluindo piscinas, de que é exemplo, entre outros de Katsaprakaki (2015) que analisa a implementação de energias renováveis para aquecimento de uma piscina.

Lourenço (2013) refere a aplicação de geotermia em vários casos que abrangem piscinas tais como em Caldas de Chave no Hotel Aquae Flaviea e em Longroiva no aquecimento do balneário termal, do corredor de marcha e piscina.

As vantagens das energias renováveis, a nível ambiental e económico, apresentam desafios relativos à sua intermitência de potência. Exemplo disso é o uso exclusivo de fontes eólicas ou solares que não podem fornecer energia de forma constante, devido às variações sazonais climáticas (Yang HX et al. 2008).

Uma forma de abordar este problema é combinar estas duas fontes de energia de forma a equilibrar as suas fraquezas. Um sistema de geração híbrido solar-eólico poderá ser uma fonte viável de energia, existindo já aplicações desde tipo de sistemas em locais onde não existe disponibilidade de fontes convencionais de energia, como por exemplo estações de comunicação (Celik, 2003).

A pesquisa sobre sistemas híbridos de energia tem vindo a aumentar em anos recentes, com o aumento do uso de turbinas eólicas e painéis fotovoltaicos a encorajar o uso de sistemas híbridos de forma a evitar o uso de energia de rede, ou mesmo para venda à rede.

Nos últimos anos, foram feitos vários estudos sobre a viabilidade de sistemas de energia híbridos. O estado presente de simulação, otimização e controlo direto dos sistemas híbridos solar-eólicos com armazenamento em baterias é descrito por Zhou et al (2010).

O aumento de complexidade em comparação com sistemas simples de uma fonte de energia torna complicado o projeto de sistemas híbridos. Características não lineares dos componentes, alto número de variáveis e parâmetros que devem ser considerados para a otimização do projeto, e o facto de a configuração otimizada e a estratégia de controlo serem independentes, torna os sistemas híbridos difíceis de serem planeados e analisados.

## **3.2 Modelação das soluções**

### **3.2.1 Geração de dados meteorológicos para análise de viabilidade.**

As condições climáticas determinam a disponibilidade de energia solar e eólica, para diferentes localizações, uma vez que, as condições climáticas como radiação solar, velocidade do ar, temperatura do ar estão sempre a mudar. Para a melhor utilização possível dos recursos solares e eólicos, deve ser feita uma análise das características das condições de radiação solar e condições do ar no local de implementação.

#### **3.2.1.1 Time-series meteorological data**

performance desempenho do sistema a longo termo é um dos mais importantes critérios de projeto. Vários investigadores usam *Time-series meteorological data* para estudos de viabilidade e projeto de sistemas híbridos. Dados das condições climáticas podem ser obtidos a partir da internet e outras fontes, como estações meteorológicas locais.

#### **3.2.1.2 Dados estatísticos meteorológicos**

Knight et al (1991) indica que não existem dados horários meteorológicos para longos períodos em muitas localizações. Quando isso acontece, os dados podem ser obtidos de duas formas. Primariamente, os dados necessários podem ser gerados a partir de valores médios mensais. Algumas propriedades estatísticas de radiação solar e velocidade do ar podem ser aplicados de forma a obter dados diários que representem um mês. Outra forma possível é extrapolar dados originários de um local próximo (do qual existem dados), sendo necessário realizar ajustamentos.

### 3.2.2 Modelação de componentes de sistemas Solar-eólicos.

Um sistema híbrido Solar-eólico consiste em painéis fotovoltaicos, turbinas eólicas, banco de baterias, inversor, controlador e outros sistemas acessórios e cabos. O esquema de sistema híbrido básico está representado na Figura 3. Os painéis fotovoltaicos e as turbinas eólicas funcionam em conjunto de forma a satisfazer as necessidades de carga elétrica. Quando as fontes de energia (solar e eólica) são abundantes e a energia gerada supera as necessidades de carga, o excesso será usado para abastecer as baterias até estarem carregadas, o restante pode ser vendido à rede caso exista uma ligação. Em contraste, quando existe pouca disponibilidade de radiação solar ou vento, a energia armazenada nas baterias será usada para satisfazer a carga até que estejam vazias.

Os sistemas híbridos solar-eólicos dependem do desempenho de cada componente, e de forma a prever a performance do sistema, cada componente deve ser modelado e posteriormente a sua combinação pode ser avaliada sobre a sua capacidade de fiabilidade. Se a potencial geração de energia desses componentes for bem avaliada, o resultado da combinação irá gerar energia a baixo custo, no entanto uma avaliação económica rigorosa deve ser feita, pois estes sistemas tendem a ser dispendiosos (Fazelpour et al., 2014).

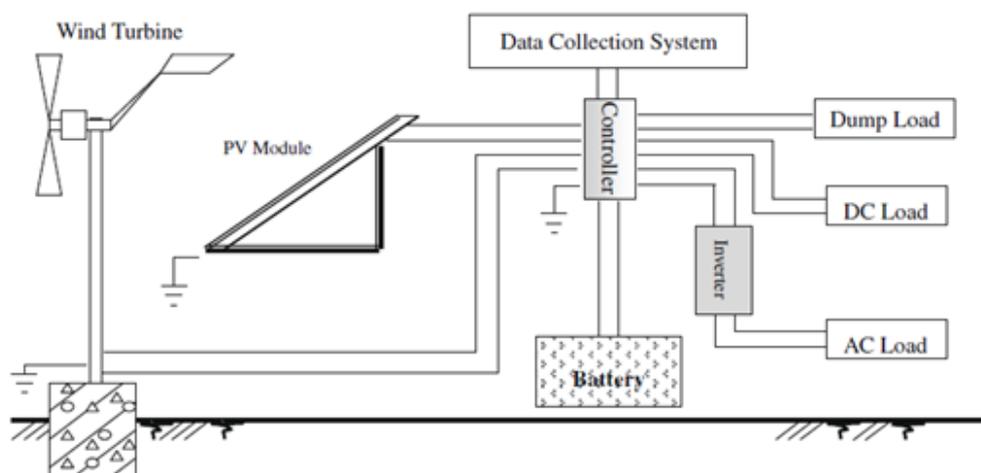


Figura 3-Diagrama em bloco de um sistema híbrido solar-eólico (Fazelpour et al., 2014).

### 3.2.3 Modelação do sistema fotovoltaico

O conhecimento e compreensão da performance de um sistema fotovoltaico, sobre diferentes condições de funcionamento, é de grande importância para correta seleção e previsão da sua performance energética.

Zhou et al (2008) apresenta um modelo de simulação de performance de painéis fotovoltaicos para aplicações de engenharia, baseado nas curvas I-V (curvas características das células fotovoltaicas). Cinco parâmetros são introduzidos de forma a contabilizar a dependência da intensidade de radiação solar e temperatura do painel fotovoltaico. Segundo o autor, o modelo de simulação é acessível e muito útil para uso por engenheiros, de forma a calcular a performance dos painéis fotovoltaicos em condições de operação (Celik, 2002).

### 3.2.4 Modelação de um sistema eólico

Cada turbina eólica tem uma curva de potência própria, daí ser espetável que o modelo a utilizar para descrever a performance de turbinas eólicas ser diferente entre cada uma. Escolher um modelo aceitável é muito importante para simular a performance da turbina. Geralmente, para uma turbina típica, as características de potência podem ser assumidas para que a geração de energia inicie à velocidade de partida da turbina, a partir desse ponto a geração de energia sobe à medida que a velocidade do vento sobe até à velocidade ótima de geração. Zamani e Riahy (2008) propõem um novo método de cálculo da potência de uma turbina eólica tendo em consideração as variações da velocidade do vento. As variações da velocidade do vento são avaliadas por um fator de padrão de energia (*energy pattern factor*, EPF) das condições locais da velocidade do vento. O desempenho da velocidade do rotor e controladores de ângulo de inclinação são avaliados por um novo fator, chamado de *wind turbine controllability* (Ca). Pelo uso do EPF e Ca, a curva de potência é modificada, por ser considerada a potência adicional que é captada pelos controladores.

### 3.2.5 Modelação de um sistema de armazenagem por meio de baterias

Ao contrário dos tradicionais combustíveis fósseis, que podem ser facilmente armazenados e transportados, as fontes de energia renovável são difíceis de armazenar e para mais a sua disponibilidade é intermitente e pouco fiável. O uso de baterias é requerido para compensar as irregularidades.

O tempo de vida e a capacidade da bateria é muito importante e daí ser necessária uma rigorosa modelação da bateria de forma a otimizar o sistema. Existem modelos muito simples capazes de descrever a bateria. Dependendo da carga prévia da bateria, a produção de energia do sistema híbrido e a carga necessária é possível simular a capacidade da bateria através da seguinte equação (Onur et al., 2009).

$$SOC(t) = SOC(t - 1) + (N_{Wg}P_{Gw}(t) + N_{Pv}P_{GP}(t) - E_{LD}(t)) \quad (1)$$

Em que:

- SOC (t): Situação de carga no instante t;
- SOC (t-1): Situação de carga no instante t-1;
- $N_{Wg}$ : Número de turbinas eólicas;
- $N_{PV}$ : Número de módulos fotovoltaicos;
- $P_{Gw}(t)$ : Energia gerada pela turbina eólica no instante t;
- $P_{GP}(t)$ : Energia gerada pelo módulo fotovoltaico no instante t;
- $E_{LD}(t)$ : Procura de carga no instante t;

### 3.3 Avaliação

#### 3.3.1 Análise de fiabilidade de potência.

Existem vários métodos de cálculo de fiabilidade de sistemas híbridos. O mais popular destes é o *loss of power supply probability* (LPSP) (Diaf et al., 2008). O LPSP é a probabilidade de não existir disponibilidade de potência quando o sistema não é capaz de satisfazer a procura de carga. O projeto de um sistema híbrido fiável pode usar o LPSP como parâmetro chave. Existem duas formas de utilizar o LPSP. A primeira é baseada em simulações cronológicas, sendo este um método trabalhoso e que requer uma grande disponibilidade de dados durante um certo período de tempo. A segunda utiliza técnicas probabilísticas para incorporar a natureza intermitente da fonte e da procura.

#### 3.3.2 Análise do custo do sistema

Existem vários critérios económicos de avaliação, como o custo de ciclo de vida, custo nivelado de energia e o valor atual líquido (Valente et al., 1998). O valor atual líquido é definido como o valor presente total de uma série de fluxos de caixa, o que inclui o custo inicial do sistema, o custo de substituição de componentes ao longo do tempo de vida útil do sistema bem como o custo da sua manutenção. O tempo de vida útil do sistema é habitualmente considerado o mesmo do tempo de vida útil dos seus painéis fotovoltaicos, sendo estes o componentes com maior tempo de vida. O custo de energia é definido pelo rácio do custo total anual do sistema pela energia anual produzida pelo sistema.

#### 3.3.3 Método de otimização de sistemas híbridos.

Existem disponíveis vários programas de ajuda na seleção e otimização de sistemas híbridos, entre os quais destacam pela sua potencialidade de utilização para o objetivo do trabalho os seguintes (Arribas et al. 2011):

##### 3.3.3.1 PV-SPS.

O PV-SPS é um programa de dimensionamento de sistemas solar-diesel, para uso fora da rede nacional de energia, baseado no MS Excel. Os cálculos são baseados nas normas do *Australian Business Council for Sustainable Energy*. Este exige o conhecimento prévio das especificações das

necessidades de carga e componentes do sistema. É um programa apontado para especialistas com vasta experiência em sistemas fora da grelha.

### 3.3.3.2 RETScreen.

O RETScreen é mais um programa baseado no MS Excel, desenvolvido pelo governo Canadano. Este programa é capaz de realizar dimensionamento básico de sistemas solar-diesel, a introdução de dados é fácil e rápida uma vez que as suas bases de dados são providenciadas por dados climáticos de mais de 6000 estações metrológicas. A sua limitação prende-se com a possibilidade limitada de especificar as componentes técnicas, assim este programa deve ser usado como um guia para auxiliar o dimensionamento de sistemas.

### 3.3.3.3 TRNSYS.

O TRNSYS encontra-se disponível comercialmente desde 1975, foi inicialmente desenvolvido para modelar o escoamento de energia térmica entre múltiplos sistemas. Este programa é baseado na arquitetura modular de código Fortran, o uso extensivo de Fortran no TRNSYS requer que o utilizador esteja familiarizado com esta linguagem de programação.

### 3.3.3.4 INSEL.

O programa INSEL foi inicialmente desenvolvido para a simulação de sistemas híbridos solares pela Universidade de Oldenbug, Alemanha, é similar ao TRNSYS e inclui uma interface gráfico, isto torna o programa simples de utilizar por alguém que não esteja familiarizado com a linguagem de programação e código do programa, mas para desenvolverem e adicionarem os seus próprios modelos ao programa é necessário conhecer as linguagens de programação Fortran ou C.

### 3.3.3.5 HOMER.

O programa HOMER (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*) é um programa de domínio público, produzido pelo *National Renewable Energy Laboratory* (EUA), que utiliza simulações horárias de forma a obter um resultado ideal. Este é um simulador passo a passo que utiliza a carga horária e ambiental para avaliação de sistemas de energia renovável. Este programa simula a performance anual de várias configurações para diferentes fontes de energia de modo a encontrar o sistema que satisfaça as necessidades de potência ao menor custo. É possível definir variáveis como os valores médios de radiação solar, intensidade de vento e consumos de potência.

A otimização dos sistemas de energia renovável é realizada baseando-se no Valor Atual Líquido (NPV) (2) e Custo de Energia (COE) (4), usado de forma a representar o custo de ciclo de vida do sistema, que assume que todos os preços sobem todos à mesma taxa, utilizando a taxa real de juros anual.

$$NPV = \frac{C_{tot}}{CRF(i, T_p)} \quad (2)$$

$$CRF(i, n) = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (3)$$

$$COE = \frac{C_{tot}}{E_{tot}} \quad (4)$$

Em que:

- VAL: Valor Atual Líquido;
- Ctot: custo total anualizado do sistema [€/ano];
- i: Taxa anual de juros;
- Tp: Tempo de vida do projeto;
- n: Número de anos;
- CRF: Fator de Recuperação de Capital;
- COE: Custo de Energia;
- Etot: Consumo total anual de eletricidade [kWh/ano].

Este método permite que a inflação seja um fator na análise (Dalton et al., 2008). O Custo Presente Líquido leva em consideração qualquer custo de revenda (*salvage costs*), ou seja o valor do componente do sistema até ao fim do tempo de vida do projeto.

O HOMER assume uma depreciação linear dos componentes, o que significa que o valor de revenda é diretamente proporcional ao tempo de vida restante. Assume também que o custo de revenda é baseado no custo de substituição e não no capital inicial.

O custo normalizado de energia é definido como o rácio entre o custo total anualizado do sistema e da eletricidade total anual fornecida pelo sistema. Outras abordagens económicas utilizadas são o custo normalizado do sistema e o custo do ciclo de vida (Valente et al., 1998).

O programa HOMER já foi usado em casos de estudo sobre sistemas de energia renovável (Zoulias et al., 2007) e em testes de viabilidade (Dufo-López et al., 2005).

As simulações podem demorar muito tempo dependendo do número de variáveis utilizado. O programa tem como limitação não permitir que o utilizador possa, intuitivamente, selecionar os componentes para um sistema, uma vez que o seu algoritmo e modo de cálculo não são acessíveis ou visíveis.

De todos os programas analisados, o HOMER revelou-se como adequado para simular não apenas sistemas fotovoltaicos, como também sistemas eólicos, hidroelétricos de pequena escala e geradores que utilizem vários tipos de combustíveis como *diesel*, etanol, biomassa e hidrogénio.

## 4 Caso de Estudo – Piscina Municipal do Barreiro

### 4.1 Descrição e principais características

O edifício em análise localiza-se na zona ribeirinha norte do município do Barreiro (Figura 4). O projeto original data de Dezembro de 1971, nascida da necessidade de desenvolvimento da antiga Avenida Duarte Pacheco, atual Avenida Bento Gonçalves, revitalizando uma zona de grande interesse para a cidade do Barreiro, pela sua grande panorâmica sobre o rio e a cidade de Lisboa. O edifício foi pensado para aproveitar ao máximo as condições solares locais, assim o edifício foi projetado para aproveitar durante todo o ano o percurso solar, tendo grandes envidraçados a sul (Figura 5) e a poente (Figura 6).

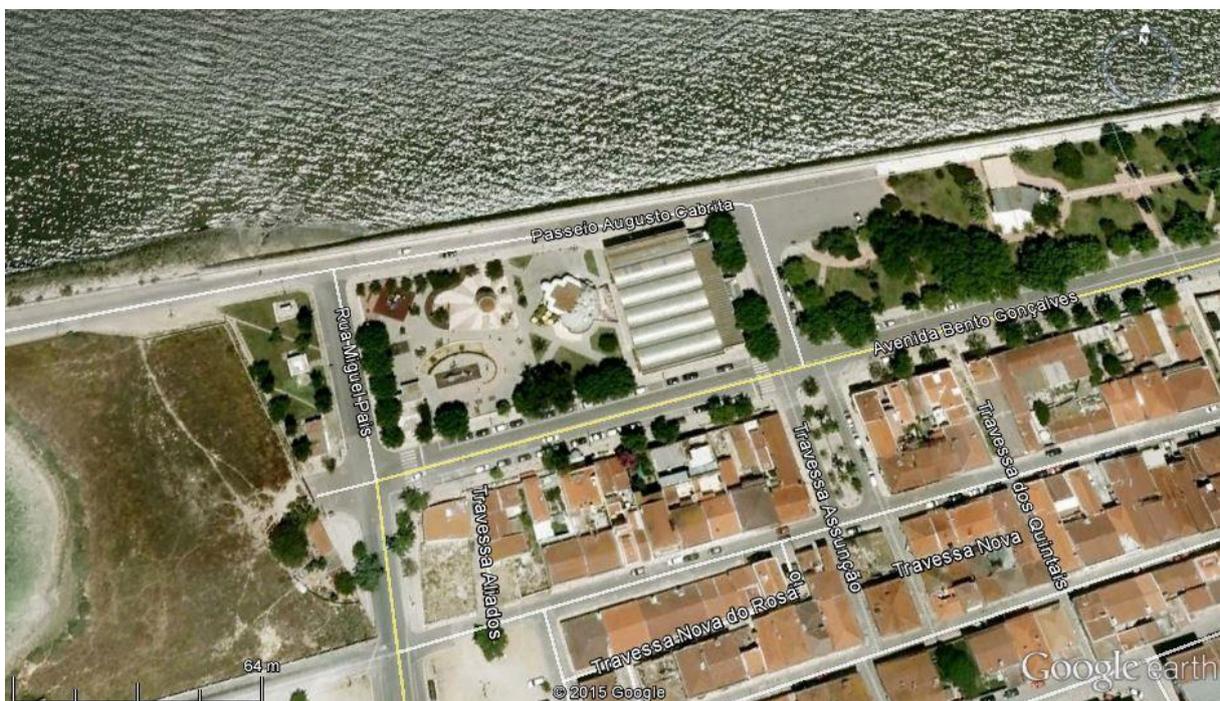


Figura 4- Localização da Piscina Municipal (Fonte: Google Earth)



Figura 5-Fachada Sul



Figura 6- Fachada Poente

A missão deste equipamento municipal é contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população, servindo os cidadãos através da oferta serviços de desporto e serviços complementares de saúde e de formação ao nível de atividades aquáticas e de lazer com vista à satisfação das necessidades de ocupação salutar dos tempos livres e de formação da população. A ligação das escolas do município com a piscina faz deste equipamento a primeira experiência em meio aquático para muitos do munícipes.

O espaço divide-se entre a Piscina Municipal, piso 0 (Figura 7) e nave, e a Associação de Reformados do Barreiro que ocupa o piso 1 (Figura 7) do edifício. A piscina foi projetada para servir até 300 utentes, hoje, após várias obras de modernização, pode servir até 400 utentes, sendo a média diária, segundo os funcionários, de aproximadamente 350 utentes, com um pico de 60 ao fim do dia.

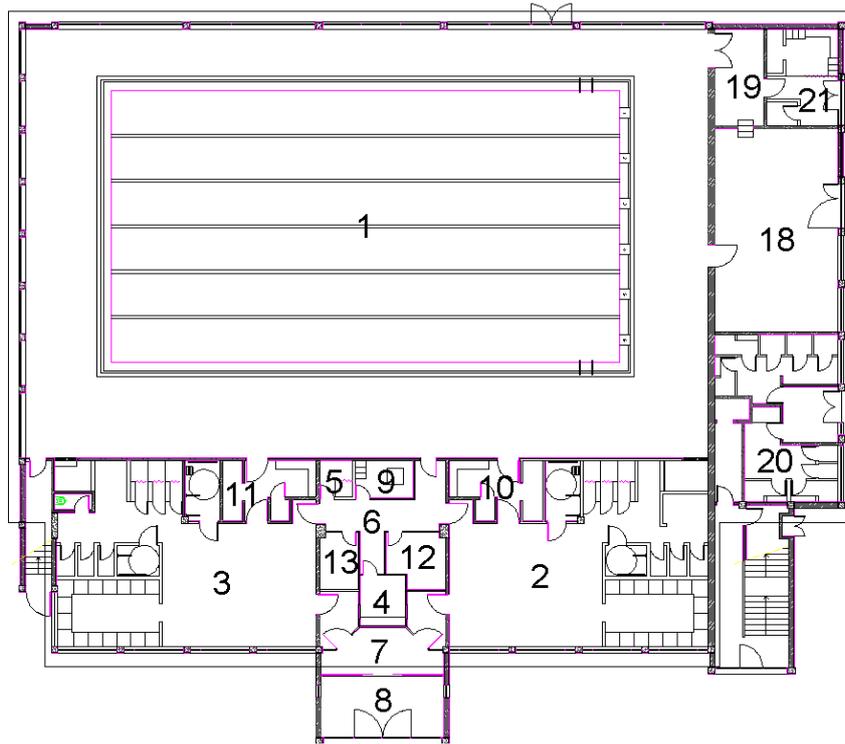


Figura 7-Planta do piso 0

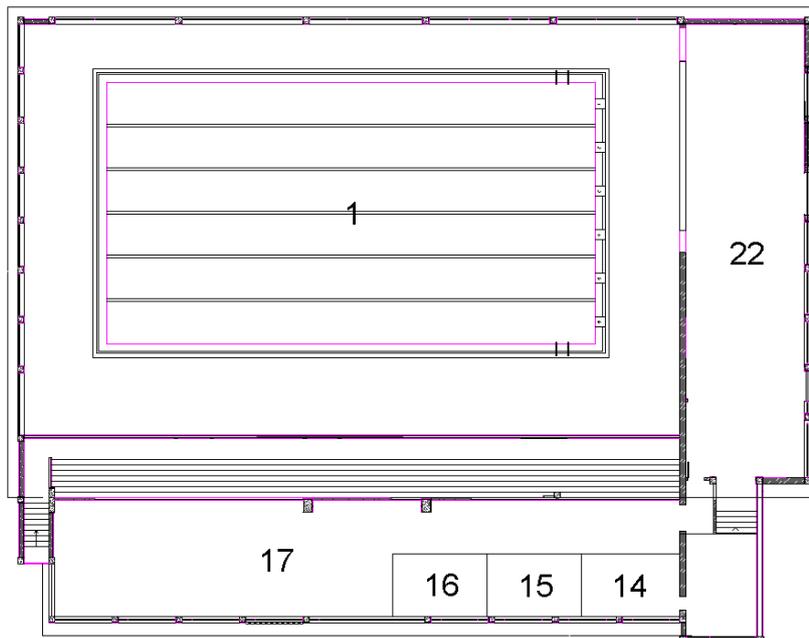


Figura 8- Planta do piso 1

A repartição dos espaços do edifício estão resumidos no seguinte tabela:

Tabela 2- Espaços

ID	Área[m <sup>2</sup> ]	Pé direito[m]	Volume[m <sup>3</sup> ]
1- Nave	706.00	6.17	4356.02
2- Banheiro Masculino	104.00	3.17	329.68
3- Banheiro Feminino	105.00	3.17	332.85
4- Recepção	5.50	3.17	17.44
5- Arrumos Serviços	16.00	3.17	50.72
6- Corredor	12.30	3.17	38.99
7- Entrada	20.80	3.17	65.94
8- Vestibulo	18.30	3.17	58.01
9- IS Serviços	2.80	3.17	8.88
10- Sala Professores Masculino	12.00	3.17	38.04
11- Sala Professores Feminino	12.00	3.17	38.04
12- Escritórios 1 Serviços	7.40	3.17	23.46
13- Escritórios 2 Serviços	5.20	3.17	16.48
14- Arrumos As. Reformados	16.00	2.80	44.80
15- Escritório 1 As. Reformados	15.30	2.80	42.84
16- Escritório 2 As. Reformados	15.30	2.80	42.84
17- Salão	143.00	2.80	400.40
18- Casa das Máquinas	60.00	3.17	190.20
19- Escritório area técnica	8.50	3.17	26.95
20- IS Exterior	50.00	3.17	158.50
21- IS area técnica	5.00	3.17	15.85
22- Bar As. Reformados	145.00	2.80	406.00

#### 4.1.1 Principais Soluções Construtivas

Tendo sido projetado nos anos 70, a solução construtiva da envolvente é uma simples parede de alvenaria com reboco e tijolo de 20, como se pode ver representado na Figura 9. O seu valor U, inercia térmica da solução construtiva, é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3- Valor U envolvente Opaca atual

	$\lambda$ [W/(m°C)]	[m]	R	U [m <sup>2</sup> °C)/W]
Tijolo de 20	-	-	0.52	1.388
Reboco	1.65	0.05	0.03	
RSI	-	-	0.13	
RSSE	-	-	0.04	

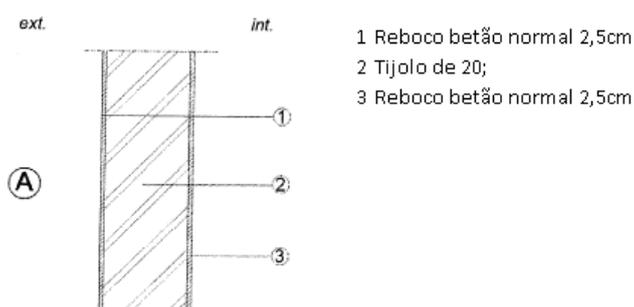


Figura 9- Esquema da envolvente opaca atual

Mais recentemente, e como medidas de melhoria de comportamento térmico da nave, foram feitos investimentos para a substituição do envidraçado e das duas caixilharias. A cobertura foi também alterada do projeto original de cascas de betão (Tabela 5), para cobertura em painel sandwich (Figura 10), no entanto essa alteração ainda está a decorrer, pelo que não será correto considerar essa solução construtiva enquanto não existir nova faturação para determinar se existiu alguma alteração de comportamento.

Tabela 4- Características dos envidraçados

Vidro Duplo	
Tipo	Laminado
Camada	1 Vidro 4mm
	2 Caixa de ar 14mm
	3 Vidro 3mm
Caixilharia	Aluminio

Tabela 5- Valor U da cobertura

	$\lambda$ [W/(m°C)]	[m]	R	U [m <sup>2</sup> °C)/W]
Betão	2.5	0.08	0.03	0.716
Reboco	0.042	0.04	1.19	
RSI	-	-	0.13	
RSSE	-	-	0.04	
Asfalto	0.23	0.001	0.004	



Figura 10- Substituição da Cobertura

## 4.2 Consumos

A Piscina apresenta atualmente elevados gastos de energia, na forma de eletricidade (Anexo III) e de gás natural (Anexo IV) como se pode ver na Figura 11, 68% da faturação é devida ao consumo de gás para aquecimentos das águas quentes sanitárias e a reposição de água no tanque (Figura 12), imediatamente se nota a necessidade de procurar identificar as razões para tais gastos.

A entidade gestora do espaço, a Divisão de Intervenção no Espaço Público e Equipamentos Municipais, desafiou o autor a efetuar um estudo que analisa as razões para esses gastos e a procura de soluções para os mesmos.

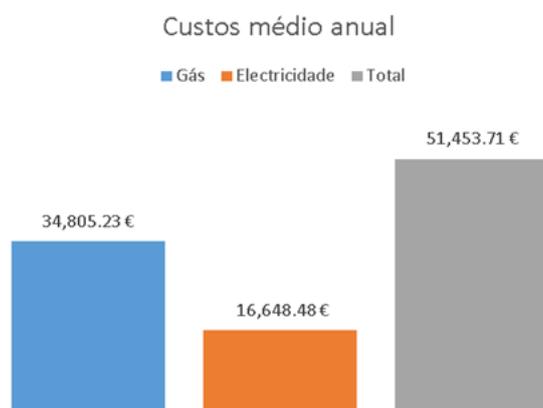


Figura 11- Gastos médios anuais dos últimos três anos.

Foi fornecido o acesso a faturas de eletricidade e gás dos últimos 3 anos, acesso às instalações e funcionários. Deve-se salientar que não existe faturação de água, nem contagem, pois esta é fornecida gratuitamente pela Divisão de Águas do Município. Foi recentemente instalado um contador para se criar um registo de gastos. No entanto este é apenas à entrada da instalação, não existindo separação de contagem entre o tanque e os balneários.

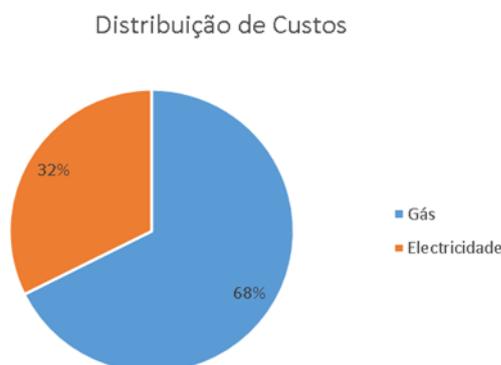


Figura 12- Distribuição dos custos por tipo

O grande desafio deste projeto deve-se à falta de quaisquer tipos de sistemas de controlo e monitorização, existindo apenas os contadores de gás e eletricidade no início do circuito. As medições e registo de temperatura são manuais, não existem registos de humidade. Não existindo registos nem tempo para os iniciar, já que este estudo se iniciou em Setembro, sendo necessário pelo menos um ano de registos para criar modelos fidedignos do comportamento do edifício, optou-se por estudar as soluções a partir de um modelo dinâmico criado no *software DesignBuilder*, modelando o seu comportamento com base em entrevistas com o funcionário e os registos de temperaturas interiores de 2014.

### **4.3 Auditoria**

No início de Setembro de 2015 foi iniciada a auditoria do edifício. Foram realizadas várias visitas, nas quais foi feito o levantamento de todos os equipamentos, seja de iluminação, AVAC ou outros, existentes de forma a determinar a potência instalada e criar um modelo computacional do comportamento térmico e energético do edifício, de modo a estudar possíveis soluções. Deve-se salientar que em Setembro este edifício encontrava-se encerrado para férias, o que possibilitou um acesso sem restrições aos diversos espaços.

#### **4.3.1 Iluminação**

Nas primeiras visitas foi feito o levantamento da iluminação, como seria de esperar de um espaço público desportivo, existe uma grande quantidade de sistemas de iluminação, predominantemente do tipo tubular fluorescente T8, apresenta-se aqui o exemplo do balneário masculino (Figura 13) com balastro eletrónico.



Figura 13-Iluminação no balneário masculino

A Tabela 6 resume as tecnologias de iluminação instaladas:

Tabela 6- Iluminação instalada.

ID	Tipo de Lâmpada	Quantidade	Potência [W]	Total [W]
Nave	Tubular Fluorescente T8	23	36	828
Balneario Masculino	Tubular Fluorescente T8	15	36	540
Balneario Feminino	Tubular Fluorescente T8	15	36	540
Recepção	Tubular Fluorescente T4	3	8	24
Arrumos Serviços	Tubular Fluorescente T8	1	36	36
Corredor	Halogénia E14	3	11	33
Entrada	Tubular Fluorescente T8	3	36	108
Vestíbulo		0	0	0
IS Serviços	Tubular Fluorescente T4	1	8	8
Professores Masculino	Tubular Fluorescente T8	1	36	36
Professores Feminino	Tubular Fluorescente T8	1	36	36
Escritórios 1 Serviços	Tubular Fluorescente T8	1	36	36
Escritórios 2 Serviços	Tubular Fluorescente T8	1	36	36
Arrumos As. Reformados	Halogénia E14	1	11	11
Escritório 1 As. Reformados	Tubular Fluorescente T8	1	36	36
Escritório 2 As. Reformados	Tubular Fluorescente T8	1	36	36
Salão	Tubular Fluorescente T8	10	36	360
Casa das Máquinas	Tubular Fluorescente T8	4	36	144
Escritório area técnica	Tubular Fluorescente T8	1	36	36
IS Exterior	Tubular Fluorescente T8	5	36	180
IS area técnica	Tubular Fluorescente T8	1	36	36
Bar As. Reformados	Tubular Fluorescente T8	10	36	360
	Totais	102	650	3460

#### 4.3.2 Equipamentos

Dentro dos equipamentos é feita a distinção entre os equipamentos de desumidificação e os restantes equipamentos. Os equipamentos aqui abordados são essencialmente de escritório, nomeadamente os computadores, como se pode ver na Tabela 7, por forma a simplificar a sua contabilização é considerado como PC o conjunto entre o computador, monitor e outros periféricos. Estes perfazem uma potência média de 300W por conjunto. Numa das primeiras visitas foi verificado que a eletrobomba (Anexo VII), considerada neste ponto, que é utilizada para a circulação de água do tanque, e estava em constante funcionamento, algo que se verificou aquando de outras visitas, inclusive durante o período noturno.

Tabela 7-Equipamentos instalados

ID	Tipo	Quantidade	Potência [W]	
Recepção	PC	1		300
Escritórios 1 Serviços	PC	1		300
Escritórios 2 Serviços	PC	1		300
Escritório 1 As. Reformados	PC	1		300
Escritório 2 As. Reformados	PC	1		300
Casa das Máquinas	Bombas	1		5500
		Total		7000

### 4.3.3 Desumidificador

Existem dois sistemas de desumidificação, a maior unidade serve a nave (Figura 14), enquanto a mais pequena (Figura 15) serve os balneários Femininos e Masculinos. Ambas as unidades são antigas, utilizando ainda o gás R22, banido (nos novos equipamentos) na Europa desde 2010 (APIRAC, 2014, Anexo I). Estes equipamentos são de difícil acesso, pois o edifício nunca fora pensado para os receber, daí não ter espaços dedicados para o efeito. A seguinte tabela apresenta as potências dos sistemas.

Tabela 8- Desumidificadores instalados

ID	Marca	Modelo	Distribuição	Potência [kW]	
				Aquecimento	Arrefecimento
Nave	SOVA	-	Centralizado	-	42.9
Balneários	SOVA	-	Centralizado	-	5.7
			Total [kW]	-	48.6



Figura 14- Desumidificador da nave



Figura 15- Desumidificador dos balneários

#### 4.3.4 Caldeira de aquecimento

Existe uma caldeira da marca Baxiroca a gás natural (Figura 16, Anexo VI) que aquece as águas quentes sanitárias para os balneários e para o tanque.



Figura 16- Caldeira

Com não existem contadores para as quantidades de água utilizada nos balneários e no tanque, não é possível saber a quantidade de água aquecida. Sabe-se que a caldeira é autorregulada, entrando apenas em funcionamento quando é necessário mais água quente para banhos ou para compensar as alterações de temperatura no tanque. As características são apresentadas na seguinte tabela.

Tabela 9- Caldeira instalada

ID	Marca	Modelo	Combustível	Capacidade [L]	Potência Útil [kW] 50/30°C
Sala das Máquinas	Baxiroca	SGB 300 E	Gás Natural	53	321.3

#### 4.3.5 Perfis de utilização

De forma a avaliar o tipo de utilização dos equipamentos, e os seus gastos, foram realizadas entrevistas com os funcionários, de modo a determinar o perfil de utilização de equipamentos e iluminação. A utilização do edifício está inteiramente dependente do seu horário de funcionamento, sendo o edifício utilizado todos os dias da semana, com diferentes horários (Figura 17). É assim espectável que tenha gastos energéticos consideráveis.

Horário de Funcionamento		
Dias úteis	Sábado	Domingo
7h às 21h	7h às 19h	7h às 12

Figura 17- Horário de Funcionamento

Durante as entrevistas foi notória a preocupação com a redução dos gastos por parte dos funcionários. E estes tanto quanto possível reduziram o uso da iluminação e equipamentos ao mínimo indispensável, encontram-se várias lâmpadas desenroscadas de modo a controlar o número destas em funcionamento. Os desumidificadores apenas são ligados quando a humidade na nave ou nos balneários se torna excessiva, chegando a ocorrer regularmente condensação no interior da nave mesmo com estes ligados o que pode indicar que não estão devidamente dimensionados ou em mau estado de funcionamento.

O único equipamento que está em constante funcionamento é a eletrobomba de circulação, de modo a garantir a temperatura e qualidade de água no tanque. Os perfis relativos à desumidificação variam ao longo do ano pois as características de psicometria alteram-se ao longo do ano. Os perfis de utilização obtidos são utilizados no *DesignBuilder (EnergyPlus)* e no *HOMER*, de modo a determinar a utilização de electricidade. Os perfis obtidos podem ser vistos nas seguintes figuras:

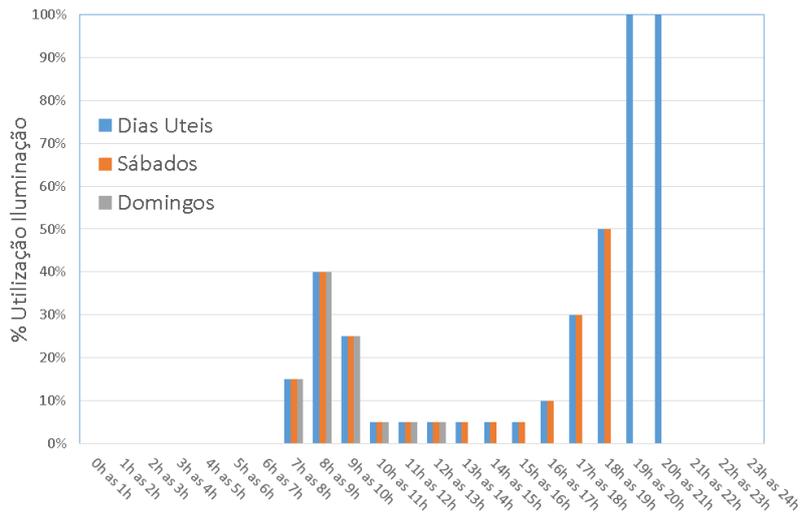


Figura 18- Perfil de Utilização da Iluminação

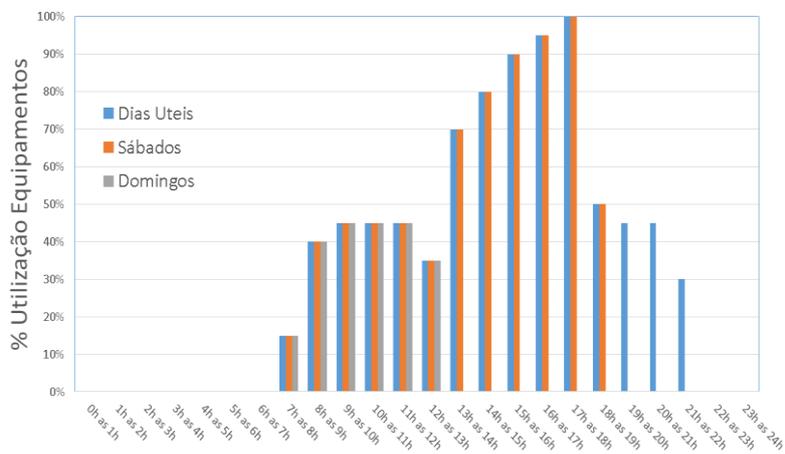


Figura 19- Perfil de Utilização dos equipamentos

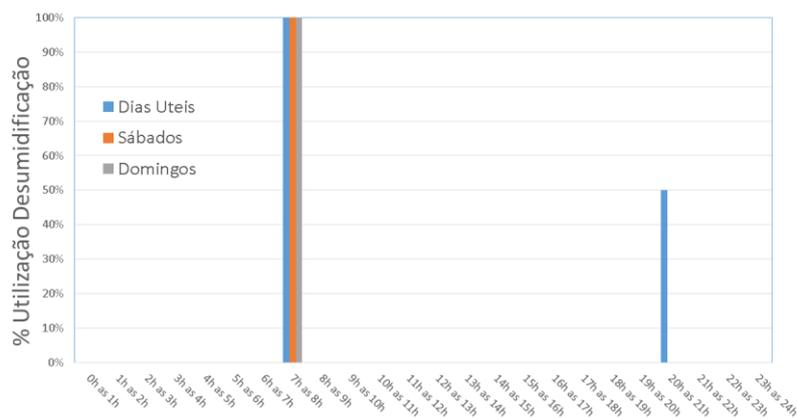


Figura 20- Perfil de utilização dos desumidificadores

## 4.4 Estudo do desempenho energético

Antes de se iniciar a procura de soluções para os elevados consumos é necessário saber onde são feitos esses gastos, para tal é criado um Modelo Base (Figura 21) que representa o edifício tal como este hoje existe. Este modelo é criado tendo como referência os elementos obtidos nos pontos anteriores.



Figura 21-Modelo Base

### 4.4.1 Consumos Elétricos.

Após a simulação do Modelo Base, é possível identificar como são repartidos os gastos com energia elétrica, como se pode observar na seguinte figura:

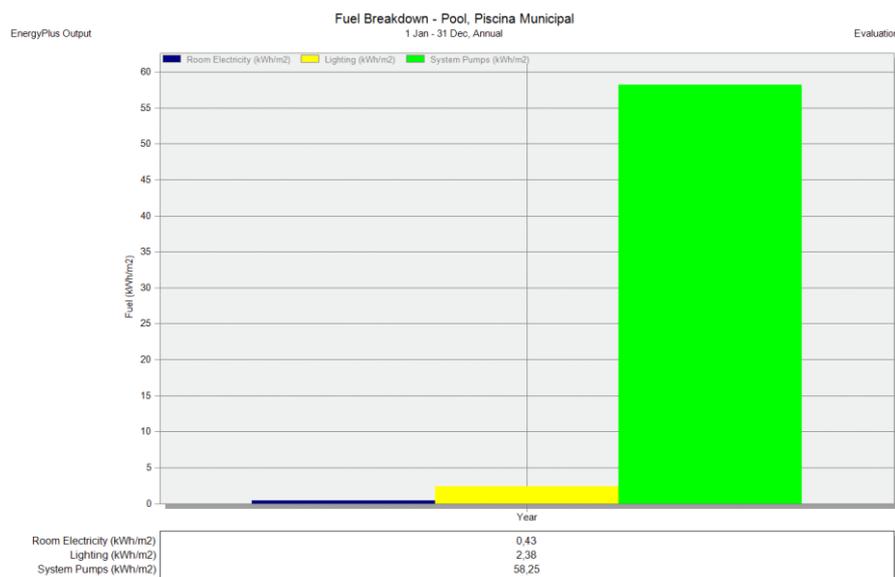


Figura 22-Gastos de Eletricidade no Modelo Base

Verifica-se que os grandes responsáveis pelo consumo são a eletrobomba e o desumidificador, representados na Figura 22 como *System Pumps*, a separação dos consumos dos dois equipamentos é possível multiplicando a potência da eletrobomba por 8760 horas, uma vez que esta funciona o ano inteiro, assim podemos distribuir os consumos na Tabela 10 e comparar o seu total com o calculado pelas faturas, chamado aqui de real.

Tabela 10- Distribuição de consumo no Modelo Base

Potência Utilizada	kWh/m <sup>2</sup>	kWh.ano
Iluminação	2.4	3535.3
Equipamentos	0.4	638.7
Eletrobomba	32.4	48180.0
Desumidificador	25.8	38344.6
Total	61.1	90698.5
Real	59.4	88282.5
Erro		3%

Como se pode observar o grande responsável pelo consumo elétrico é a eletrobomba, com um consumo anual de 48 MWh, este valor poderá ser reduzido com a redução do seu uso durante as horas em que o edifício não se encontra ocupado. Os desumidificadores embora pouco utilizados são ainda assim grandes consumidores, o que se releva preocupante uma vez que não parecem ter capacidade de desumidificação suficiente. Na

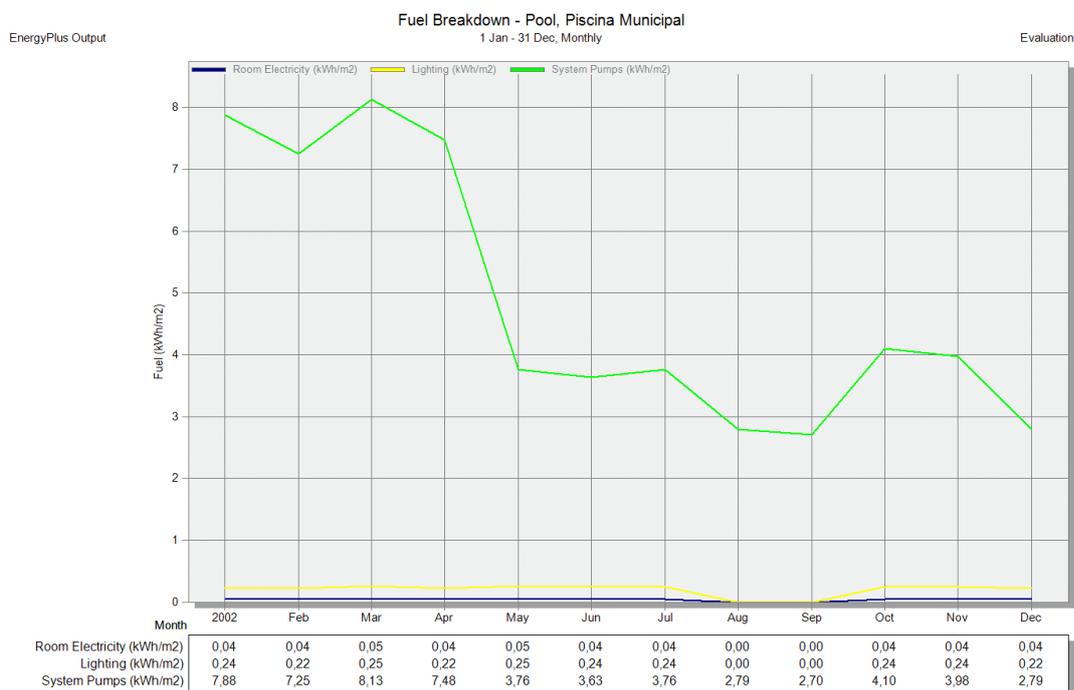


Figura 23 é visível os meses em que as necessidades de desumidificação são maiores, estes são os meses de inverno, meses em que a temperatura do ar é consideravelmente mais baixa do que a temperatura do tanque, situação que promove uma maior taxa de evaporação, este problema é abordado no capítulo seguinte. Observa-se que os gastos com iluminação e com equipamentos se mantem relativamente constante ao longo do ano.

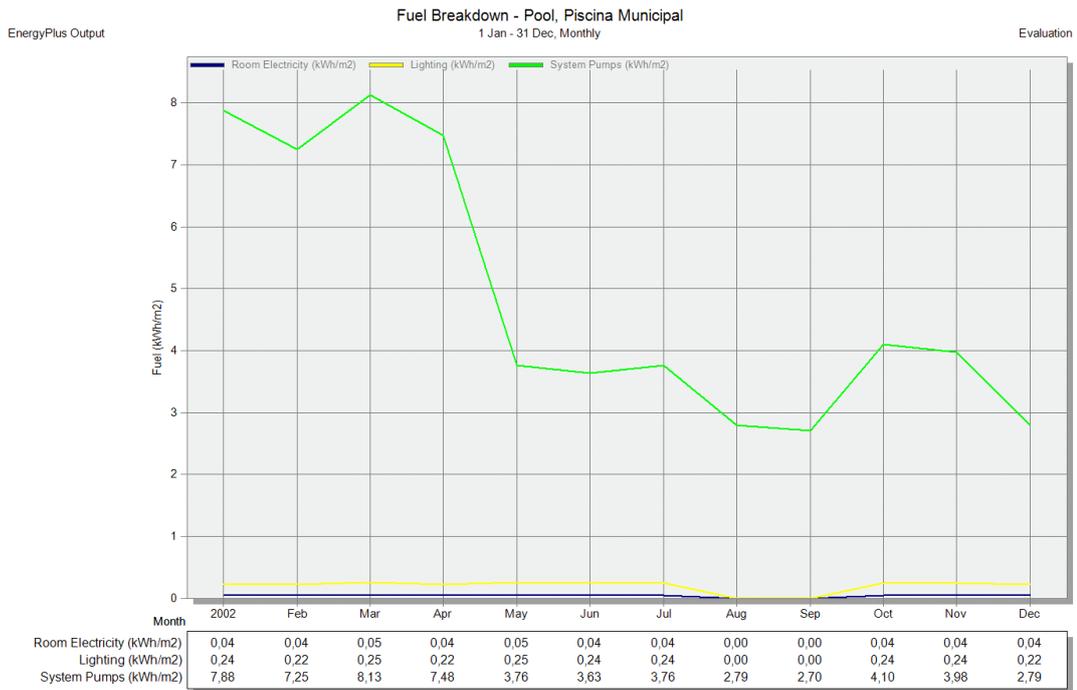


Figura 23- Consumos mensais de Eletricidade no Modelo Base

#### 4.4.2 Ganhos pela envolvente

O local do edifício em que os ganhos solares mais vão influenciar os gastos é sem dúvida a nave onde se localiza o tanque, uma vez que a envolvente sul e poente são maioritariamente envidraçados e são de esperar grandes ganhos solares, comprovado pela Figura 24, estes podem totalizar 196.62 MWh ano.

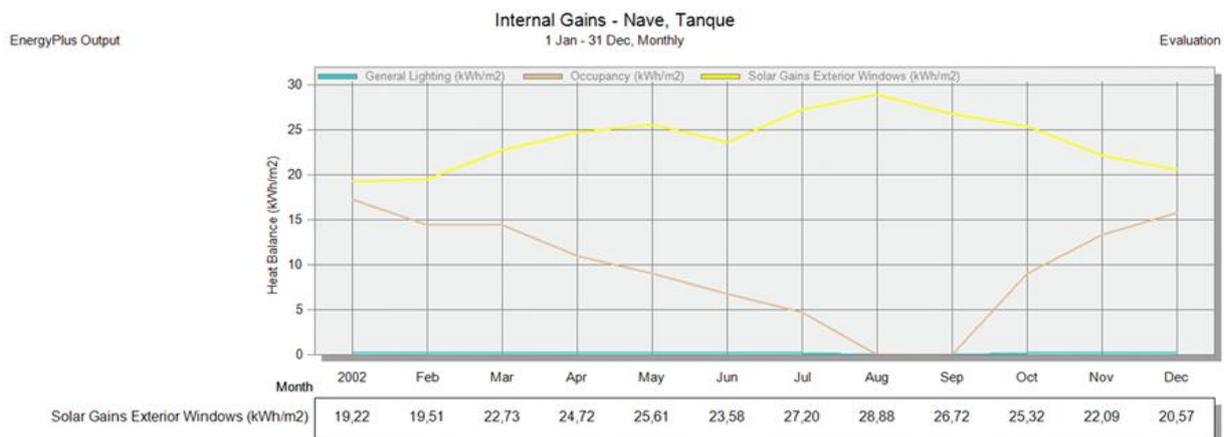


Figura 24-Ganhos Solares no Modelo Base

#### 4.5 Consumos de Gás

A versão utilizada do *DesignBuilder* (EnergyPlus) não simula a evaporação de um tanque de água, de forma a estimar as perdas de energia no tanque é utilizada a Norma Portuguesa NP 4448,

que no seu Anexo A indica o método a utilizar para determinar a carga térmica de aquecimento de piscinas.

#### 4.5.1 Perdas Térmicas por Evaporação:

As perdas térmicas por evaporação nas piscinas interiores é função da velocidade do ar interior e da diferença de pressões de vapor entre a água da piscina e o ar interior, a norma indica a seguinte formula para determinar as perdas:

$$q_e = (5.64 + 5.96v_s)(P_w - P_{enc}) \frac{MJ}{m^2 dia} \quad (5)$$

Em que:

- $v_s$ : Velocidade do ar à superfície da piscina, com valores entre os 0.02 m/s e 0.05m/s;
- $P_w$ : Pressão de vapor saturado à temperatura da água da piscina,  $t_w$ , em kPa, obtida pela equação 6;
- $P_{enc}$ : Pressão de vapor saturado no ar circundante da piscina em kPa.

$$P_w = 0.004516 + 0.0007178t_w - (2.649 \times 10^{-6})t_w^2 + (6.944 \times 10^{-7})t_w^3 \quad (6)$$

As temperaturas do ar e da água do tanque utilizadas são a média dos valores máximos e mínimos registados manualmente pelos funcionários da piscina nos anos de 2013 e 2014, optou-se por usar um valor médio mensal, quer pelo volume de registos diários das temperaturas, todos manuais, e de modo a ser fácil de comparar com as temperaturas médias diárias que o *DesignBuilder (EnergyPlus)* calcula nas suas simulações.

#### 4.5.2 Perdas Térmicas por Radiação

Este mecanismo de transmissão de calor tem base na transferência de energia por ondas eletromagnéticas. Para ocorrer este tipo de transmissão de calor, é necessária a existência de duas superfícies com diferentes temperaturas, em que, devido à vibração das moléculas superficiais é emitida energia radiante através do espaço até atingir uma superfície opaca, a qual absorve parte desta energia e reflete a restante.

$$q_r = 0.086\varepsilon_w h_r (T_w - T_{enc}) \frac{MJ}{m^2 dia} \quad (7)$$

Em que:

- $\varepsilon_w$ : Emitância de grande comprimento de onda da água =0.95;
- $h_r$ : Coeficiente de transmissão de calor por radiação  $\frac{W}{m^2 K}$ ;
- $T_w$ : Temperatura da água em Kelvin;
- $T_{enc}$ : Temperatura do ar interior em Kelvin.

### 4.5.3 Perdas Térmicas por Convecção

A Convecção é um mecanismo de transmissão de calor tem base na transferência de energia por movimento dos fluidos, líquidos ou gasosos, e condução molecular. Assim, este mecanismo ocorre na transmissão de calor de um sólido para o ar adjacente, ou entre duas superfícies a diferentes temperaturas.

$$q_c = 0.086(3.1 + 4.1v)(t_w - t_a) \frac{MJ}{m^2 dia} \quad (8)$$

Em que:

- $v$ : Velocidade do vento a uma altura de 0.3m acima da superfície da água, m/s;
- $t_w$ : Temperatura da água em graus Celcius;
- $t_a$ : Temperatura do ar em graus Celcius.

### 4.5.4 Ganhos Térmicos por irradiação solar.

Os ganhos de irradiação são decorrentes da absorção da radiação solar na piscina, apenas a radiação que entra pelos envidraçados é absorvida pela piscina, de forma a estimar este valor, utiliza-se a radiação solar calculada pelo *DesignBuilder (EnergyPlus)* que entra na nave (Figura 25).

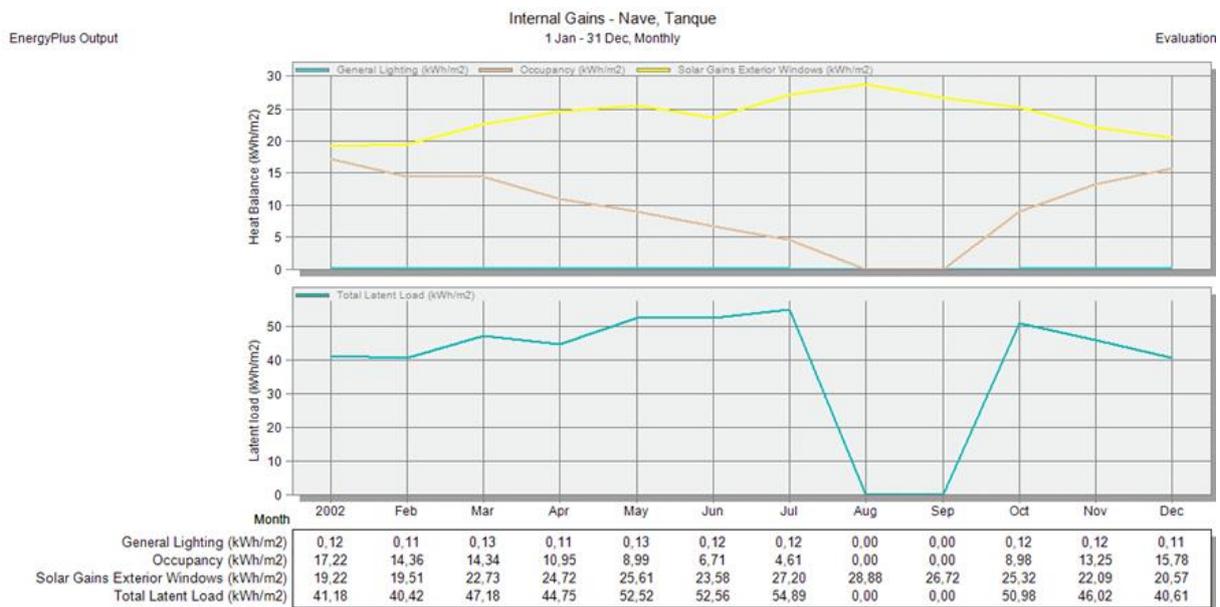


Figura 25- Ganhos mensais por Irradiação no Modelo Base

A fórmula sugerida pela norma é a seguinte:

$$q_s = \alpha G_i \frac{MJ}{m^2 dia} \quad (9)$$

Em que:

- $q_s$ : Taxa de absorção de radiação solar;
- $\alpha$ : Absortância no espectro da radiação solar, no caso de 0.85 para piscinas de cor clara;
- $G_i$ : Irradiação solar no plano horizontal,  $\frac{MJ}{m^2 dia}$ .

#### 4.5.5 Adição de água para compensação de perdas na piscina.

No caso da temperatura da água injetada para compensação das perdas de água for significativamente diferente da temperatura da água da piscina, as perdas térmicas devidas à adição de água de compensação pode ser calculada da seguinte forma:

$$q_{mku} = m_{evp} C_p (t_{mku} - t_w) \frac{MJ}{m^2 dia} \quad (10)$$

Em que:

- $t_{mku}$ : Temperatura da água injetada para compensação de perdas, em graus Celsius;
- $t_w$ : Temperatura da água em graus Celcius;
- $C_p$ : Calor específico da água a pressão constante, 4.19 MJ/kg;
- $m_{evp}$ : Taxa de evaporação diária, calculada por  $\frac{q_c}{h_{fg}}$ , em kg/m<sup>2</sup>.dia;
- $h_{fg}$ : Calor latente de evaporação da água em MJ/kg, retirado da tabela 3 do capítulo 6 do ASHRAE handbook, 2001.

A Tabela 11 apresenta o resumo de perdas e ganhos térmicos no tanque:

Tabela 11- Resumo de Ganhos e Perdas no Modelo Base

	qe [kWh/d]	qr [kWh/d]	qc [kWh/d]	Qir [kWh/d]	qmku [kWh/d]	Perdas [kWh/d]	Ganhos [kWhd]	Qp [kWh/d]
Janeiro	-1424.9	1.07E-03	175.2	-5309.5	2108.5	2283.69	-6734.4	6168.3
Fevereiro	-1426.1	2.19E-03	200.2	-5389.6	2412.9	2613.04	-6815.8	6576.5
Março	-1636.1	1.83E-03	162.6	-6279.2	1959.9	2122.57	-7915.3	6765.6
Abril	-1917.1	1.05E-03	93.8	-6828.9	1128.3	1222.14	-8746.0	6133.9
Maiο	-2150.2	9.17E-04	56.3	-7074.8	676.8	733.08	-9224.9	5657.7
Junho	-2498.5	1.91E-04	0.0	-6514.0	-2.5	-2.47	-9012.4	4013.1
Julho	-3242.8	3.49E-03	-125.1	-7514.0	-1509.4	-1634.46	-10756.8	2636.7
Agosto	-3319.0	1.10E-02	-225.2	-7978.1	0.0	-225.20	-11297.1	4433.9
Setembro	-3025.6	8.73E-03	-212.7	-7381.4	0.0	-212.69	-10407.0	4143.1
Outubro	-2230.9	2.94E-04	31.3	-6994.7	375.5	406.75	-9225.6	5170.5
Novembro	-1916.1	1.84E-03	106.3	-7381.4	1280.3	1386.64	-9297.5	6851.9
Dezembro	-998.2	2.19E-03	200.2	-6994.7	2412.9	2613.04	-7992.8	8609.5
Anual	-25785.5	3.48E-02	462.9	-81640.2	10843.2	11306.1	-107425.7	67160.8

As perdas são largamente superadas pelos ganhos térmicos (Figura 26), principalmente os ganhos por irradiação, o que leva a grandes variações na temperatura do ar interior. As grandes diferenças entre a temperatura do ar interior e temperatura da água levam a uma grande perda, torna-se essencial controlar a temperatura do ar interior.

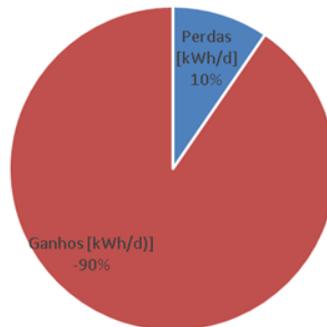


Figura 26- Percentagens de Ganhos e Perdas

As soluções a estudar passam por controlar a temperatura do ar no interior da nave e à redução da irradiação solar.

## 5 Oportunidades de melhoria na redução de consumos

### 5.1 Soluções a considerar

Seguidamente são propostas quatro soluções, estas procuram solucionar o excesso de irradiação solar e as grandes variações de temperatura do ar interior. Em todas as soluções é integrado o perfil de utilização de um variador eletrónico de velocidades na eletrobomba, tal como a temperatura da água do tanque é alterada para os 26° Celcius.

As soluções propostas são:

- 1: Controlo de temperatura interior por meio de climatização automática;
- 2: Igual à solução 1, com a adição de palas de sombreamento nos envidraçados;
- 3: Igual à solução 1, com emparedamento simples de uma parte dos envidraçados;
- 4: Igual à solução 3 mas com emparedamento com ETICS.

Uma solução que é considerada em todas as soluções acima descritas é a inclusão de um Variador Eletrónico de Velocidade na eletrobomba. Este equipamento irá controlar o funcionamento da eletrobomba, o equipamento elétrico que mais impacto faz na fatura de eletricidade.

### 5.1.1 Variador Eletrônico de Velocidade

A redução pretendida do uso da eletrobomba é de 30% para as horas sem ocupação, segundo Barata (2012) a forma de relacionar a potência utilizada com a carga é necessário obter as curvas de variação da potência em função da capacidade das bombas. Barata desenvolveu a equação 11 para determinar a potência nominal de bombas utilizadas em conjunto com um VEV.

$$y = 0.00008664x^3 + 0.002415248x^2 - 0.04467x + 7.13674; x \leq 90 \quad (11)$$

$$y = 2.4x - 130; x > 90 \quad (12)$$

Em que:

- Y: Potência nominal (%);
- X: Caudal nominal (%).

Por aplicação da fórmula obtemos o seguinte quadro:

Tabela 12- Alteração de potência com uso do VEV

Caudal %	Caudal [m³/s]	Potência %	Potência [kW]
100	0.050	113.46	6.24
90	0.045	85.84	4.72
80	0.040	63.38	3.49
70	0.035	45.56	2.51
60	0.030	31.87	1.75
50	0.025	21.77	1.20
40	0.020	14.76	0.81
30	0.015	10.31	0.57
20	0.010	7.90	0.43
10	0.005	7.02	0.39

Com isto garante-se um caudal de 0.015m³/s e assim, é possível cumprir com o ponto 9.12 da Normativa 23/93 CNQ que exige o suprimento do 30% do caudal de serviço.

Seguidamente é criado o novo perfil de utilização (Tabela 13), que será usado no *DesignBuilder*.

Tabela 13- Perfil de utilização do VEV

	% Utilização Bombas			
	Horas	Dias Úteis	Sábados	Domingos
Vazio Normal	0h as 1h	30%	30%	30%
	1h as 2h	30%	30%	30%
Super Vazio	2h as 3h	30%	30%	30%
	3h as 4h	30%	30%	30%
	4h as 5h	30%	30%	30%
	5h as 6h	30%	30%	30%
Vazio Normal	6h as 7h	30%	30%	30%
	7h as 8h	100%	100%	100%
Cheia	8h as 9h	100%	100%	100%
Ponta	9h as 10h	100%	100%	100%
Cheia	10h as 11h	100%	100%	100%
	11h as 12h	100%	100%	100%
	12h as 13h	100%	100%	30%
	13h as 14h	100%	100%	30%
	14h as 15h	100%	100%	30%
	15h as 16h	100%	100%	30%
	16h as 17h	100%	100%	30%
	17h as 18h	100%	100%	30%
Ponta	18h as 19h	100%	30%	30%
	19h as 20h	100%	30%	30%
Cheia	20h as 21h	100%	30%	30%
	21h as 22h	30%	30%	30%
Vazio Normal	22h as 23h	30%	30%	30%
	23h as 24h	30%	30%	30%

Para se determinar as horas anuais em que o sistema vai funcionar é necessário saber quantas horas por mês o sistema vai estar a funcionar a 30%. A fórmula de cálculo das horas a 30% de funcionamento utilizada é a seguinte:

$$h_{i30\%} = \sum (U_i \times h_{U_i30\%} + S_i \times h_{S_i30\%} + D_i \times h_{D_i30\%}) \quad (12)$$

Em que:

- $h_{i30\%}$ : Horas disponíveis por ano;
- $U_i$ : Dias úteis disponíveis no mês  $i$ ;
- $S_i$ : Sábados disponíveis no mês  $i$ ;
- $D_i$ : Domingos disponíveis no mês  $i$ ;
- $h_{U_i30\%}$ : Horas a 30% disponíveis por dias úteis;
- $h_{S_i30\%}$ : Horas a 30% disponíveis por Sábados;
- $h_{D_i30\%}$ : Horas a 30% disponíveis por Domingos.

As horas disponíveis estão apresentadas na Tabela 14, este dado é importante para o cálculo económico.

Tabela 14- Horas disponíveis em um ano para o VEV

	Horas disponíveis a 30%		
	Dias Úteis	Sábado	Domingo
Janeiro	230	52	76
Fevereiro	200	52	76
Março	230	52	76
Abril	220	52	76
Mai	230	52	76
Junho	220	52	76
Julho	230	52	76
Agosto	230	52	76
Setembro	220	52	76
Outubro	230	52	76
Novembro	220	52	76
Dezembro	230	52	76
Totais	2690	624	912
Total		4226	

### 5.1.2 Solução 1

Nesta solução pretende-se testar a influência que um novo sistema de aquecimento do tipo VAV (*Variable Air Volume*) teria no comportamento do tanque. Pretende-se manter a temperatura do ar interior a variar entre os 24° e 28°, ou seja entre  $\pm 2^\circ$  Celcius em relação à temperatura do tanque. Este aquecimento não está em funcionamento constante, estando pensado para ser um sistema que se autorregula e que não está em funcionamento durante as horas sem ocupação.

O *DesignBuilder (EnergyPlus)* determina automaticamente as necessidades de aquecimento, dentro das condições que lhe são impostas. Assim, são colocados os novos perfis da eletrobomba (Figura 27), bem como as condições de controlo de temperatura (Figura 28)

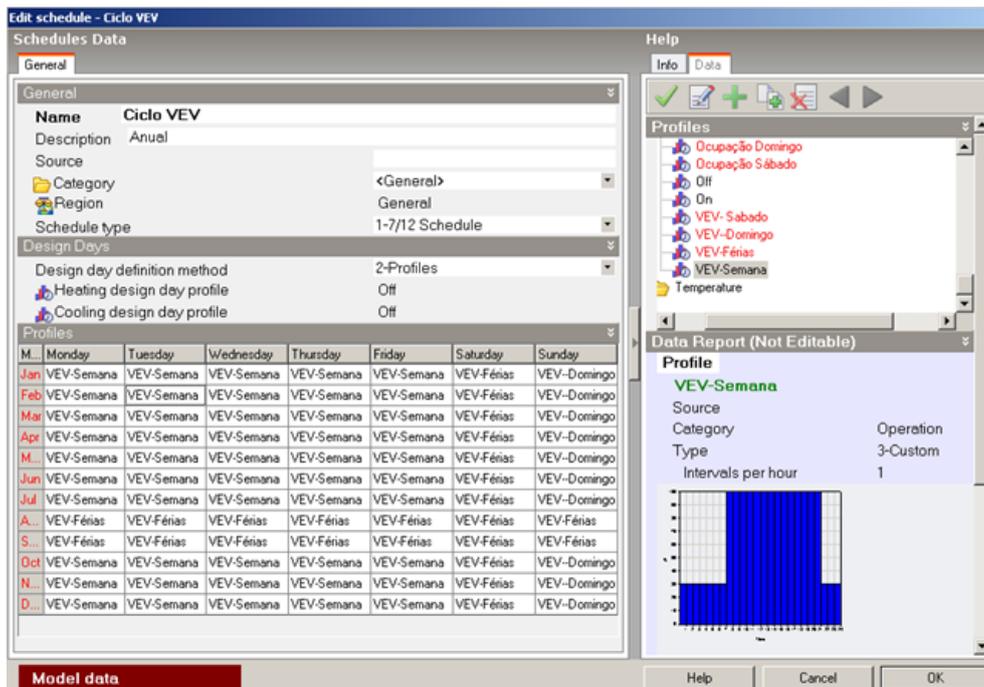


Figura 27- Perfil da eletrobomba na Solução 1

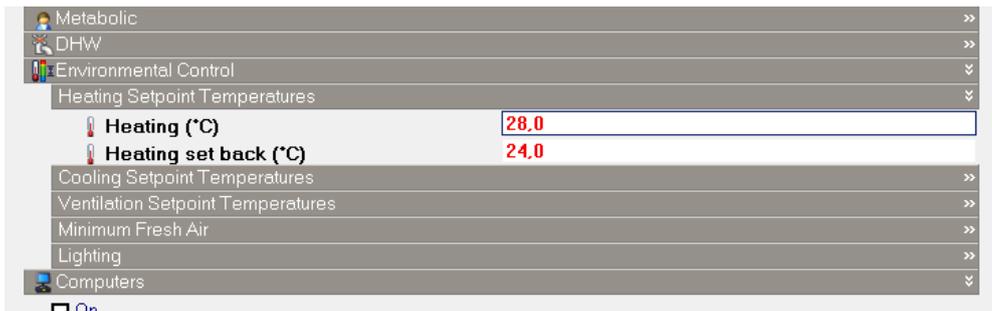


Figura 28- Controlo de temperatura na Solução 1

Com as alterações feitas, basta correr o módulo de *Heating Design* e este calcula para as condições existentes a potência necessária de aquecimento (Figura 29).

Zone	Comfort Temperature (°C)	Design Capacity (kW)
- Piscina Municipal Total Design Heating Capacity = 211,930 (kW)		
+ Bar Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		
+ Area Tecnica Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		
+ Serviços Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		
- Nave Total Design Heating Capacity = 211,930 (kW)		
Tanque	23,45	211,93
*Ass. Ref. Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		

Figura 29- Heating Design na Solução 1

Simulando para o novo sistema de aquecimento de ar, obtemos os consumos anuais apresentados na Figura 30:



Figura 30- Consumos de Eletricidade na Solução 1

Para esta solução não existem alterações de irradiação, existe no entanto variações de temperatura média mensal (Figura 31), com as novas temperaturas médias do ar interior e a alteração da temperatura da água do tanque são recalculadas as perdas e ganhos térmicos, os resultados são apresentados na Tabela 15.

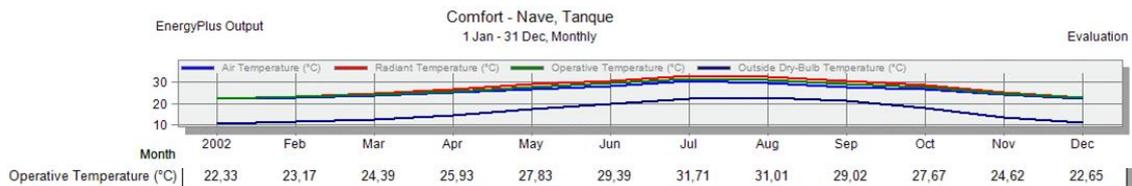


Figura 31- Temperaturas interiores na Solução 1

Tabela 15- Perdas e Ganhos na Solução 1

	qe [kWh/d]	qr [kWh/d]	qc [kWh/d]	qir [kWh/d]	qmku [kWh/d]	Perdas [kWh/d]	Ganhos [kWh/d]	qp [kWh/d]
Janeiro	-1424.9	1.07E-03	175.2	-5309.5	2108.5	2283.69	-6734.4	6168.3
Fevereiro	-1426.1	2.19E-03	200.2	-5389.6	2412.9	2613.04	-6815.8	6576.5
Março	-1636.1	1.83E-03	162.6	-6279.2	1959.9	2122.57	-7915.3	6765.6
Abril	-1917.1	1.05E-03	93.8	-6828.9	1128.3	1222.14	-8746.0	6133.9
Mai	-2150.2	9.17E-04	56.3	-7074.8	676.8	733.08	-9224.9	5657.7
Junho	-2498.5	1.91E-04	0.0	-6514.0	-2.5	-2.47	-9012.4	4013.1
Julho	-3242.8	3.49E-03	-125.1	-7514.0	-1509.4	-1634.46	-10756.8	2636.7
Agosto	-3319.0	1.10E-02	-225.2	-7978.1	0.0	-225.20	-11297.1	4433.9
Setembro	-3025.6	8.73E-03	-212.7	-7381.4	0.0	-212.69	-10407.0	4143.1
Outubro	-2230.9	2.94E-04	31.3	-6994.7	375.5	406.75	-9225.6	5170.5
Novembro	-1916.1	1.84E-03	106.3	-7381.4	1280.3	1386.64	-9297.5	6851.9
Dezembro	-998.2	2.19E-03	200.2	-6994.7	2412.9	2613.04	-7992.8	8609.5
Anual	-25785.5	3.48E-02	462.9	-81640.2	10843.2	11306.1	-107425.7	67160.8

### 5.1.3 Solução 2

Esta solução é idêntica à solução 1, as alterações são a adição de soluções passivas de limitação de irradiação solar por meio de palas de sombreamento exteriores como se pode ver na Figura 32.

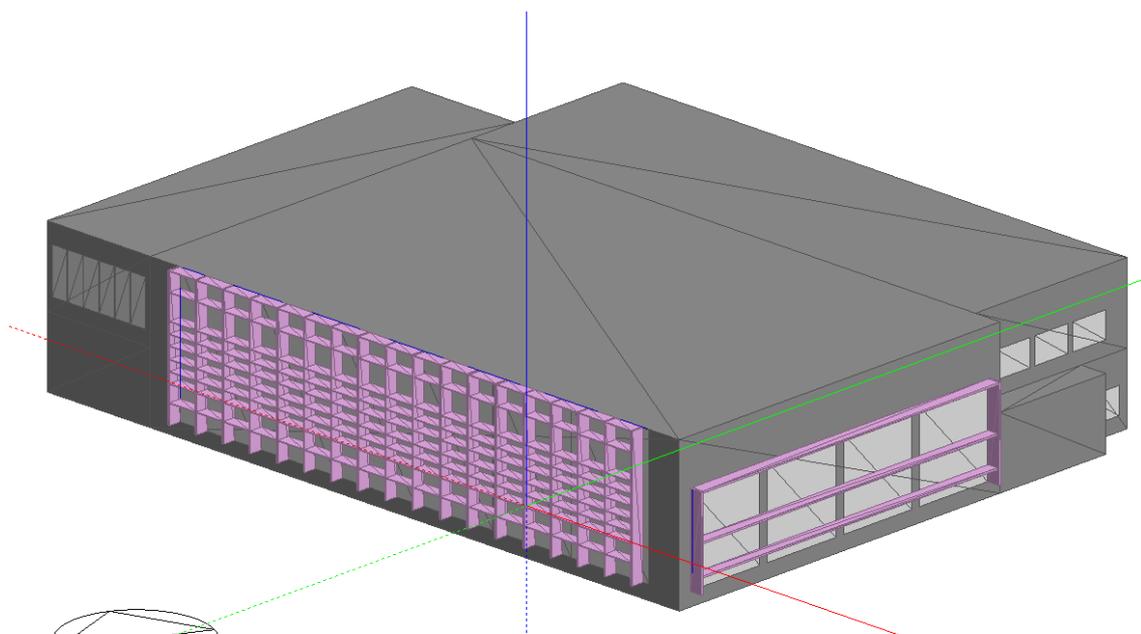


Figura 32- Modelo da Solução 2

As palas de sombreamento são calculadas de modo a garantirem que os envidraçados estão completamente sombreados ao meio dia do solstício de Verão (Figura 33), e deixarem entrar irradiação direta ao meio dia do solstício de Inverno (Cunha, 2005).

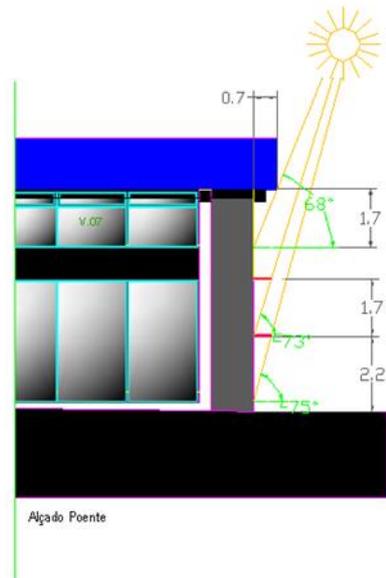


Figura 33- Palas de Sombreamento

Com estas alterações é utilizado novamente o módulo de cálculo das necessidades de aquecimento (Figura 34), este apresenta uma redução das necessidades de aquecimento de 4.23 kW em comparação com a solução 1, para 207.70kW.

Zone	Comfort Temperature (°C)	Design Capacity (kW)
- Piscina Municipal Total Design Heating Capacity = 207,700 (kW)		
+ Bar Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		
+ Area Tecnica Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		
+ Serviços Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		
- Nave Total Design Heating Capacity = 207,700 (kW)		
Tanque	23,49	207,70

Figura 34- Heating Design na Solução 2

A Figura 35 apresenta uma ligeira redução em relação à solução 1, as grandes diferenças existem na irradiação (Figura 36). As temperaturas não se alteram significativamente como seria de esperar (Figura 35), note-se o decréscimo da necessidade de arrefecimento (*chiller*) de 802kWh para 13.20 kWh.

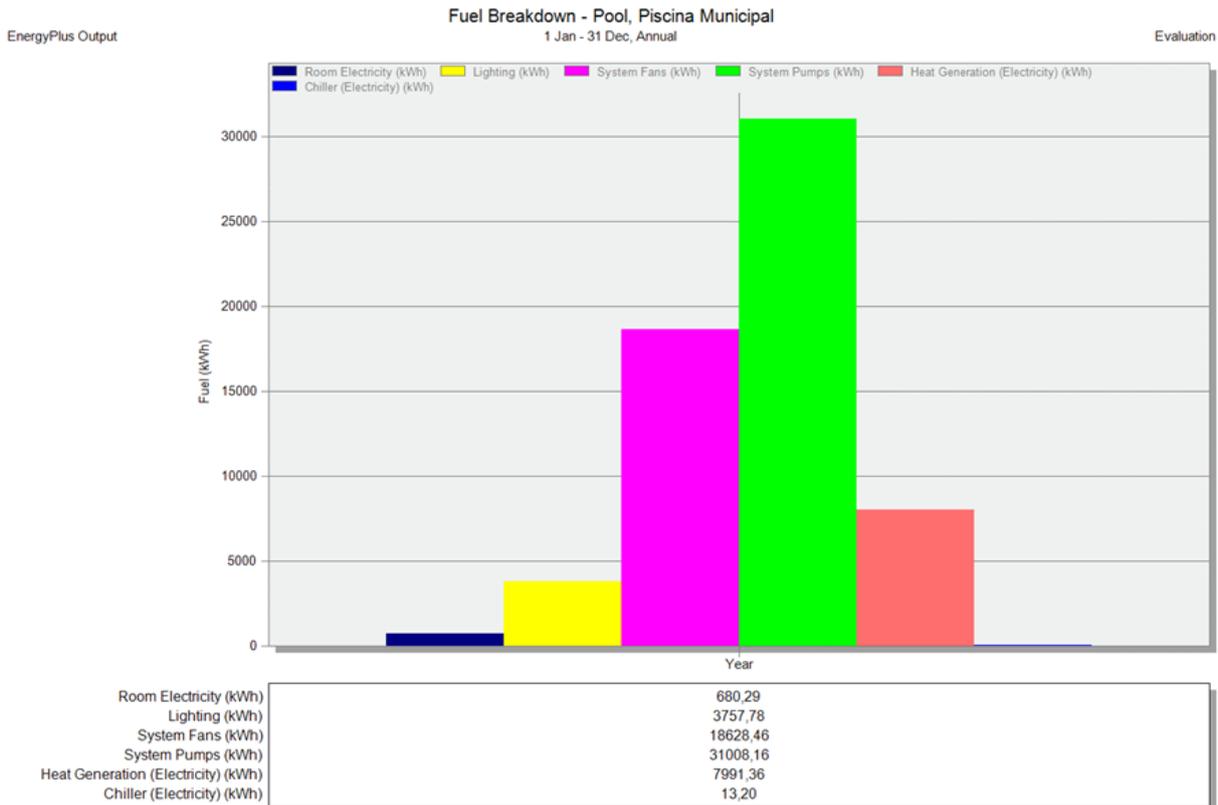


Figura 35- Consumos de Eletricidade na Solução 2

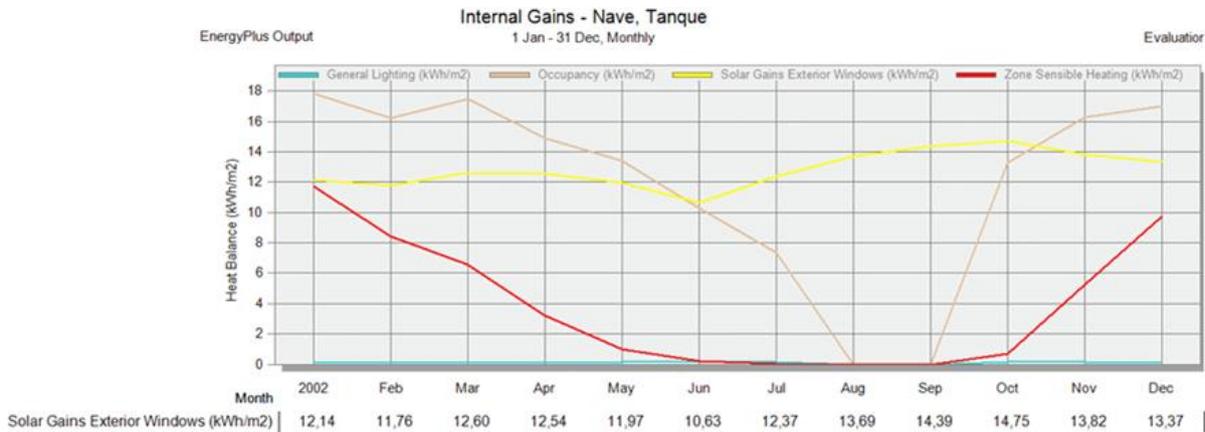


Figura 36- Irradiação na Solução 2

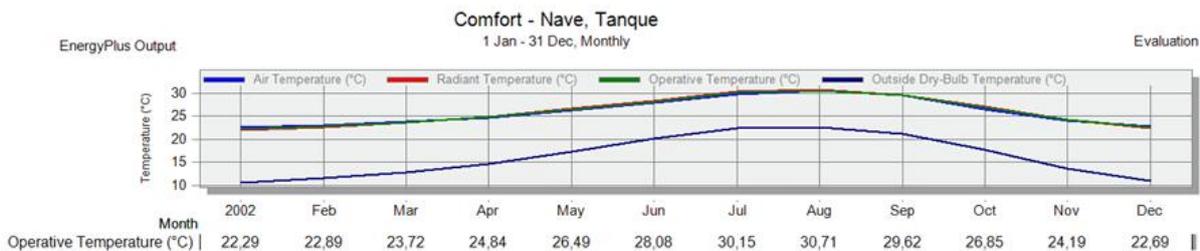


Figura 37- Temperaturas interiores na Solução 2

Com as novas condições de irradiação e temperatura média do ar interior, são novamente calculadas as perdas e ganhos térmicos. Os resultados apresentam uma redução nas perdas de energia por necessidade de aquecimento de água (Tabela 16).

Tabela 16- Perdas e Ganhos na Solução 2

	qe [kWh/d]	qr [kWh/d]	qc [kWh/d]	qir [kWh/d]	qmku [kWh/d]	Perdas [kWh/d]	Ganhos [kWh/d]	qp [kWh/d]
Janeiro	-1371.7	3.96E-05	92.8	-3353.7	1115.2	1208.02	-4725.4	3190.0
Fevereiro	-1458.7	1.96E-05	77.8	-3248.7	934.8	1012.65	-4707.4	2802.6
Março	-1550.5	5.65E-06	57.1	-3480.8	685.3	742.40	-5031.3	2672.6
Abril	-1647.2	3.79E-07	29.0	-3464.2	348.7	377.71	-5111.4	2194.7
Mai	-1746.9	1.09E-06	37.8	-3306.7	455.7	493.45	-5053.6	2053.2
Junho	-1967.0	8.56E-12	-2.0	-2936.5	-24.1	-26.10	-4903.6	943.4
Julho	-2210.7	4.47E-06	-53.8	-3417.2	-647.5	-701.32	-5627.9	505.2
Agosto	-2339.6	5.31E-08	-17.8	-3781.9	0.0	-17.77	-6121.4	1424.5
Setembro	-2208.3	4.36E-09	9.5	-3975.2	0.0	9.51	-6183.5	1776.5
Outubro	-1854.1	3.66E-07	28.8	-4074.7	346.4	375.13	-5928.8	2595.7
Novembro	-1550.5	2.24E-06	45.3	-3817.8	544.1	589.36	-5368.3	2856.6
Dezembro	-1458.7	2.51E-05	82.8	-3693.5	995.0	1077.78	-5152.2	3312.5
Anual	-21364.0	9.85E-05	387.4	-42550.8	4753.5	5140.8	-63914.8	26327.6

#### 5.1.4 Solução 3

Com a solução 3 pretende-se aumentar a área opaca da envolvente, deixando apenas o envidraçado superior existente, e como na solução 2 são colocadas palas de sombreamento no envidraçado (Figura 38).

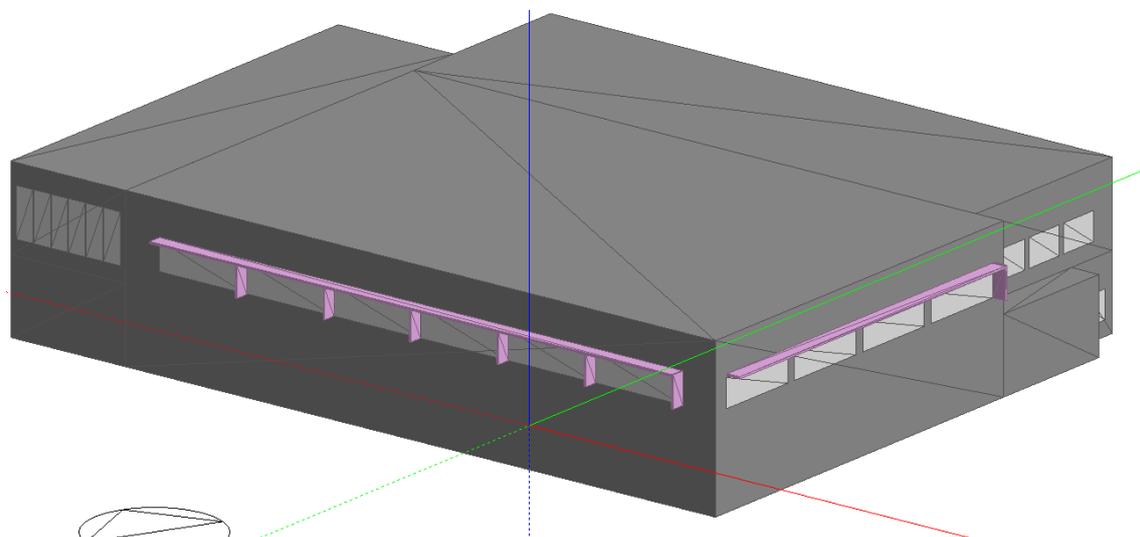


Figura 38- Modelo da Solução 3

A solução de emparedamento passa pelo mesmo tipo de parede exterior já existente no restante edifício. Para esta solução o *software* indica uma necessidade de aquecimento de 203.49kW (Figura 39).

Zone	Comfort Temperature (°C)	Design Capacity (kW)
Piscina Municipal Total Design Heating Capacity = 203,490 (kW)		
+ Bar		Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+ Area Tecnica		Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+ Serviços		Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
- Nave		Total Design Heating Capacity = 203,490 (kW)
Tanque	24,10	203,49
+ Ass. Ref.		Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)

Figura 39- Heating Design na Solução 3

Esta solução não apresenta diferenças significativas em relação à solução anterior, embora a necessidade de aquecimento baixo muito ligeiramente, os efeitos de inércia térmica das paredes levam a um maior uso do *chiller* para estabilizar a temperatura de ar interior, uma vez que energia térmica que é acumulada nas paredes leva mais tempo a ser libertada por radiação. Na Figura 40 é notório o considerável aumento do uso do *chiller*.

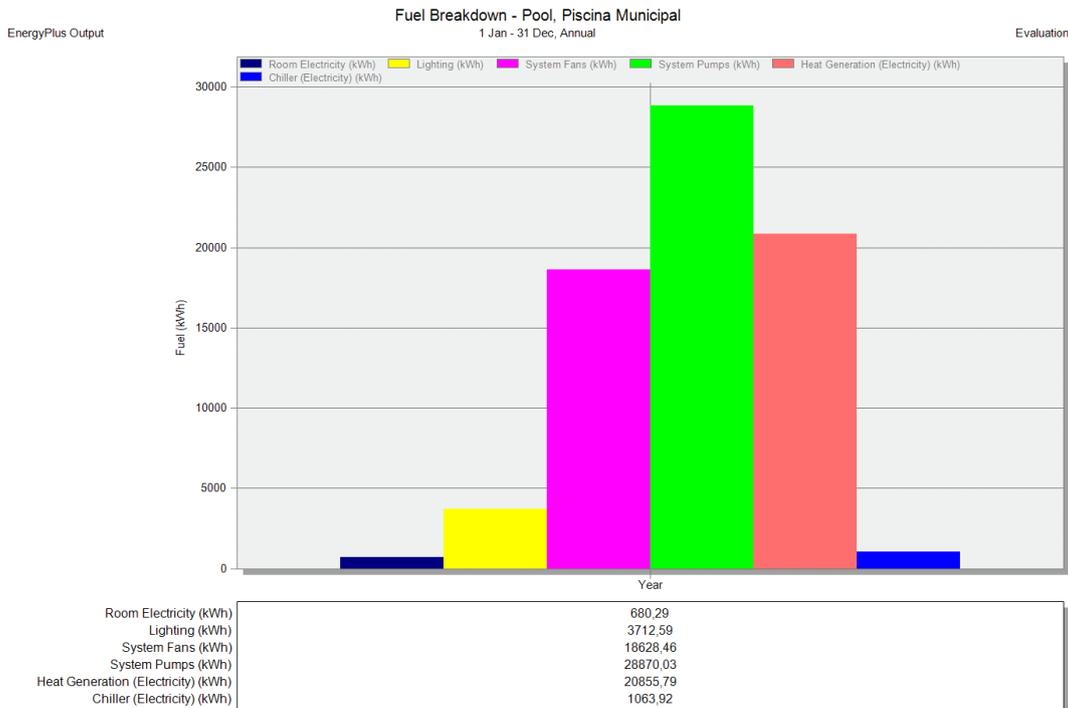


Figura 40- Consumo de Eletricidade na Solução 3

A temperatura de ar ambiente encontra-se com uma variação mais pequena, como se pode observar na Figura 41 nos meses de férias, em que os equipamentos estão desligados, tem uma temperatura interior mais baixa em relação à solução 1 e 2. No entanto as temperaturas médias são mais baixas, isto vai originar maiores perdas por convecção, consequentemente a maiores taxas de evaporação e maiores gastos com gás, como se pode observar na Tabela 17..

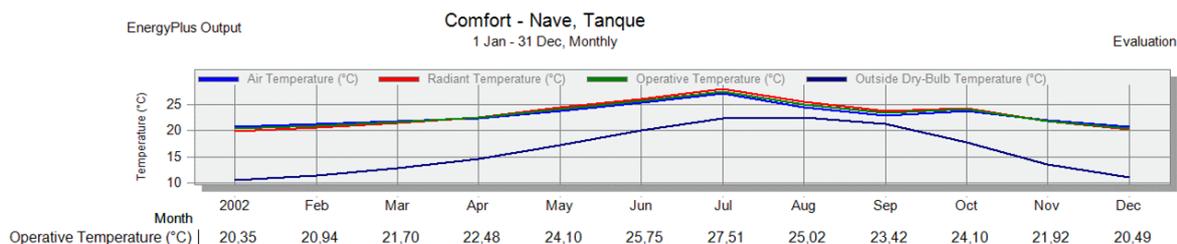


Figura 41- Temperaturas interiores na Solução 3

Tabela 17- Perdas e Ganhos na Solução 3

	qe [kWh/d]	qr [kWh/d]	qc [kWh/d]	qir [kWh/d]	qmku [kWh/d]	Perdas [kWh/d]	Ganhos [kWh/d]	qp [kWh/d]
Janeiro	-1211.0	2.13E-04	141.4	878.5	1698.3	1839.71	2089.5	-249.8
Fevereiro	-1289.2	1.37E-04	126.6	839.8	1521.0	1647.60	2129.0	-481.4
Março	-1371.7	7.15E-05	107.6	884.0	1292.5	1400.13	2255.7	-855.6
Abril	-1371.7	3.21E-05	88.1	906.1	1058.1	1146.16	2277.8	-1131.6
Mai	-1548.3	4.84E-05	97.6	928.2	1176.9	1274.47	2476.5	-1202.0
Junho	-1746.9	5.36E-06	56.3	870.2	677.6	733.94	2617.1	-1883.2
Julho	-1967.0	1.21E-08	12.3	986.2	147.6	159.84	2953.2	-2793.4
Agosto	-1642.6	1.29E-04	124.6	1033.2	0.0	124.61	2675.8	-2551.1
Setembro	-1454.1	3.92E-04	164.7	1011.1	0.0	164.65	2465.2	-2300.5
Outubro	-1548.3	4.84E-05	97.6	1030.4	1174.6	1272.17	2578.7	-1306.5
Novembro	-1371.7	5.79E-05	102.1	972.4	1226.4	1328.50	2344.1	-1015.6
Dezembro	-1211.0	1.93E-04	137.9	955.8	1656.2	1794.1	2166.8	-372.7
Anual	-17733.5	1.33E-03	1256.7	11295.9	11629.2	12885.90	29029.4	-16143.5

### 5.1.5 Solução 4

A solução 4 é uma versão da solução 3 com um melhor comportamento térmico da envolvente, substituídos as paredes simples por um sistema ETICS. É utilizado o sistema ETICS sugerido no quando II.2 no Anexo II do ITE 50, representado na Figura 42,

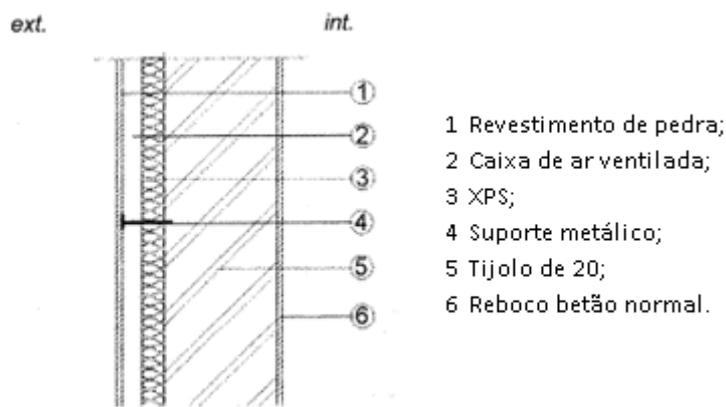


Figura 42- Solução ETICS

É necessário criar esta nova solução no *DesignBuilder (EnergyPlus)*, os materiais usados são escolhidos no ITE 50, sendo dele obtido as suas características de resistência térmica e calculado o valor U, como se pode ser resumido na Tabela 18.

Tabela 18- Calculo do valor U na Solução 4

	$\lambda$ [W/(m°C)]	[m]	R	U [m²°C)/W]
Tijolo de 20	-	-	0.52	0.558
Reboco	1.65	0.025	0.02	
XPS	0.037	0.04	1.08	
Pedra	1.30	0.01	0.01	
RSI	-	-	0.13	
RSSE	-	-	0.04	

Após feitas estas novas alterações são novamente calculadas as necessidades de aquecimentos. Este determina, como se pode observar na Figura 43, uma redução muito considerável das necessidades de aquecimento para os 86kW.

Zone	Comfort Temperature (°C)	Design Capacity (kW)
- Piscina Municipal Total Design Heating Capacity = 86,070 (kW)		
+ Bar Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		
+ Area Tecnica Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		
+ Serviços Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		
- Nave Total Design Heating Capacity = 86,070 (kW)		
Tanque	24,46	86,07
+ Ass. Ref. Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)		

Figura 43- Heating Design na Solução 4

Na Figura 44 pode-se observar a grande redução que existe na utilização do aquecimento, mas, mais uma vez, as necessidades de arrefecimento sobem, e no seu conjunto os gastos com o sistema VAV são inferiores ao da Solução 3. As temperaturas apresentadas na Figura 45 são em média mais baixas que a temperatura da piscina, o que levará a consideráveis perdas por convecção, como pode ser visto na Figura 45.

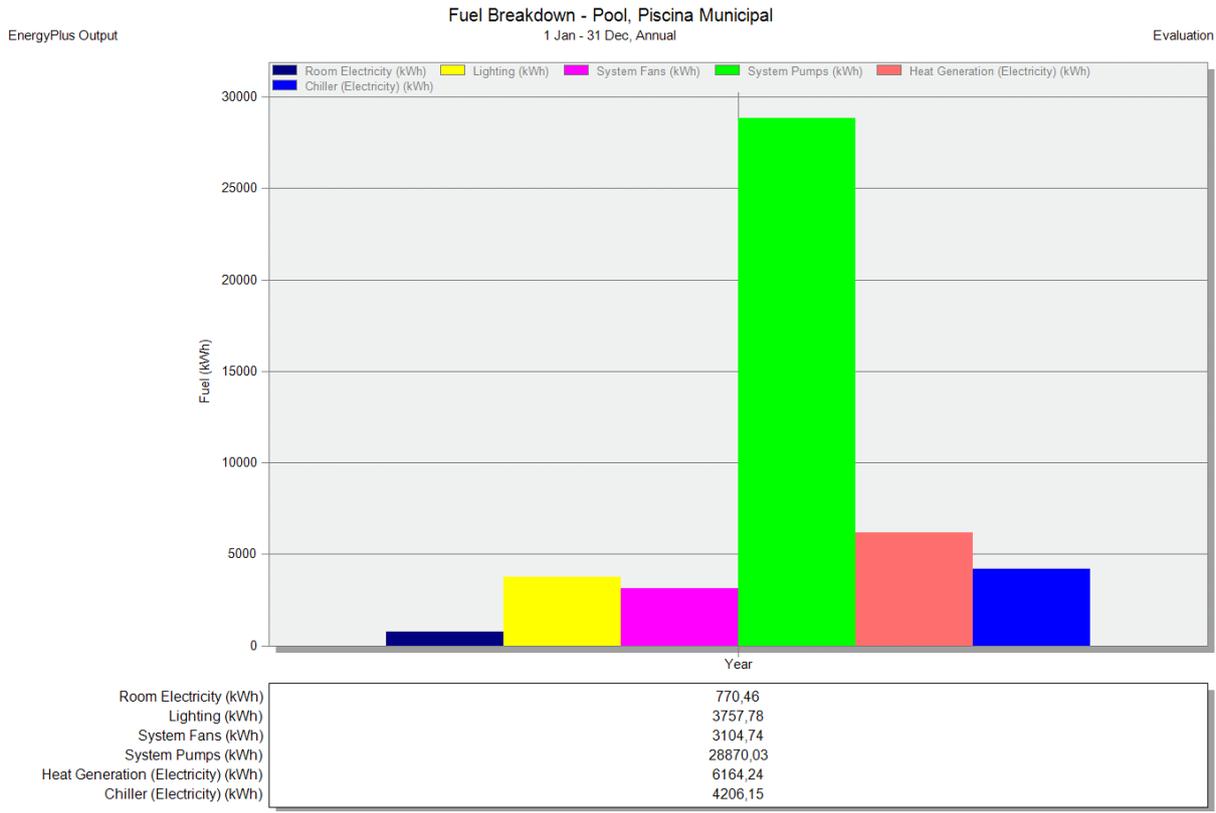


Figura 44- Consumos de Eletricidade na Solução 4

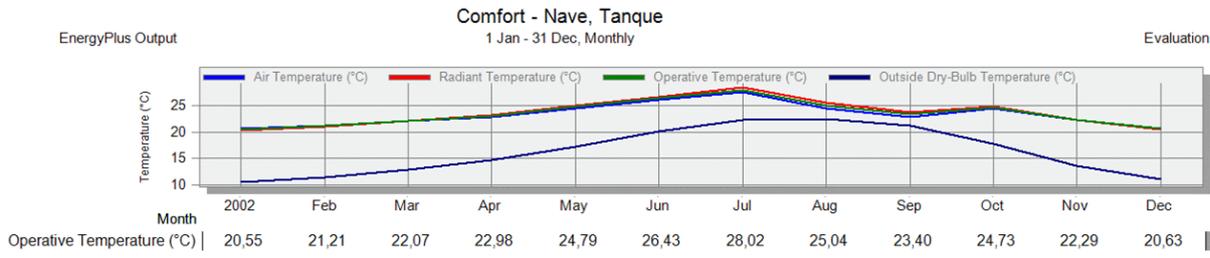


Figura 45- Temperaturas interiores na Solução 4

Tabela 19- Perdas e Ganhos na Solução 4

	qe [kWh/d]	qr [kWh/d]	qc [kWh/d]	qir [kWh/d]	qmku [kWh/d]	Perdas [kWh/d]	Ganhos [kWh/d]	qp [kWh/d]
Janeiro	-1289.2	1.84E-04	136.4	-878.5	1638.2	1774.59	-2167.7	1363.8
Fevereiro	-1289.2	1.10E-04	119.9	-839.8	1439.8	1559.68	-2129.0	1110.3
Março	-1371.7	4.99E-05	98.3	-884.0	1181.3	1279.66	-2255.7	792.0
Abril	-1458.7	1.74E-05	75.6	-906.1	907.8	983.35	-2364.8	430.7
Mai	-1645.0	2.22E-05	80.3	-928.2	968.7	1048.98	-2573.2	332.2
Junho	-1746.9	1.27E-06	39.3	-870.2	472.8	512.13	-2617.1	-364.6
Julho	-1967.0	3.35E-14	-0.5	-986.2	-6.0	-6.52	-2953.2	-987.3
Agosto	-1642.6	1.27E-04	124.1	-1033.2	0.0	124.11	-2675.8	-485.3
Setembro	-1454.1	3.97E-04	165.2	-1011.1	0.0	165.15	-2465.2	-277.9
Outubro	-1645.0	2.39E-05	81.8	-1030.4	984.8	1066.67	-2675.4	452.1
Novembro	-1371.7	3.96E-05	92.8	-972.4	1115.2	1208.02	-2344.1	808.7
Dezembro	-1289.2	1.74E-04	134.4	-955.8	1614.2	1748.54	-2245.0	1415.1
Anual	-18170.4	1.15E-03	1147.6	-11295.9	10316.8	11464.4	-29466.3	4589.8

### 5.1.6 Consumos e poupanças das soluções

Após concluída a fase de simulação de possíveis soluções é possível comparar a redução de consumo previstos para cada solução, deve-se ter sempre em conta que o objetivo final é a redução global de custos, de eletricidade e de gás, com especial atenção aos custos com gás uma vez que estes representam 68% do total. As previsões de redução de consumos está apresentada na Tabela 20.

Tabela 20- Comparação dos Consumos das várias soluções

Solução	Consumo [MWh]		
	Eletricidade	Gás	Totais
Base	88.28	373.36	461.64
1	67.60	194.19	261.79
2	62.08	164.48	226.56
3	73.81	328.08	401.89
4	46.87	313.19	360.07

Os consumos apresentados revelam que todas as soluções apresentam reduções quando comparadas com o estado atual, ou Base, do edifício. É interessante o resultado obtido pela redução da área envidraçada na Solução 3, este leva a um maior consumo de gás do que o observado nas Soluções 1 e 2, associado a um aumento de perdas por convecção o que promove maiores taxas de evaporação e vai originar maior consumo de gás pela caldeira de modo a compensar a água evaporada. As Soluções 3 e 4 pecam muito pelas perdas convectivas que provocam. Mesmo a Solução 4 que apresenta uma grande melhoria de consumos elétricos, falha nas perdas convectivas.

No entanto a comparação de consumos em si não quer dizer nada, já que os preços de eletricidade e gás são diferentes. Assim é feita a comparação dos custos operacionais esperados, usando os valores médios do custo do kWh, de 0.119 /kWh, os resultados são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21- Previsão de custos operacionais das várias soluções

Solução	Custos [€]			Redução
	Eletricidade	Gás	Totais	
Base	9,681.52 €	23,372.18 €	33,053.71 €	-
1	8,044.53 €	12,156.37 €	20,200.90 €	12,852.81 €
2	7,387.43 €	10,296.45 €	17,683.89 €	15,369.82 €
3	8,783.52 €	20,537.65 €	29,321.16 €	3,732.54 €
4	5,577.93 €	19,605.84 €	25,183.77 €	7,869.93 €

Confirma-se que os elevados consumos de gás penalizam fortemente as Soluções 3 e 4, assim embora as soluções 1 e 2 não sejam as mais eficientes em consumo de eletricidade, são as que mais limitam as perdas térmicas no tanque, reduzindo assim o consumo de gás muito consideravelmente.

Tabela 22- Comparação das melhorias de consumo

Solução	Totais	
	Consumo [MWh]	Melhoria [%]
Base	461.64	0%
1	261.79	43%
2	226.56	51%
3	401.89	13%
4	360.07	22%

Tabela 23-Comparação das reduções de custos

Solução	Totais	
	Custo [€]	Melhoria [%]
Base	33,053.71 €	0%
1	20,200.90 €	39%
2	17,683.89 €	46%
3	29,321.16 €	11%
4	25,183.77 €	24%

Considerando apenas os consumos e custos de operação previstos apresentados na Tabela 22 e Tabela 23, que não inclui custos com taxas sobre a energia, considerar-se-ia a Solução 2, como a ideal, mas as Soluções 1 e 2 não podem ser diretamente comparadas apenas nestes termos, uma vez que existem diferenças de investimento em soluções de eficiência, nomeadamente o sistema VAV e as palas de sombreamento. Os custos de investimento podem tornar a Solução 1 mais atrativa do que a Solução 2.

## 5.2 Avaliação de Viabilidade Económica

Antes de se realizar a avaliação das Soluções 1 e 2, é avaliado separadamente o Variador Eletrónico de Velocidade de modo a aferir como este pode por si reduzir os custos operacionais. Posteriormente na avaliação das Soluções será integrado o Variador Eletrónico de Velocidade uma vez que este foi utilizado em todas as simulações feitas com o *DesignBuilder*.

### 5.2.1 Variador Eletrónico de Velocidade.

A forma de cálculo para determinar o tempo de retorno de investimento é feita com base na fórmula proposta por Barata (2012) para determinar a poupança com a utilização de variadores em eletrobombas, designadas pelo autor como motores de indução (MI). Este considera importante levar em conta a redução global do rendimento. Se por um lado o controlo da velocidade pode permitir poupanças energéticas bastante significativas em determinados tipos de carga, o facto de tal ser conseguido por intermédio de um dispositivo que introduz perdas adicionais conduz à redução do valor dessa poupança energética. A poupança anual, para  $i$  regimes de carga, relativamente a uma situação inicial, em que o controlo de velocidade é inexistente, pode ser dada pela seguinte equação:

$$S = \sum \left[ \frac{P_{iMI}}{\eta_{iMI}} - \frac{P_{iVEV-MI}}{\eta_{iVEV-MI}} \right] \times h_i \times c_i \quad (13)$$

Em que:

- $S$ : Poupanças (€/ano);
- $\eta_{iMI}$ : Rendimento do motor (decimal);
- $\eta_{iVEV-MI}$ : Rendimento do sistema VEV-motor (decimal),
- $P_{iMI}$ : Potência do motor sem o VEV (kW),
- $P_{iVEV-MI}$ : Potência do motor com VEV (kW);
- $h_i$ : Períodos de funcionamento (horas/ano);
- $c_i$ : Custo médio do kWh para o período (€/kWh).

De modo a poder calcular as poupanças é necessário conhecer os períodos de funcionamento e custos médios dos mesmos. Para tal é necessário conhecer os tarifários do operador (Figura 46) e esta informação está disponível no *site* da EDP Universal, sendo este o serviço contratado o de média tensão diário. Uma vez que preço varia com as horas de utilização e duração, utiliza-se o valor médio de kWh determinando com o *software* HOMER, valor esse de 0.119 €/kWh.

Preço da energia ativa	Período horário	EUR/kWh
Médias utilizações	Horas de ponta	0,2156
	Horas de cheias	0,1265
	Horas de vazio normal	0,0883
	Horas de super vazio	0,0775
Longas utilizações	Horas de ponta	0,1546
	Horas de cheias	0,1215
	Horas de vazio normal	0,0810
	Horas de super vazio	0,0715

Figura 46- Preços de energia em Média Tensão. EDP

Conhecendo as características da bomba existente no edifício, potência, custos e horas utilizadas, podemos estimar a poupança da utilização do VEV. A Tabela 24 resume os dados e a poupança.

Tabela 24- Características do sistema com VEV

$\eta_{MI}$	0.857
$\eta_{MI-VEV}$	0.9
PMI [kW]	5.5
PMI-VEV [kW]	0.57
Operação a 30% [h]	4226
Preço médio [kWh]	0.119
S [€/ano]	2910.60
S [€/mês]	242.55

Escolheu-se como equipamento de referência o modelo ATV61HU55N4Z (Figura 47) da Schneider (Anexo V), este equipamento está dimensionado para operar em eletrobombas até 5.5 kW.



Figura 47- ATV61HU55N4Z

O preço desde VEV é de 1040€, ao que será inflacionado o seu valor em 40% de modo a cobrir custo de instalação.

Aplica-se os indicadores de viabilidade económica descritos no capítulo 3, os resultados são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25- Calculo de payback para o VEV

Inflação Mensal	0.1%							
Período	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	...	Dezembro	
Investimento	-1,040.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	0.00 €	...	0.00 €	
Poupança	239.29 €	235.52 €	231.81 €	228.16 €	224.57 €	...	200.95 €	
CashFlow	-800.71 €	235.52 €	231.81 €	228.16 €	224.57 €	...	200.95 €	
NPV+40%IC	-1,121.00 €	-885.47 €	-653.66 €	-425.50 €	-200.93 €	...	1,275.08 €	
IRR	4%							
Payback Time	5.09							
PI	1.23							

O equipamento paga-se em 5 meses e seis dias, gerando poupanças de cerca de 39,000.00 € ao fim de 15 anos, como apresentado na Tabela 26.

Tabela 26- Poupanças as 15 anos com o VEV

i% anual	1.6%				
Período	0	1	...	14	15
Investimento	-1,040.00 €	-	...	-	-
CashFlow	1,312.30 €	2,864.76 €	...	2,330.62 €	2,293.91 €
NPV	1,312.30 €	4,177.06 €	...	37,561.35 €	39,855.26 €

Os indicadores económicos mostram que a instalação de um VEV é um bom investimento, as poupanças que gera permitem que se pague a si mesmo em 5 meses e 6 dias, um período muito curto.

## 5.2.2 Solução 1

De forma as solucionar as necessidades de aquecimento calculadas para a solução 1, é escolhido como equipamentos de referências os sistemas *Roof-Top* da Daikin (Figura 48, Anexo X) descritos na Tabela 27.

Tabela 27- Preços e potências dos Roof-Top

Marca	Modelo	Potência [kW]	Custo [€]	
Daikin	UATYP850AY1B	92.32	14,212.00 €	35,375.00 €
	UATYPC12AY1	126.31	21,163.00 €	



UATYP

Figura 48- Roof-Top UATYP

Os dois equipamentos combinam uma potência de aquecimento total de 218kW, cobrindo a necessidade de 211kW. É incluído no valor de investimento o custo do VEV, o *payback* é calculado com base na poupança gerada pela aplicação da solução, como pode ser observado na Tabela 28.

i% anual		1.6%						
Período	0	1	2	3	...	14	15	
Investimento	- 36,577.66 €	-	-	-	...	-	-	
CashFlow	12,852.81 €	12,650.40 €	12,255.10 €	11,685.19 €	...	2,427.50 €	1,913.17 €	
NPV+40%IC	- 38,355.92 €	- 25,705.52 €	- 13,450.42 €	- 1,765.23 €	...	69,393.15 €	71,306.32 €	
IRR	24%							
Payback Time	3.16							
PI	1.95							

Tabela 28-Calculo de payback da Solução 1

Esta solução demora 3 anos e 58 dias a devolver o seu custo, ao fim de 15 anos pode poupar 71,000.00 €, dos quais 39,000.00 € são devidos ao VEV.

### 5.2.3 Solução 2

A Solução 2 usa a mesma solução apresentada na Tabela 27, cobrindo os 207kW de necessidades de aquecimento, a isto adiciona-se o custo das palas de sombreamento. Foi pedido um orçamento à empresa de construção de estruturas metálicas BrickSteel (Anexo II) para a construção de uma área total de 255m<sup>2</sup> de palas de aço, esta escolha prende-se com a necessidade de durabilidade das palas, uma vez que estarão localizadas em uma área pública muito frequentada, estado resumido na Tabela 29 os custos.

Tabela 29- Orçamento BrickSteel

Palas de sombreamento		
Custo [€/m <sup>2</sup> ]	Area [m <sup>2</sup> ]	Custo [€]
47.55 €	255.97	12,171.37 €

O *payback* é calculado com base na poupança gerada pela aplicação da solução, como pode ser observado na Tabela 30, o custo do VEV já está contabilizado.

Tabela 30- Calculo de payback da Solução 2

i% anual		1.6%						
Periodo	0	1	2	3	...	14	15	
Investimento	- 48,749.03 €	-	-	-	...	-	-	
CashFlow	15,369.82 €	15,127.78 €	14,655.06 €	13,973.54 €	...	2,902.88 €	2,287.83 €	
NPV+40%IC	- 52,878.83 €	-37,751.05 €	-23,095.98 €	- 9,122.44 €	...	75,971.16 €	78,258.99 €	
IRR		18%						
Payback Time		3.58						
PI		1.61						

Esta solução leva 3 anos e 217 dias a devolver o seu custo, ao fim de 15 anos pode poupar 78,000.00 €, dos quais 39,855.26 € são devidos ao VEV.

De forma a melhor compreender a dimensão destas poupanças, são apresentados nas seguintes tabelas os custos operacionais a 15 anos da situação Base e das Soluções 1 e 2.

Tabela 31- Custos Operacionais Base

i% anual		1.6%				
Periodo	0	1	...	14	15	
CashFlow	33,053.71 €	32,533.18 €	...	6,242.82 €	4,920.11 €	
NPV	33,053.71 €	65,586.88 €	...	310,153.18 €	315,073.30 €	

Tabela 32- Custos Operacionais para a Solução 1

i% anual		1.6%				
Periodo	0	1	...	14	15	
CashFlow	20,200.90 €	19,882.78 €	...	3,815.32 €	3,006.95 €	
NPV	20,200.90 €	40,083.67 €	...	189,551.31 €	192,558.25 €	

Tabela 33- Custos Operacionais para a Solução 2

i% anual		1.6%				
Periodo	0	1	...	14	15	
CashFlow	17,683.89 €	17,405.40 €	...	3,339.94 €	2,632.28 €	
VAL	17,683.89 €	35,089.28 €	...	165,933.38 €	168,565.66 €	

### 5.3 Balanço dos custos e retorno dos investimentos

A Tabela 34 resume os custos operacionais e retorno de investimentos. Ambas as soluções apresentam melhorias em relação à situação atual, ambas as soluções recuperam o seu investimento em menos de 4 anos, com vantagem para a Solução 1, no entanto a Solução 2 rapidamente compensa o seu investimento inicial mais elevado.

Tabela 34- Resumo de investimento e retorno das soluções

Solução	Operacional	Investimento	Retorno
Base	315,073.30 €	-	-
1	192,558.25 €	36,577.66 €	71,306.32 €
2	168,565.66 €	48,749.03 €	78,258.99 €

O menor custo operacional da Solução 2 leva a um maior retorno com o passar dos anos, pode-se observar na Figura 49 a acumulação anual dos custos operacionais.

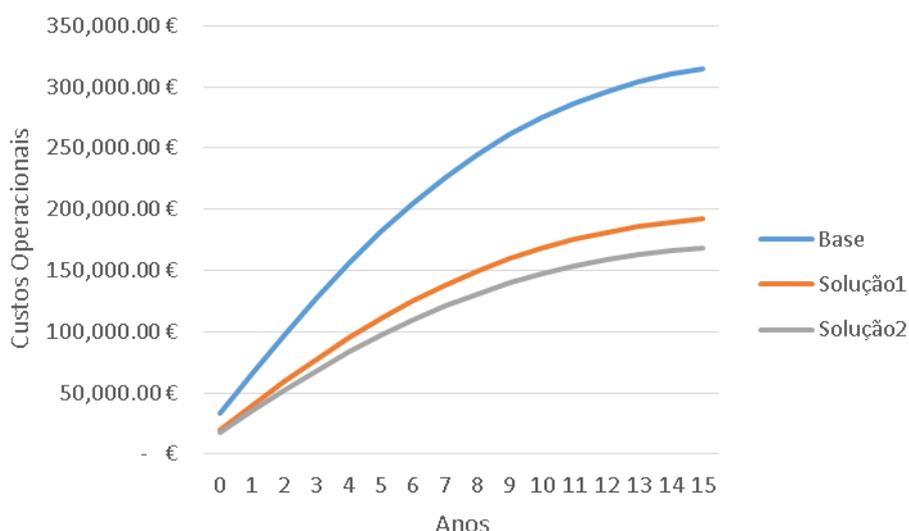


Figura 49- Comparação da evolução dos custos operacionais da Base e Soluções 1 e 2

Das soluções testadas a Solução 2 mostra-se como a solução mais eficiente para diminuição de consumo energético, e conseqüentemente a diminuição de encargos para o município. No seguinte capítulo é testada a possibilidade de satisfazer as necessidades de energia elétrica para o edifício no seu estado atual e para a Solução 2, para tal é utilizado o *software* HOMER.

## **6 Fornecimento energia renovável**

### **6.1 Sistemas de geração**

Os recursos de energias renováveis tendem a ser amplamente disponíveis, sendo mais amigos do ambiente do que os combustíveis fósseis, e sustentáveis ao longo do tempo. Algumas fontes de energia renováveis são particularmente úteis em áreas remotas onde outras fontes de energia não estão disponíveis. As vantagens para as energias renováveis são confrontadas por vários desafios. Exemplo disso são os sistemas *stand-alone* de fonte eólica e solar, estes sistemas de energia não fornecem alimentação de corrente contínua, principalmente devido às variações sazonais e intermitência da disponibilidade de vento e irradiação solar.

Uma abordagem para minimizar a intermitência das renovável passa por combinar essas duas fontes de energia, ou outras fontes, utilizando os pontos fortes de uma fonte de energia para equilibrar as fraquezas da outra (Milliken et al., 2007).

No passado, os sistemas de geração híbrida por energia solar e eólica têm sido aplicada em locais remotos, longe dos convencionais sistemas de produção, por exemplo, para as estações de comunicação. Atualmente há uma tendência a empregar sistemas de origem renovável, como a eólica, solar e hidroelétrica e combina-los em sistemas híbridos para aplicações a ligação à rede (Yang et al., 2009).

Com vista em redução de custos, bem como procurando promover o autoconsumo, foram realizadas simulações para o modelo Base e para a Solução 2. O objetivo destes testes é compreender se existe viabilidade técnica e económica para a adoção de sistemas de produção local.

### **6.2 Equipamentos**

Para se ter uma real noção dos custos do sistema, escolheu-se procurar equipamentos já existentes no mercado nacional. Como tal são analisados os equipamentos disponibilizados pela empresa Arménio Carreira, Energias Renováveis, empresa que vende todos os equipamentos necessários para soluções de produção híbrida. A escolha dos equipamentos é feita pelo benefício (potência) que estes produzem por cada euro investido, alterando a lógica de escolha do equipamento mais barato para o equipamento que mais produz pelo mesmo custo.

#### **6.2.1 Fotovoltaica**

A escolha do equipamento adequado para o caso de estudo passa pela comparação dos diferentes equipamentos disponíveis (Tabela 35). A escolha passa pela utilização do painel da EC Solar (Figura 50, Anexo VIII). Algo a ter sempre em conta quando se pensa utilizar painéis fotovoltaicos é a necessidade de integrar conversores de corrente (Tabela 36), estes devem ser escolhidos consoante a potencia solar calculada pelo *HOMER*, de modo a ajustar o conversor com as necessidades reais.

Devido a não se ter obtido valores de manutenção anual por painel, assume-se um custo de 25 €/ano/painel.

Tabela 35- Comparativo Fotovoltaico

Marca	Modelo	Potencia nominal [W]	Preço [€]	Beneficio/ Custo [W/€]
ECSolar	240W Poli	240	215.7	1.113
Solar World	250W Poli	250	281.7	0.888
Solar World	270W Mono	270	302.8	0.892
Solar World	285W Mono	285	349.4	0.816

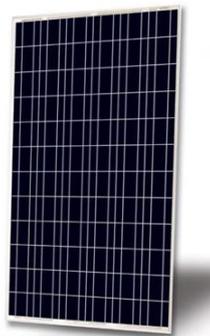


Figura 50- Painel EC Solar

Tabela 36- Comparativo Conversores

Marca	Modelo	Potencia nominal [W]	Preço [€]	Beneficio/ Custo [W/€]
Livre	300W	300	183.3	1.637
Ingecon	Sun Lite 3.0TL	3000	1322.3	2.269
Ingecon	Sun Lite 5.0TL	5000	1704.8	2.933

## 6.2.2 Turbina Eólica

A escolha das turbinas eólicas encontra-se limitada por um fator importante, a capacidade de transporte devido às suas dimensões. Desta forma, é necessário escolher um modelo que permita ser transportado com facilidade e que permita igualmente uma instalação no local sem a necessidade de maquinaria de grandes dimensões para o efeito. As turbinas analisadas primam por não passarem dos 13 metros de altura, sendo divididos por troços, podendo ser facilmente transportadas em camiões de 12 metros.

Tabela 37- Comparativo turbinas eólicas

Marca	Modelo	Potencia nominal [W]	Preço [€]	Beneficio/ Custo [W/€]
Anelion	SW 3.5	3500	16304.9	0.215
Antaris	A 3.5	3500	15276.6	0.229
Bornay	B 3.0	3000	110392.5	0.027
Hummer	H4.6	4500	10714.5	0.420

Desta forma, foi considerado como referência a turbina eólica Hummer H4.6 (Figura 51, Anexo IX), permite cumprir todos os requisitos acima mencionados.



Figura 51- Turbina eólica Hummer H4.6

## 6.3 Dados climáticos

Ambos os modelos estão sujeitos às mesmas condições climáticas, no caso, a disponibilidade de irradiação e velocidade do vento.

### 6.3.1 Irradiação

O HOMER recorre à base de dados climáticos da NASA para importar a disponibilidade de irradiação solar no local de estudo, para isso é necessário fornecer a latitude e longitude do local, como é apresentado na Figura 52.

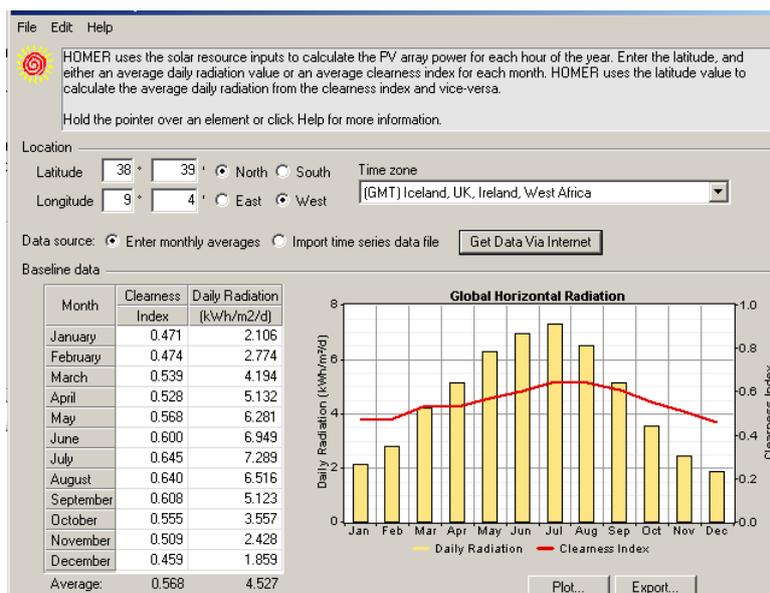


Figura 52- Irradiação solar- HOMER

Os dados de irradiação solar permitem ao *software* prever uma distribuição anual de energia solar que se pode observar na Figura 53, como é de esperar os maiores ganhos são durante os meses de verão. Também se pode observar que o *software* não prevê que seja possível atingir a capacidade de produção máxima do painel.

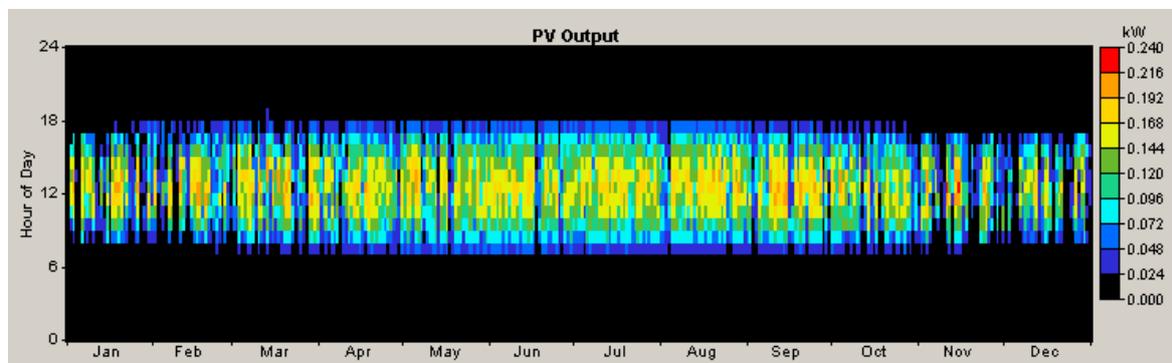


Figura 53-Disponibilidade solar

### 6.3.2 Eólica

A disponibilidade de intensidade do vento é calculada a partir de dados disponibilizados pelo LNEG (2013) (Figura 54). Os dados são relativos à cidade de Lisboa, é assumido que existirá erros da real disponibilidade no local.

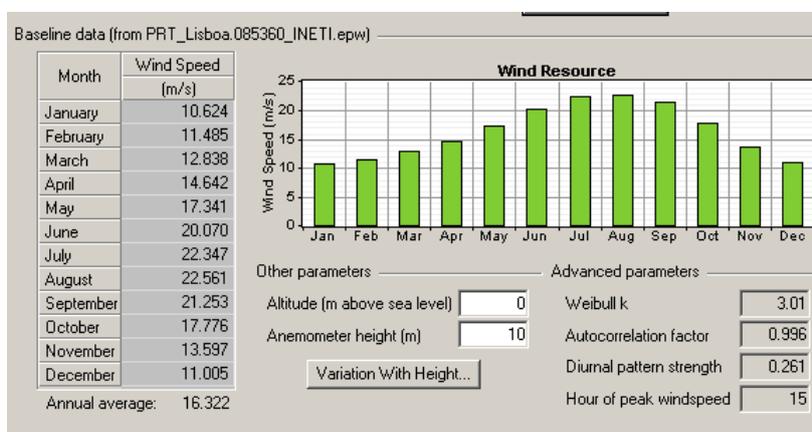


Figura 54- Intensidade eólica HOMER

A distribuição apresentada na Figura 55 mostra existir um vazio de disponibilidade eólica durante a maior parte dos dias de verão. Esse problema prende-se, potencialmente, com a velocidade do vento a passar dos 20m/s, essa é a velocidade de cut-off da turbina, não é tão grave nos meses de agosto e setembro, já que são meses de férias e as instalações não se encontram a consumir com a mesma intensidade dos meses de operação.

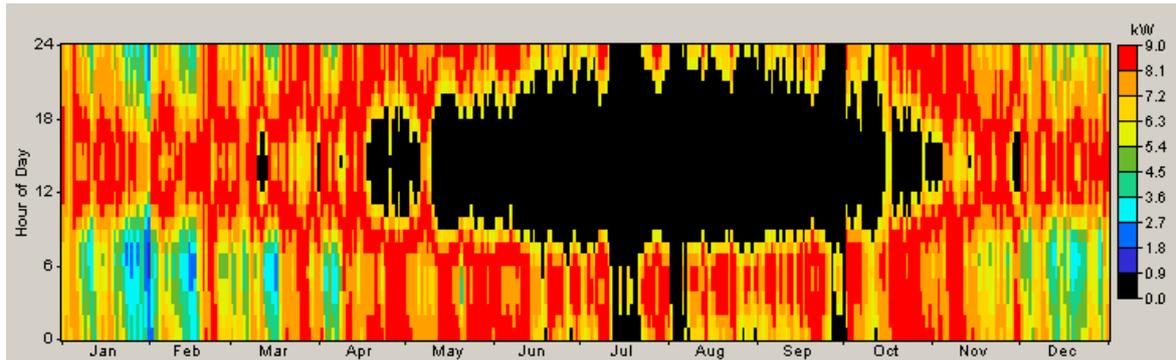


Figura 55- Disponibilidade eólica

Pela Figura 53 e Figura 55 podemos facilmente perceber o problema da intermitência dos sistemas, com a disponibilidade solar diminuída durante o inverno e a disponibilidade eólica diminuída durante o verão. Estas aparentes fraquezas individuais podem-se compensar mutuamente, esse é o grande objetivo desta análise.

## 6.4 Consumo de Eletricidade

As cargas de procura são definidas através da potência a cada hora. Esta é definida pelo perfil de consumo diário, já determinado no capítulo 4, Com base nestes valores, o programa define o consumo base e uma média diária de consumo, sendo possível definir posteriormente novos consumos de eletricidade com base no consumo base criado e num novo valor de média diária.

É necessário definir o custo do kWh para que se simule os custos com a compra de eletricidade à rede, e consequentemente as potenciais poupanças com a implementação do sistema híbrido. É possível definir os preços no separador *Grid Inputs* (Figura 56).

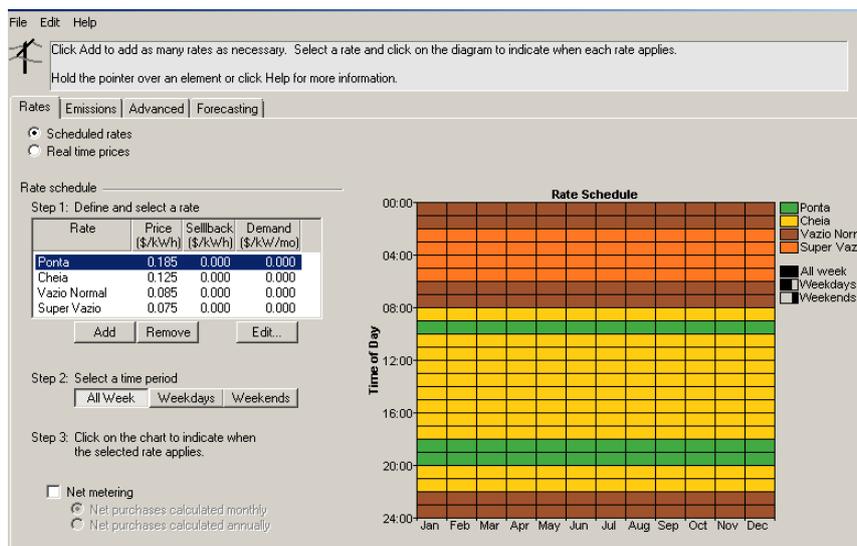


Figura 56- Tarifas HOMER

## 6.5 Modelo Base

Neste ponto é testada a opção de cobrir os gastos atuais de eletricidade a partir de sistemas híbridos, os equipamentos a utilizar são os definidos no ponto 6.2. Os perfis de consumo são os mesmos do Modelo Base no capítulo 4. A duração do projeto é de 15 anos, com uma inflação de 1.6%. Sabe-se que o consumo está calculado em 245kW/dia no Modelo Base.

### 6.5.1 Simulação

Os resultados obtidos indicam que a melhor solução passa por um sistema não híbrido, composto por três turbinas eólicas. A segunda opção apresentada é um sistema híbrido, mas com uma capacidade de 0.24kW de fotovoltaica, ou seja um painel, esta opção serve apenas para comparação.

O resultado da utilização de turbinas eólicas é encorajador, o seu custo com energia (COE) é de apenas 0.092 €/kWh, um valor 22% mais baixo do que o custo médio do kWh da rede nacional (Figura 57).

	PV (kW)	Hu4.6	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
		2		1000	\$ 21,430	6,955	\$ 139,674	0.092	0.47
	3.08	2	3	1000	\$ 26,525	6,899	\$ 143,817	0.095	0.50
				1000	\$ 0	10,642	\$ 180,913	0.119	0.00
	3.08		3	1000	\$ 5,095	10,441	\$ 182,595	0.120	0.05

Figura 57-Resultados HOMER Modelo Base

A fração do consumo elétrico satisfeita pela turbina é de 0.47, praticamente 50% de toda a energia consumida é produzida localmente (Figura 58).

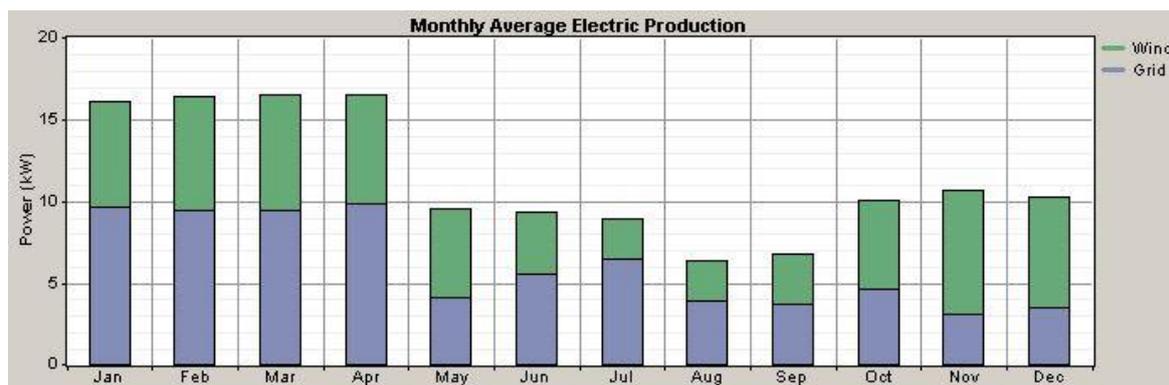


Figura 58-Fração Renovável Modelo Base

Quando comparado com o sistema atual, totalmente abastecido pela rede nacional, o sistema eólico prevê gastar ao fim dos 15 anos de projeto cerca de 140,000.00 €, este valor inclui o custo de

compra de eletricidade à rede e o custo dos equipamentos e manutenção 21,000.00 €, isto contra os 180,000.00 € previstos com a compra de energia à rede nacional pelo sistema atual (Figura 59).

O *payback* de 5 anos e 295 dias mostra que o sistema se paga antes de se atingir metade do tempo de vida do projeto.

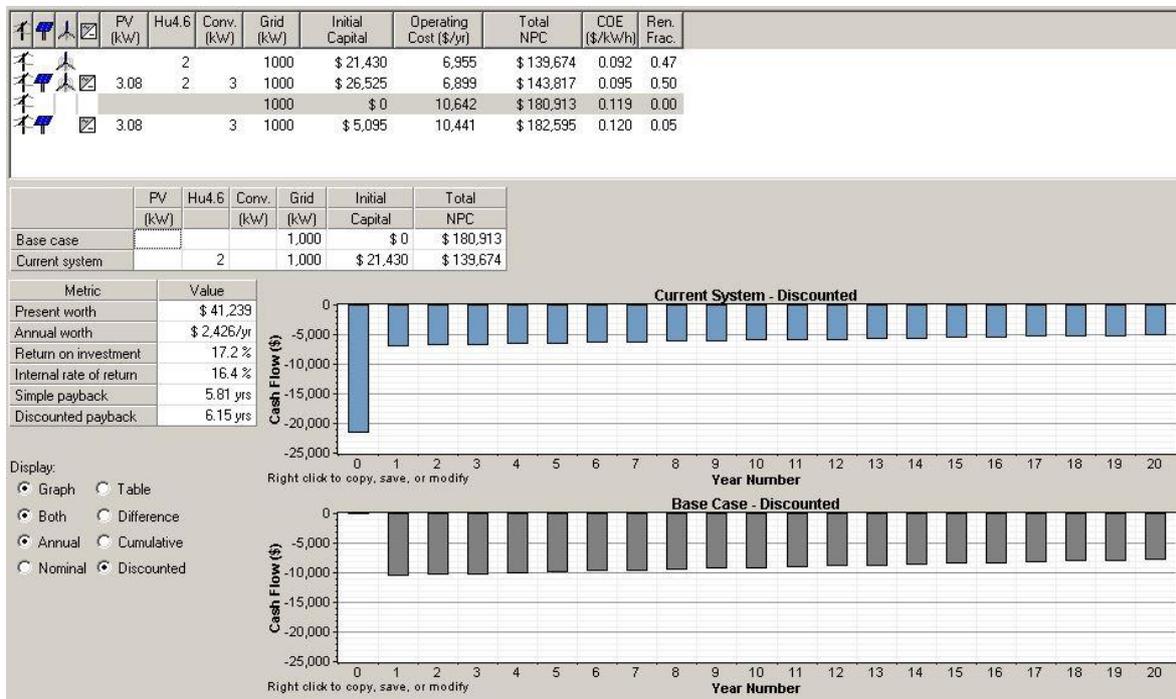


Figura 59- Análise econômica HOMER Modelo Base

## 6.6 Solução 2

### 6.6.1 Simulação

Neste ponto procura-se determinar para a Solução 2 quais são as melhores opções de produção renovável. Os perfis de consumo são os mesmos da Solução 2 no capítulo 4. A duração do projeto é de 15 anos, com uma inflação de 1.6%. Sabe-se que o consumo está calculado em 156 kW/dia.

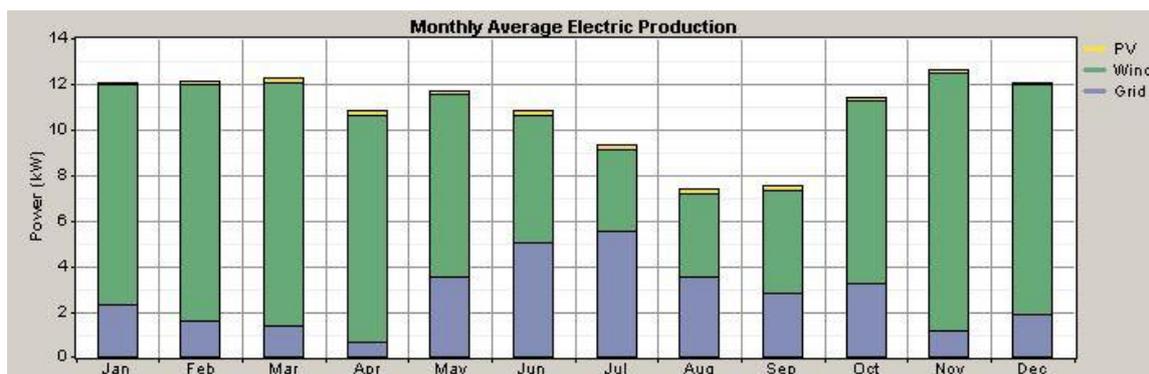
	PV (kW)	Hu4.6	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
	0.96	3	0.6	1000...	\$ 33,230	3,278	\$ 76,635	0.102	0.75
				1000...	\$ 32,142	3,360	\$ 76,637	0.102	0.74
	1.20		0.9	1000...	\$ 1,452	6,621	\$ 89,133	0.118	0.03
				1000...	\$ 0	6,776	\$ 89,728	0.119	0.00

Figura 60- Resultados HOMER Solução 2

Para esta solução o melhor sistema simulado é um sistema híbrido composto de três turbinas eólicas e um painel fotovoltaico. O custo por kWh é de 0.102 €, cerca de 15% mais baixo do que o custo de compra à rede nacional (Figura 60).

A grande alteração prende-se a 75% do consumo anual poder ser satisfeito com produção local (Figura 61). Os meses de verão são os em que se consome mais eletricidade proveniente da rede nacional. Os meses de inverno são especialmente proveitosos na disponibilidade eólica, atingindo percentagens entre os 80% e 90% de consumo coberto.

Figura 61-Fração Renovável Solução 2



Embora esta solução híbrida tenha um custo inicial superior à solução de apenas três eólicas, a cobertura média de 75% das necessidades de eletricidade permitem poupanças muito consideráveis. O sistema prevê que custe ao fim de 15 anos cerca de 76,635.00 €, isto inclui o custo de investimento inicial, custos de manutenção e custo de compra de eletricidade à rede nacional.

O *payback* está previsto para 11 anos, este sistema demora mais tempo a pagar-se do que a solução anterior, isto deve-se às menores necessidades de eletricidade da Solução 2, continua a ver uma opção viável para reduzir custos (

Figura 62).

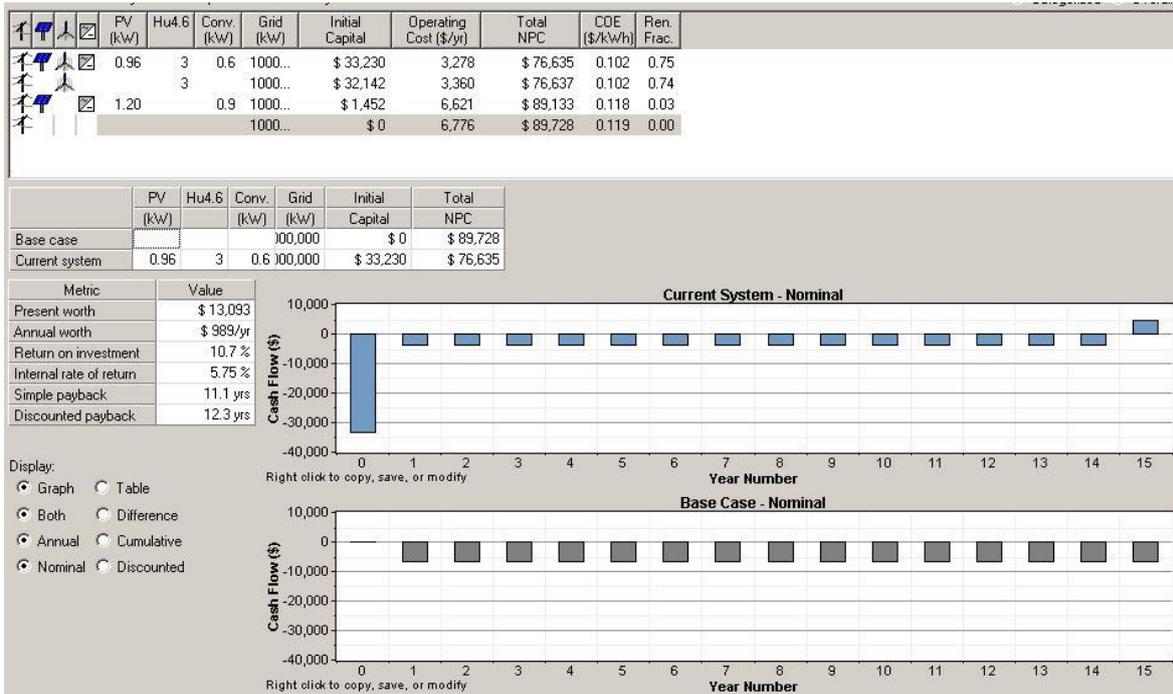


Figura 62-Análise económica HOMER Solução 2

## 7 Discussão dos Resultados

### A abordagem efetuada conseguiu atingir os objetivos?

A abordagem e metodologia utilizada permitiu rever os conceitos e abordagens e sumarizar o estado da arte, efetuar o levantamento das características e consumos energéticos da piscina de forma repartida, bem como identificar os principais consumos e analisar soluções de redução dos consumos e soluções de produção de energias renováveis e sua potencial aplicabilidade.

A tese face a outras teses já realizadas como a de Guimarães, 2010, traz já uma abordagem integrada da redução dos consumos e fornecimento de energias renováveis, bem como da sua viabilidade o que assegura uma base para decisão mais consistente e efetiva, permitindo atingir assim os objetivos de eficiência energética para a piscina.

A grande surpresa nas simulações é a fraca resposta das soluções de produção fotovoltaica, que são hoje em dia uma das referências para produção renovável. Em nenhuma das soluções calculadas a opção fotovoltaica é de grande relevância, continua a ser uma boa aposta para redução de custos com compra de energia à rede, mas não é a opção de maior potencial, já que as necessidades são mais de carácter térmico.

Grandes produções de energia por fotovoltaicas necessita de grandes áreas para serem instaladas, o que no espaço urbano é difícil. Pelos resultados obtidos, é de prever que o próximo grande equipamento a ser utilizado para produção local são as turbinas eólicas, com a sua diminuição de tamanho, custos e aumento de potência permitem obter-se grandes níveis de produção elétrica num pequeno espaço físico.

### Serão as propostas viáveis?

As propostas apresentadas para redução dos consumos energéticos e de produção local de energia por *mix*, especificamente, a instalação de um variador eletrónico de velocidade na eletrobomba, instalação de um novo sistema de climatização e aplicação de palas de sombreamento na área envidraçada do tanque (a proposta Solução 2) apontam para a redução em 51% dos consumos com energia, pode-se observar esta diferença nos diagramas Sankey apresentados na Figura 63 e Figura 64. A solução de produção de energia apontada para a Solução 2, composta por três turbinas eólicas, com uma potência nominal de 3kW, conjugadas com quatro painéis fotovoltaicos, com potência nominal de 240W cada.

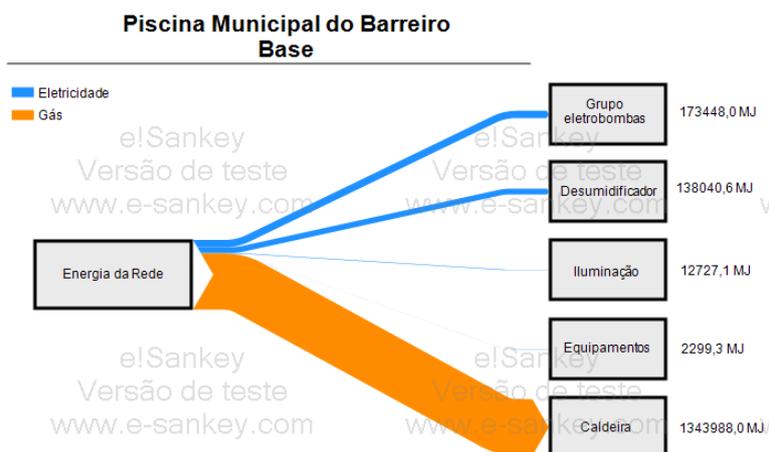


Figura 63-Diagrama Sankey Base

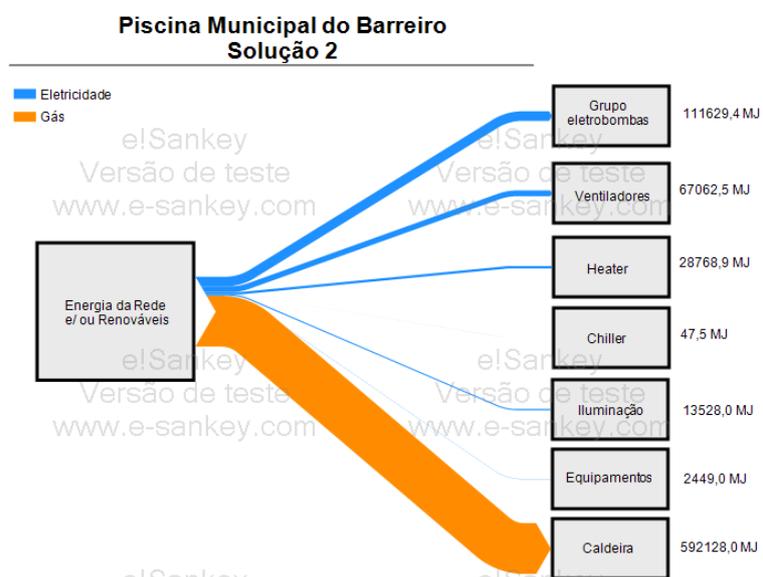


Figura 64-Diagrama Sankey Solução 2

A análise do mix energético é conclusivo e que a solução recomendada apresenta grandes possibilidades de melhoria de consumos energéticos em relação ao edifício tal como ele hoje existe. Os investimentos necessários para a implantação das soluções propostas são de 48,749.00 € para as soluções passivas e ativas abordadas no capítulo 4, e de 33,230.00 € previsto no capítulo 5 para o mix de produção de energia, totalizando um investimento total de 81,979.00 €, no entanto o retorno combinado ronda os 125,000.00 €.

Este investimento volumoso para uma autarquia em dificuldades pode ser feito por etapas, mas deve-se ter em conta a ordem pela qual estas etapas podem ser feitas, uma vez que existe uma interdependência entre os diferentes componentes da solução. O correto faseamento da adoção da solução permite obter o proveito previsto.

A primeira intervenção a ser feita é a instalação do variador eletrónico de velocidades, este pequeno equipamento permite poupanças na ordem dos 40,000.00 € ao fim de 15 anos, ao reduzir a

utilização da eletrobomba. Seguidamente deve-se investir na colocação de um novo sistema de climatização (AVAC) de forma a controlar a diferença de temperaturas entre o ar interior da nave e a temperatura da água. Em terceiro será a colocação das palas de sombreamento exteriores, estas ao limitar a irradiação direta na nave tornaram o trabalho do sistema de climatização mais eficiente.

A intervenção final deve ser o *mix* renovável, não por este não ser capaz de abastecer a solução original, pelo contrário, o dimensionamento renovável apontado como ideal para a Solução 2, de três turbinas eólicas e quatro painéis fotovoltaicos, é a mesma, exceto os painéis fotovoltaicos, apontada para satisfazer 47% das necessidades elétricas do edifício atual.

A sugestão de apenas se introduzir no fim de todas as outras intervenções o *mix* decorre da existência de lacunas de informação (ver ponto das limitações seguinte) sendo para além disso um investimento de peso.

Assim considera-se que não se deve correr o risco de se adquirir um “elefante branco”, associada à imagem que uma turbina eólica que não funciona adequadamente. Esta passa uma ideia contraproducente para o contribuinte, traz consigo consequências políticas, não apenas a direta pelo meio de votos, mas também para a gestão do município que pode tornar-se muito resistente à adoção de medidas de produção de energia, mesmo que devidamente suportadas do ponto de vista técnico e económico. Portanto, o tempo entre cada intervenção devia ser utilizado para se obter dados, de pelo menos um ano, da disponibilidade eólica e solar reais do local.

### **Eficiência energética da reabilitação da piscina com o mix energético renovável?**

A análise do balanço energético atual e com as propostas de medidas sugeridas evidencia o aumento da eficiência energética, fazendo a redução de consumos da ordem dos 51 %. No limite dos novos consumos consegue-se atingir o fornecimento de energias renováveis locais da ordem de 75 %.

### **Quais as principais limitações?**

Entre as lacunas de informação é de destacar: a falta de dados sobre o clima local, que é a base para o bom funcionamento das turbinas eólicas propostas e que é o grande contribuidor na produção da solução sugerida; falta dados de utilização da piscina bem como os dados sobre a forma de utilização dos equipamentos revelaram-se como limitações. Para superar estas limitações fez-se uma aproximação dos dados equivalentes e os utilizadores para enquadrar os pressupostos existentes.

## 8 Conclusões

Os ambientes construídos no geral e as piscinas em particular são importantes nos consumos energéticos, o que leva os responsáveis a procurar assegurar a sua eficiência energética (otimização do consumo energético) esta era a questão que se colocava na piscina da Câmara Municipal do Barreiro. A tese responde assim ao desafio colocado pela Câmara Municipal do Barreiro, que procura melhorar a eficiência dos seus edifícios e equipamentos públicos, no caso a piscina municipal do Barreiro.

A piscina tem uma área de 1485 m<sup>2</sup> e uma média de utilizadores de 4000, anualmente tem um consumo de 89440.50 kWh que custa mais 51,000 €. Inicialmente pensava-se que a redução desses custos se faria com a alteração de comportamentos por parte dos funcionários e desativação de alguns equipamentos. De modo a melhor perceber como isso poderia ser feito, iniciou-se uma série de visitas às instalações, cujo objetivo era realizar levantamentos de equipamentos, caracterização geral do edifício e conhecer os hábitos dos seus funcionários e utilizadores, criando um modelo de simulação dinâmica com o *software* energy plus e o *DesignBuilder* como interface.

Esta abordagem revelou-se bem-sucedida, pois, ao se comparar os gastos com energia previstos com os gastos reais faturados, foi notório como o modelo criado estava próximo da realidade, com os custos entre o modelo criado e a gastos reais a ter um erro de aproximadamente 3%.

A partir do modelo foi possível identificar onde se consome mais energia elétrica, neste caso a eletrobomba (48180 kWh, 53% do total) e o desumidificador (38344 kWh, 38% do total). Foram portanto, a nível elétrico, estes os pontos de focos para a determinação de soluções.

O modelo em *DesignBuilder* não possibilita a simulação de uma piscina, mais propriamente a evaporação que ocorre num espaço onde se encontra um grande tanque de água. No entanto os dados de comportamento térmico por irradiação no espaço foram de grande utilidade para determinar, com base na norma NP 4448, as perdas e ganhos térmicos no tanque, e assim determinar a energia necessária, em forma de gás, necessária para compensar as perdas. Uma vez mais os resultados estão dentro dos gastos reais.

Deve-se realçar que devido à falta de quaisquer equipamentos de medição torna todo este exercício fundamentalmente teórico, não sendo possível realizar comparações diretas do calculado com a realidade. Isto é especialmente preocupante nos gastos de gás pois não existe maneira de se ter a certeza dos consumos no tanque. A falta de contadores nos circuitos do tanque e balneários não permite determinar se as quantidades calculadas de energia necessária para o tanque estão dentro do real, ou, pelo contrário, muito fora do real. Isto leva a possíveis erros de conceção do sistema de AVAC para o interior da nave, podendo este ser sobredimensionado ou subdimensionado, com os gastos que isso implica.

Com a determinação de uma solução que cumprisse o objetivo de reduzir os consumos totais de energia, foi proposto estudar a utilização de sistemas híbridos no abastecimento de eletricidade para o edifício, com comparação na sua configuração atual.

O trabalho desenvolvido com a determinação dos perfis de utilização do edifício (capítulo 4) permitiu poupar tempo para o estudo das soluções de *mix* energético. A utilização de equipamentos já existente no mercado permite ter uma melhor noção do que é realisticamente possível obter em termos de produção, algo de grande importância neste estudo, uma vez que para além de uma experiência académica é também um projeto que se pretende que seja implementado no edifício real.

Claro que para o sucesso de qualquer tipo de *mix*, é necessário que o clima local seja apropriado para cada tecnologia. Neste caso as previsões de disponibilidade eólica são baseadas para a cidade de Lisboa. Embora seja na margem norte do rio Tejo, não se pode ter 100% de confiança de que o padrão se repete na cidade do Barreiro, pelo que as nossas recomendações passam por medidas de medição, a dois níveis:

Ao nível do edifício da piscina:

- Para melhor se conhecer os gastos devem ser instalados contadores, de eletricidade e gás, no início de cada circuito (iluminação, AVAC, eletrobombas, tomadas, tanque e balneários) com contagem eletrónica.
- Meios de medição das temperaturas do ar, água e humidade relativa, que sejam automáticos.
- Sistemas de controlo de entrada de utentes, de modo a se conhecer o perfil de ocupação.

Ao nível climático:

- Medição automática da irradiação e intensidade eólica diária.

À presente data os estudos de melhoria de eficiência, e conseqüentemente, de produção local de energia, não estão concluídos, pelo que estão ainda faltam estudos mais conclusivos sobre o controlo de humidade no interior do tanque ao longo do ano. Ainda não foi analisada a qualidade de ar interior, não apenas a do tanque, mas também o das zonas técnicas e administrativas, onde os funcionários se queixam de temperaturas extremas ao longo do ano e rápida saturação do ar.

Prevê-se o início de um estudo mais aprofundado com uma empresa da especialidade para o dimensionamento do novo sistema de AVAC, que deverá utilizar uma solução técnica diferente daquela que aqui foi descrita (VAV). Por fim, pretende-se estudar a substituição da caldeira a gás por um sistema que utilize energia elétrica, cuja origem terá de ser maioritariamente renovável.

**Como desenvolvimentos futuros em termos académicos recomenda-se:**

O aprofundamento de soluções passivas para piscinas e desenvolvimento de modelos de otimização integrados para a gestão do dia-a-dia e o aprofundamento dos estudos locais climáticos para suportar as soluções de energia eólica, bem como modos de potenciar a utilização de um *mix* energético, que considere a geotermia e outros como biomassa mesmo que de forma complementar.

## Referências

- ADENE - Agência para a energia. (2015). “Eficiência Energética.” <http://www.adene.pt/eficiencia-energetica>. Acedido em 2015-1-30
- Almeida, A., Gomes, A., Patrão, C., Ferreira, F., Marques, L., Fonseca, P., Behnke, R. (2007). Manual Técnico de Gestão de Energia, ISR MVV Consulting - Universidade de Coimbra.
- APIRCA. (2014). Circular nº38/2014, Extinção da permissão da utilização de fluidos frigorigéneos reciclados, que contribuem para a destruição da camada de ozono, HCFC (R22 e outros). Lisboa.
- Aragão, L. (2006). Qualidade e sustentabilidade de complexos aquáticos. Estratégias para o futuro. Piscinas XXI e Instalações Desportivas.
- Arribas L. Bopp G. Vetter M. Lippkau A. Mauch K (2011). World- wide overview of design and simulation tools for hybrid PV systems. IEA PVPS Task 11, Report IEA- PVPS T11, 2011.
- Asdrubali, F. (2009). A scale model to evaluate water evaporation from indoor swimming pools. Energy and Buildings.
- ASHRAE Fundamentals Handbook (2001). Chapter 6: Psychometrics. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc (2001), Atlanta, Estados Unidos da América.
- Barata, Nuno, (2012). “Ferramentas de Estimativa de Poupança Energética em Motores Industriais com Variadores de Velocidade”. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia
- Baker, N. e Steemers, K. (1992). Energy in Architecture: The European Passive Solar Handbook. 1992, London.
- Barbosa, H. (2007). III Congresso da Associação Portuguesa de Profissionais de Piscinas, Instalações Desportivas e Lazer Boletim Informativo da Associação Portuguesa de Profissionais de Piscinas , Instalações Desportivas e Lazer, Outubro -Dezembro.
- Beleza, V. (2009). Medidas Fundamentais para a Eficiência Energética e Qualidade da Água em Piscinas.
- Beleza, V. M., Santos, R., & Pinto, M. (2007). Piscinas: tratamento de águas e utilização de energia. Porto: Fundação Instituto Politécnico do Porto.
- Castronuovo E, Martinez J, Crespo J, Usaola J (2007). Optimal controllability of wind generation in a delegated dispatch. Electric Power Systems Research, 2007, Madrid, Espanha.
- CE - European Commission (2015). “Energy Strategy Secure, Competitive, and Sustainable Energy - European Commission.” <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy>. Acedido em 2015-10-20.

- CE - Comissão Europeia (2010). Energia 2020- Estratégia para uma energia competitiva, sustentável e segura. SEC, 2010, Bruxelas.
- Celik AN (2002). Optimization and techno-economic analysis of autonomous photovoltaic–wind hybrid energy systems in comparison to single photovoltaic and wind systems. *Energy Conversion Management*, 2002, Hatay, Turquia.
- Celik AN (2003). Techno-economic analysis of autonomous PV and wind hybrid energy systems using different sizing methods. *Energy Conversion Management*, 2003, Hatay, Turquia.
- Chivetta, C. (2004). Air Apparent. *Athletic Business*. <http://www.athleticbusiness.com/aquatic/air-apparent.html>. Acedido em 2015-10-27
- CNQ 23/93 (1993). Directiva CNQ 23/93, A Qualidade nas Piscinas de Uso Público. Conselho Nacional da Qualidade. Lisboa.
- Costa, C. (2000). Qualidade e Piscinas. In A. Correia (Ed.), *Serviços de Qualidade no Desporto. Piscinas, Polidesportivos e Ginásios*. 2000, Ministério da Juventude e do Desporto, Lisboa.
- Costa, C. (2007). Planear, projectar, construir e gerir piscinas públicas. Os serviços de consultoria. *Piscinas XXI e Instalações Desportivas*.
- Cunha, Márcio Manuel Ferreira (2005) “Vãos Envidraçados. Geometria de Insolação – Optimização de elementos de protecção solar”, F.E.U.P., *Tecnologias de Fachadas – X Mestrado em Construção de Edifícios*, Porto.
- Dalton GJ, Lockington DA, Baldock TE (2008). Feasibility analysis of stand-alone renewable energy supply options for a large hotel. *Renewable Energy*, 2008, Brisbane, Austrália.
- Diaf S, Notton G, Belhamel M, Haddadi M, Louche A (2008). Design and technoeconomical optimization for hybrid PV/wind system under various meteorological conditions. *Applied Energy*, 2008, Ajaccio, França.
- Dufo-López R, Bernal-Agustín JL (2005). Design and control strategies of PV–diesel systems using genetic algorithms. *Solar Energy*, 2005, Zaragoza, Espanha.
- Fazelpour, F., Soltani, N., & Rosen, M. a. (2014). Feasibility of satisfying electrical energy needs with hybrid systems for a medium-size hotel on Kish Island. *Energy*, 2014, Irão,
- Ferreira J. Pinheiro M. (2011). In search of better energy performance in the Portuguese buildings- The case of the Portuguese regulation. *Energy Plocy*, IST, 2011, Lisboa, Portugal.
- Gallardo, L., & Jiménez, A. (2004). *La gestión de los servicios deportivos municipales. Vías para la excelência*. Barcelona: INDE.

- Goulding, Jonh R., Lewis, J. Owen e Steemers, Theo C. 1993. *Energy in Architecture - The European Passive Solar Handbook*. 1993, London.
- Guimarães, Bruno Miguel Alves (2010). "Piscinas: Consumos Energéticos Associados e a Aplicação de Energias Renováveis. Estudo de Caso Realizado Em Estabelecimento de Ensino Privado." Universidade do Porto. Faculdade de Desporto.
- Katsaprakakis, Dimitris (2015). "Comparison of Swimming Pools Alternative Passive and Active Heating Systems Based on Renewable Energy Sources in Southern Europe." *Energy* 81 (March): 738–53. doi:10.1016/j.energy.2015.10.1.
- Knight KM, Klein SA, Duffie JA (1991). *A methodology for the synthesis of hourly weather data*. Solar Energy, 1991.
- LNEG (2011). Dados da Intensidade media do vento para Lisboa. Disponível no site da LNEG.
- Lourenço, Carla (2013). "Enquadramento Legislativo Do Aproveitamento Dos Recursos Geotérmicos." *1º Seminário Da Plataforma Portuguesa de Geotermia Superficial - PPGS*. [http://www2.adene.pt/pt-pt/Destaques/Documents/Apres-PPGS/S1\\_2\\_CarlaLourenco\\_DGEG.pdf](http://www2.adene.pt/pt-pt/Destaques/Documents/Apres-PPGS/S1_2_CarlaLourenco_DGEG.pdf).
- Lourenço, J. (2007). Clube Fluvial Portuense: Unidades desumificadoras ETT eleitas como a melhor solução para o tratamento do ar. Piscinas XXI e Instalações Desportivas.
- Luis R. (2007). Climatização, conceção, instalação e condução de sistemas.
- Milliken J, Joseck F, Wang M, Yuzugullu E. (2007). The Advanced Energy Initiative. *Jornal of Power Sources*.121- 131, 2007, San Francisco.
- Ngan MS, Tan CW (2012). Assessment of economic viability for PV/wind/diesel hybrid energy system in southern Peninsular Malaysia. *Renewble and Sustainsble Energy Reviews* 2012, Johor, Malásia.
- Onur F, Nezh O, Kurban M (2009). The effect of model generated solar radiation data usage in hybrid (wind – PV) sizing studies. *Energy Conversion and Management*, 2009, Afyonharahisar, Turquia.
- Osinski, A. (1997). *Aquatic Facilities*. In M. L. W. D. K. Stotlar (Ed.), *Sport Facility Management*. London: Jones and Bartlett Publishers.
- Pinto, A. (2002). *Conservação e reabilitação de edifícios recentes – Reabilitação Térmica e Energética dos Vãos envidraçados da Envolvente dos Edifícios*. LNEC, 2002, Lisboa.
- Pires, P., & Sarmiento, J. P. (1999a). Estudo da rentabilização social e económica das piscinas do Baixo Vouga (distrito de Aveiro) e do perfil de competências e funções do gestor das mesmas piscinas. *Revista Horizonte*.
- Pires, P., & Sarmiento, J. P. (1999b). *Piscinas: Rentabilização Social e Económica*. Nadar.
- Santos, C.P., Matias, L.M.C. *Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. ITE 50. Lisboa: LNEC, 2006.

- Sarmiento, J. P. (2004). A Interdependência na Gestão de Instalações. A “Interdependência” como fator de Gestão.: [http:// forumolimpico.org](http://forumolimpico.org). Acedido em 2015-10-21
- Shah, M. M. (2003). Prediction of evaporation from occupied indoor swimming pools. *Energy and Buildings* (35), 707-713
- Shah, M. M. (2004). Calculating evaporation from indoor water pools. An evaluation of available methods and recommendations for their use. *HPAC Engineering*, March (1), 21-26.
- Slootweg JG, Kling WL (2003). The impact of large scale wind power generation on power system oscillation. *Electric Power Systems Research*, 2003, Delft, Holanda.
- Soares, S. (2004). Tratamento do Ar e da Água de Piscinas Públicas. Manual para técnicos de actividades aquáticas: Xistarca, Promoções e Publicações Desportivas, Lda Lisboa
- Sociedade Balnear Alemã (1988). Gestão económica em piscinas cobertas e de ar livre. Relatório de experiências da responsabilidade da Sociedade Balnear Alemã.: Tradução e Edição pelo Ministério da Educação. Direcção Geral dos Desportos. Lisboa, Portugal.
- Souza, A., & Guerra, J. C. (2007). Sustentabilidade e economia usando energia solar: aquecimento da piscina da UTFPR.
- Trianti-Stourna, E., Spyropoulou, K., Theofylaktos, C., Droutsas, K., Balaras, C. A., Santamouris, M. (1998). Energy conservation strategies for sports centers: Part B. Swimming pools. *Energy and Buildings*.
- Trianti-Stourna, E., Spyropoulou, K., Theofylaktos, C., Droutsas, K., Balaras, C. A., Santamouris, M., (1998). Energy conservation strategies for sports centers: Part B. Swimming pools. *Energy and Buildings*.
- US Department of Energy. (2009). Swimming Pool Covers. <http://energy.gov/energysaver/swimming-pool-covers> Acedido em 2015-10-22
- Valente LCG, Almeida SCAD (1998). Economic analysis of a diesel/photovoltaic hybrid system for decentralized power generation in northern Brazil. *Energy*, 1998, Rio de Janeiro, Brasil.
- Yang, Ming, and Xin Yu (2015). *Energy Efficiency: Benefits for Environment and Society (Green Energy and Technology)*. Springer.
- Yang HX, Zhou W, Lu LL, Fang ZH (2008). Optimal sizing method for stand-alone hybrid solar wind system with LPSP technology by using genetic algorithm. *Solar Energy*, 2008, Hong Kong, República Popular da China.
- Zhou W, Lou C, Li Z, Lu L, Yang H (2010). Current status of research on optimum sizing of stand-alone hybrid solar and wind power generation systems. *Applied Energy*, 2010, Hong Kong, República Popular da China.

Zoulias EI, Lymberopoulos N (2007). Techno-economic analysis of the integration of hydrogen energy technologies in renewable energy based stand-alone power systems. *Renewable Energy*, 2007, Pikerni, Grécia.

## **Anexos**

Lista dos anexos:

Anexo I- Circular nº 38/2014

Anexo II- Orçamento Brick-Steel

Anexo III- Mapa de custos médios anuais de Eletricidade

Anexo IV- Mapa de custos médios anuais de Gás

Anexo V- Ficha de produto- ATV61HU55N4Z

Anexo VI- Ficha de produto Baxiroca SGB 300

Anexo VII- Ficha de produto Eletrobomba Atual

Anexo VIII- Ficha de produto EC Solar 240

Anexo IX- Ficha de produto Hummer H4.6

Anexo X- Catálogo comercial Daikin- Rooftops



## Circular nº 38/2014

14 de Outubro de 2014

**Assunto: Extinção da permissão da utilização de fluidos frigorigéneos reciclados, que contribuem para a destruição da camada de ozono, HCFC (R22 e outros), a partir de 01 de Janeiro de 2015**

Caros Associados,

O Regulamento (CE) n.º 1005/2009, de 16 de Setembro, transcrito para o direito nacional pelo Decreto-lei n.º 85/2014 (Ver Circular da APIRAC n.º 26/2014, de 27 de Maio), determina no art.º 11.º, n.º 4, a permissão até 31 de Dezembro de 2014 da utilização de hidroclorofluorocarbonetos reciclados para fins de manutenção ou reparação de equipamento existente de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor, tal como aqui se transcreve:

“4. Até 31 de Dezembro de 2014, é autorizada a utilização de hidroclorofluorocarbonetos reciclados para fins de manutenção ou reparação de equipamento existente de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor, desde que tenham sido recuperados desse equipamento e possam ser utilizados apenas pela empresa que tenha procedido à recuperação como parte da manutenção ou reparação ou em relação ao qual a recuperação fazia parte da manutenção ou recuperação”.

A APIRAC alerta mais uma vez os seus associados para esta situação, aconselhando a prevenirem os vossos clientes desta condicionante que pode determinar, no caso de fuga de fluido ou de intervenção para reparação,

- ➔ a necessidade da recuperação para destruição dos gases ODS (R22 e outros da família dos HCFC) e sua substituição por substância alternativa,

- ➔ ou, mesmo, determinar o abate do equipamento se não houver fluido de substituição compatível,

pois constitui contra-ordenação muito grave, conforme determinado no art.º 16.º, n.º 1, alínea l), do Decreto-Lei n.º 85/2014, a não observância do disposto no do art.º 11.º n.º 4, do citado Regulamento.

No entanto, esclareça-se que não é obrigatória a substituição do fluido frigorigéneo em causa (HCFC-R22 ou outros da mesma família de fluidos), desde que este não apresente fuga ou que não seja alvo de intervenção no circuito frigorífico por necessidade de manutenção ou reparação.

Como comprovativo, transcrevemos a FAQ n.º 17 da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), sobre as Políticas da Protecção da Camada de Ozono:

*17. Qual o prazo de utilização de equipamentos contendo HCFC?*

*Os equipamentos que contenham ou dependam de HCFC, como é o caso do R22, podem continuar a funcionar após 31-12-2014. Contudo, a partir desta data e independentemente da quantidade de fluido frigorigéneo presente no equipamento, não será possível efectuar a manutenção desses equipamentos com utilização de substâncias regulamentadas.*

*Assim, não é possível utilizar HCFC revalorizados ou reciclados para fins de manutenção e reparação dos equipamentos e para qualquer outro tipo de manutenção é preciso ter em conta o artigo 6.º do Regulamento n.º 1005/2009, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Setembro de 2009, que proíbe a colocação no mercado de produtos e equipamentos que contenham substâncias regulamentadas ou delas dependam.*

*Deste modo, os equipamentos que contenham ou dependam de HCFC, como é o caso do R22, podem ser sujeitos a detecção de fugas após 31-12-2014, e quando deixarem de operar (devido às proibições acima mencionadas), podem ser convertidos (enchimento com substância que não seja ODS), ou desmantelados. Se os equipamentos não necessitarem de manutenção, podem operar indefinidamente, não sendo obrigatório substituir o referido gás até ao final de 2014.*

## Anexo II- Orçamento Brick-Steel



**PROPOSTA Nº 115/15**

**RESPONSÁVEL:** Paulo Camelo

**CLIENTE:** Câmara Municipal do Barreiro

**Data:** Pinhal Novo, 17 de Outubro de 2015

*De acordo com o solicitado, apresentamos a nossa proposta para:*

**V/ Obra: Estruturas de sombreamento exterior**

### **DESCRIÇÃO DE TRABALHOS/SERVIÇOS**

Exm. Sr. Eng. Nuno Delgado,

Vimos pela presente forma apresentar-vos a nossa proposta para fornecimento e instalação de estrutura de palas de sombreamento exteriores, de acordo com o mapa de quantidades anexo e dados por vós enviados.

**Valor Global da proposta €12.171,37**

**Condições de pagamento:** 30% com adjudicação e restante 30 dias após fim dos nossos trabalhos.

**Prazo de entrega/Conclusão:** A combinar.

**Local de entrega/Execução:** Sobralinho, Alverca.

**Validade da proposta:** 30 Dias

**Desenhos/ou elementos:** Por vós fornecidos.

### Anexo III- Mapa de custos médios anuais de Eletricidade

Média	Energia Activa Vazio [kWh]	Energia Activa Super Vazio [kWh]	Energia Activa Ponta [kWh]	Energia Activa Cheia [kWh]	Energia Reactiva Consumida [kVAh]	Energia Activa Total [kWh]	Custo Energia Activa [€]	Custo Energia Reactiva [€]	Custo Energia Consumida [€]	Custo com Taxas [€]	Custo Final [€]
Janeiro	3808.00	643.33	2179.00	4380.33	3785.33	11010.67	1,152.76 €	87.54 €	1,240.30 €	834.06 €	2,074.37 €
Fevereiro	2365.33	894.33	1810.67	4224.00	3771.67	9294.33	946.03 €	85.40 €	1,031.43 €	728.49 €	1,759.92 €
Março	2048.33	761.33	2122.00	3405.00	3119.67	8336.67	777.67 €	72.70 €	850.37 €	610.31 €	1,460.68 €
Abril	2305.00	803.33	1495.33	3617.67	3212.00	8221.33	820.02 €	71.85 €	891.87 €	638.47 €	1,530.34 €
Maió	1638.67	816.00	1153.00	2980.67	2554.33	6588.33	657.78 €	57.21 €	714.99 €	509.43 €	1,224.41 €
Junho	1581.33	964.00	1266.00	3264.67	2752.67	7076.00	711.16 €	55.67 €	766.83 €	554.46 €	1,321.29 €
Julho	1487.00	914.00	1154.67	3084.00	2567.00	6639.67	668.47 €	51.60 €	720.07 €	518.96 €	1,239.03 €
Agosto	929.33	836.50	969.50	2611.50	2287.00	5346.83	566.75 €	51.64 €	618.39 €	463.25 €	1,081.64 €
Setembro	1233.67	723.67	1071.00	2158.33	1922.67	5186.67	496.87 €	46.71 €	543.58 €	415.54 €	959.12 €
Outubro	1025.67	585.33	825.67	2248.00	1879.67	4684.67	481.34 €	39.49 €	520.83 €	406.69 €	927.52 €
Novembro	1717.67	1016.00	1535.00	3722.00	3375.33	7990.67	819.83 €	80.11 €	899.94 €	641.00 €	1,540.94 €
Dezembro	1607.00	946.00	1593.67	3760.00	3187.67	7906.67	821.70 €	61.22 €	882.91 €	646.31 €	1,529.23 €
Total Anual	21747.00	9903.83	17175.50	39456.17	34415.00	88282.50	8,920.40 €	761.13 €	9,681.52 €	6,966.96 €	16,648.48 €
					Percentagem do custo final		58%	5%	62%	45%	100%

## Anexo IV- Mapa de custos médios anuais de Gás

Média	Consumo [m3]	Mensal [kWh]	Dias	[kW/h]	Preço [€/kW]	Valor [€]	Taxas [€]	Factura [€]
Janeiro	6417.33	96093.33	29.67	229.33	0.05	4512.33	951.49€	5,463.83€
Fevereiro	7929.00	93429.67	31.33	213.87	0.06	5361.49	828.36€	6,189.85€
Março	5319.67	63457.00	29.33	154.56	0.06	3609.90	594.01€	4,203.91€
Abril	3821.00	45783.67	32.33	101.52	0.06	2628.86	608.44€	3,237.30€
Maior	2941.67	34822.67	29.33	86.48	0.06	2004.21	727.51€	2,731.71€
Junho	1637.33	19223.67	30.33	45.00	0.06	1111.53	420.13€	1,531.66€
Julho	261.00	3018.67	29.67	7.49	0.06	175.32	361.59€	536.91€
Agosto	153.33	1808.67	30.00	4.49	0.06	96.29	424.41€	520.70€
Setembro	0.67	72.33	31.33	0.17	0.04	4.46	439.73€	444.19€
Outubro	1844.00	21715.00	30.00	50.68	0.06	897.87	336.02€	1,850.83€
Novembro	5088.00	60280.67	28.00	153.78	0.06	3662.16	1,104.23€	4,766.39€
Dezembro	4065.00	47924.00	32.33	110.64	0.06	2992.75	952.16€	3,944.91€
Total Anual	38863.33	480391.00	363.67	1158.00		27057.15	7,748.08€	34,805.23€

## Anexo V- Ficha de produto- ATV61HU55N4Z

### Ficha de produto Características

## ATV61HU55N4Z

variador de velocidade ATV61 - 5.5kW 7.5HP -  
500V - filtro CEM - IP20

Preço\*: 1040 EUR



### Principal

Situação comercial	Comercializado
Gama de produtos	Altivar 61
Tipo de produto ou componente	Propulsor de velocidade variável
Aplicação específica do produto	Máquina de bombagem e ventilação
Nome do componente	ATV61
Alimentação do motor kW	5,5 kW 3 Fases a 380...480 V
Alimentação do motor hp	7,5 cv 3 Fases a 380...480 V
[Us] tensão de alimentação nominal	380...480 V (- 15... 10 %)
Número de fases da rede	3 Fases
Corrente da rede pública	20.3 Um para 380 V 3 Fases 5,5 kW / 7,5 cv 17 A para 480 V 3 Fases 5,5 kW / 7,5 cv
Filtro EMC	Filtro EMC de nível 3
Variante	Sem terminal gráfico remoto
Estilo de montagem	Com dissipador
Potência aparente	13.4 kVA para 380 V 3 Fases 5,5 kW / 7,5 cv
Linha potencial Isc	22 kA 3 Fases
Corrente momentânea máxima	17.1 A para 60 s 3 Fases
Frequência de comutação nominal	12 kHz
Frequência de comutação	12...16 kHz com fator de degradação 1...16 kHz ajustável
Perfil de controlo de motor assíncrono	Relação tensão / frequência, 2 pontos Relação tensão / frequência, 5 pontos Fluxo de controlo do vetor sem sensor, padrão Tensão / relação de frequência - Economia de Energia, quadrático U / f
Perfil de controlo de motor síncrono	Controle vectorial sem sensor, padrão
Protocolo da porta de comunicação	CANopen Modbus
Tipo de polarização	Sem impedância para Modbus
Placa de opção	Profibus DP V1 placa de comunicação Profibus DP placa de comunicação Placa multibomba Modbus/Uni-Telway placa de comunicação Modbus TCP placa de comunicação Modbus Plus placa de comunicação METASYS N2 placa de comunicação LonWorks placa de comunicação Interbus-S placa de comunicação Placa de extensão de E/S Fipio placa de comunicação Ethernet/IP placa de comunicação DeviceNet placa de comunicação Placa programável dentro do controlador CC-Link placa de comunicação BACnet placa de comunicação APOGEE FLN placa de comunicação

## Anexo VI- Ficha de producto Baxi-roca SGB 300

# Generadores de media y alta potencia Calderas a gas

## Calderas de condensación Eurocondens SGB E

Calderas de fundición de 125 a 610 kW de potencia útil, para instalaciones de Calefacción por agua caliente hasta 6 bar. Posibilidad integral de conexión doble en cascada homologada como un único generador.

### Características principales

- Cuadro de control digital y amplia pantalla LCD retroiluminada, con fácil y clara visualización del funcionamiento de la caldera en todo momento, con el sistema de regulación modular Multilevel Plus, que se anticipa a las necesidades térmicas de la instalación trabajando en base a la temperatura externa medida por la sonda exterior suministrada y adaptándose a ella mediante un funcionamiento modulante.
- Baja emisión de NOx. Mejor que Clase 5.
- Quemador premix con encendido electrónico y control de llama por sonda de ionización.
- Compacto intercambiador de calor de alta eficiencia y elevada conductividad térmica, de aleación en aluminio - silicio.
- Alto Rendimiento (★★★★). Valores instantáneos superiores a 106% y estacionales de 109%.
- Modulación electrónica de la potencia mediante ventilador con velocidad variable.
- Excelente rango de modulación (16-100%) (\*).
- Bajo nivel de ruido.
- Sistema exclusivo de mezcla aire/gas en el propio ventilador para una óptima calidad de combustión.
- Posibilidad de funcionamiento con toma de aire ambiente o independiente (estanco).
- Versatilidad de conexiones en la salida de humos: superior o posterior.
- Conexión superior, posterior o lateral de la entrada de aire.
- Conexiones hidráulicas superiores.
- Diseño compacto con una reducida superficie en planta.
- Posibilidad de ampliación de potencia mediante instalación de hasta 15 calderas en cascada.
- Reducida pérdida de carga hidráulica.
- Elevada resistencia a la corrosión y alta durabilidad de los distintos componentes.
- Control de temperatura mediante sonda exterior con amplias posibilidades de regulación de serie y cuatro programas horarios para dos circuitos de calefacción, ACS, recirculación ACS, con la gestión de cascada integrada en el propio cuadro de control.
- Preparada para control de zonas de baja temperatura, con posibilidad de gestión de instalaciones con diferentes zonas de temperatura mediante accesorios de regulación.
- Gestión de un circuito ACS por acumulación y de recirculación, incluido en la regulación de serie.
- Posibilidad de ajuste de distintos niveles de prioridad de ACS.
- Función antilegionela incluida, con posibilidad de ajuste del día, hora, temperatura y duración de la función.
- Fácil y rápida conexión hidráulica, eléctrica y del sistema aire/humos.
- Envoltorio de color blanco.

### Forma de suministro

#### Toda la gama Eurocondens SGB E

- Las calderas se suministran en un solo bulto, completamente montadas y prerreguladas de fábrica. Incluye sonda exterior.

### NOTA:

- La gama Eurocondens SGB E se comercializa solamente en los mercados de España y Portugal.
- Disponibles en gas natural y gas propano para los modelos de 125 a 300 kW, sin necesidad de kit de conversión. Disponibles sólo en gas natural para los modelos a partir de 400 kW.



### Suministro opcional

- Accesorios hidráulicos y de evacuación para la conexión de dos calderas en cascada.
- Reguladores climáticos programables, específicos de la gama, con hilos e inalámbrico.
- Módulo de comunicación y telegestión remota específico de la gama para el control de una o varias calderas en cascada desde PC o Smartphone.
- Accesorios de control y regulación para la gestión integral de la instalación.
- Filtros de aire.
- Equipo neutralizador de condensados.
- Gama de accesorios para el sistema de conductos de evacuación y aporte de aire.
- Grupos de seguridad.

### Características Técnicas comunes a todos los modelos

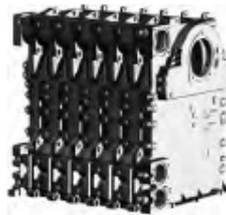
- Rendimiento estacional: 109,7 %
- Alto rendimiento: ★★★★★ según Directiva 92/42/CEE
- Potencia Calefacción: Modulante entre 16 y 100% (\*)
- Sistema regulación: Electrónico
- Cuadro de control: Digital
- Encendido: Electrónico automático
- Control de llama: Sonda Ionización
- Presión máx. de servicio circuito Calefacción: 6 bar
- Temperatura regulación: 30 °C - 80 °C
- Emisiones contaminantes:
- Nivel CO: ≤15 mg/kWh
- Nivel NOx: ≤35 mg/kWh (Clase 5)
- Alimentación eléctrica: Monofásica 230 V.

(\*) Modulación (20% ÷ 100%) en SGB 400 ÷ 610 E

Compactos intercambiadores de calor de alta eficiencia y elevada conductividad térmica, de aleación en aluminio - silicio.

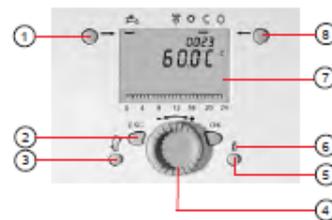


SGB 125 E - 300 E



SGB 400 E - 610 E

### Cuadro de regulación y control



El sistema de regulación modular Multilevel Plus, incorporado en la caldera, muestra de forma clara todos los parámetros de funcionamiento en una amplia pantalla retroiluminada:

- 1 - Tecla de funcionamiento modo ACS
- 2 - Tecla ESC (cancelar)
- 3 - Tecla función mantenimiento
- 4 - Selector multifunción
- 5 - Tecla de información
- 6 - Tecla OK (Confirmación)
- 7 - Display retroiluminado
- 8 - Tecla de funcionamiento modo Calefacción

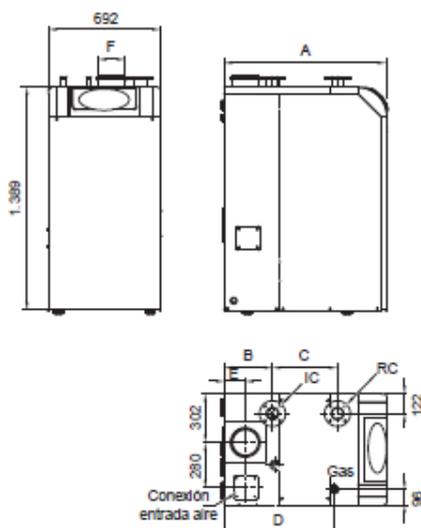
Adicionalmente, la filosofía Multilevel pone al servicio de la regulación la ampliación del sistema para adaptarse a cualquier tipo de instalación, gestionando todos los elementos de la misma.

# Generadores de media y alta potencia

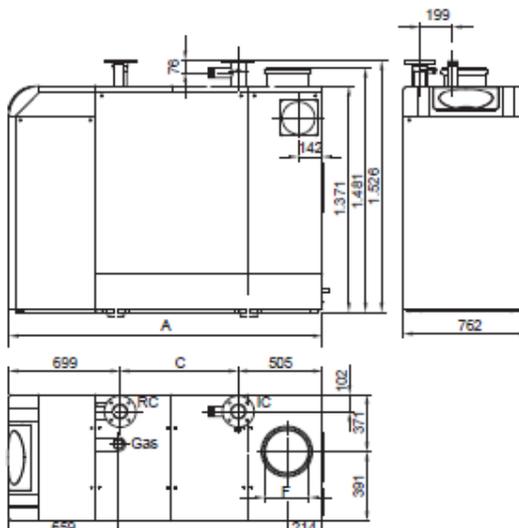
## Calderas a gas

### Calderas de condensación Eurocondens SGB E

SGB 125 E ÷ 300 E



SGB 400 E ÷ 610 E

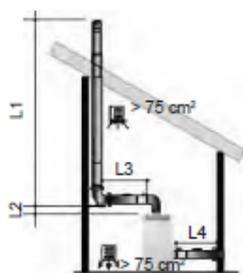


#### Dimensiones y características técnicas

Modelos	Potencia útil 80/60°C		Potencia útil 50/30°C		% Rendimiento útil con carga			Capacidad agua litros	Peso aprox. kg	Conexiones Gas	Conexiones Ida y Retorno IC-RC	Entrada humos F	Entrada aire mm.	Cotas en mm.				
	kcal/h	kW	kcal/h	kW	100% <sup>(1)</sup>	30% <sup>(1)</sup>	100% <sup>(2)</sup>							A	B	C	D	E
Eurocondens SGB 125 E	104.576	121,6	114.466	133,1	106,5	106,6	97,3	29	205	1"	DN 65	160	110	1.008	301	401	687	134
Eurocondens SGB 170 E	142.588	165,8	155.918	181,3	106,6	106,7	97,5	34	240	1 1/2"	DN 65	160	110	1.008	301	401	687	134
Eurocondens SGB 215 E	180.686	210,1	197.456	229,6	106,8	106,9	97,7	38	285	1 1/2"	DN 65	200	125	1.171	351	514	851	163
Eurocondens SGB 260 E	218.870	254,5	239.166	278,1	107,0	107,0	97,9	45	314	1 1/2"	DN 65	200	125	1.264	351	607	944	163
<b>Eurocondens SGB 300 E</b>	<b>252.840</b>	<b>294,0</b>	<b>276.318</b>	<b>321,3</b>	<b>107,1</b>	<b>107,1</b>	<b>98,0</b>	<b>53</b>	<b>344</b>	<b>1 1/2"</b>	<b>DN 65</b>	<b>200</b>	<b>125</b>	<b>1.357</b>	<b>351</b>	<b>700</b>	<b>1.037</b>	<b>163</b>
Eurocondens SGB 400 E	338.668	393,8	366.360	426,0	106,5	106,6	98,0	73	540	2"	DN 80	250	160	1.882	-	709	-	-
Eurocondens SGB 470 E	394.740	459,0	427.076	496,6	105,7	105,9	97,7	84	598	2"	DN 80	250	160	2.192	-	1.018	-	-
Eurocondens SGB 540 E	453.134	526,9	490.458	570,3	105,6	105,7	97,6	97	636	2"	DN 80	250	160	2.192	-	1.018	-	-
Eurocondens SGB 610 E	512.302	595,7	554.528	644,8	105,7	105,8	97,7	106	674	2"	DN 80	250	160	2.192	-	1.018	-	-

(1) Temperatura ida/retorno de 50/30°C. Temp. media = 40°C  
 (2) Temperatura ida/retorno de 80/60°C. Temp. media = 70°C

**Longitudes en conductos de evacuación y entrada de aire**  
 Para funcionamiento estanco o con toma de aire de la sala.  
 Los diámetros de los conductos para cada modelo son los indicados en la tabla anterior.

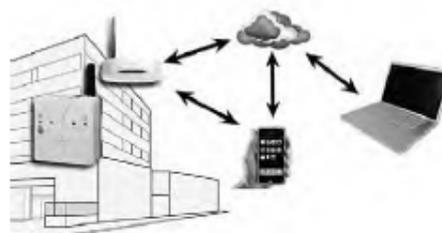


Eurocondens SGB	125 E	170 E	215 E	260 E	300 E	400 E	470 E	540 E	610 E
(L1+L2+L3+L4) Máxima (m)	60	60	60	60	60	50	50	50	50

Esta longitud máxima incluye una curva de 90°  
 Por cada curva de 90° instalada, la longitud debe reducirse en 1 m.  
 Por cada curva de 45° instalada, la longitud debe reducirse en 0,5 m.

#### Módulo de Telegestión opcional

Web Server para el control remoto de caldera e instalación desde PC, Smartphone mediante acceso a web o desde teléfono móvil mediante SMS. Disponible en versión para comunicación Ethernet a router con opción de control mediante acceso a web sobre 1, 4 ó 16 calderas o dispositivos Multilevel (ISR ZR ó ISR SSR). Versión con doble comunicación Ethernet y GSM para el control de una caldera mediante acceso a web o mensajería SMS desde teléfono móvil. Envío de mensajes de error mediante SMS o mail. Posibilidad de acceso y control sobre la totalidad de parámetros de la regulación Multilevel de la instalación. Suministro incluyendo el dispositivo web server en la versión seleccionada.



## Anexo VII- Ficha de produto Eletrobomba Atual

The motors illustrated are asynchronous three phase, low-voltage and suitable for industrial applications.

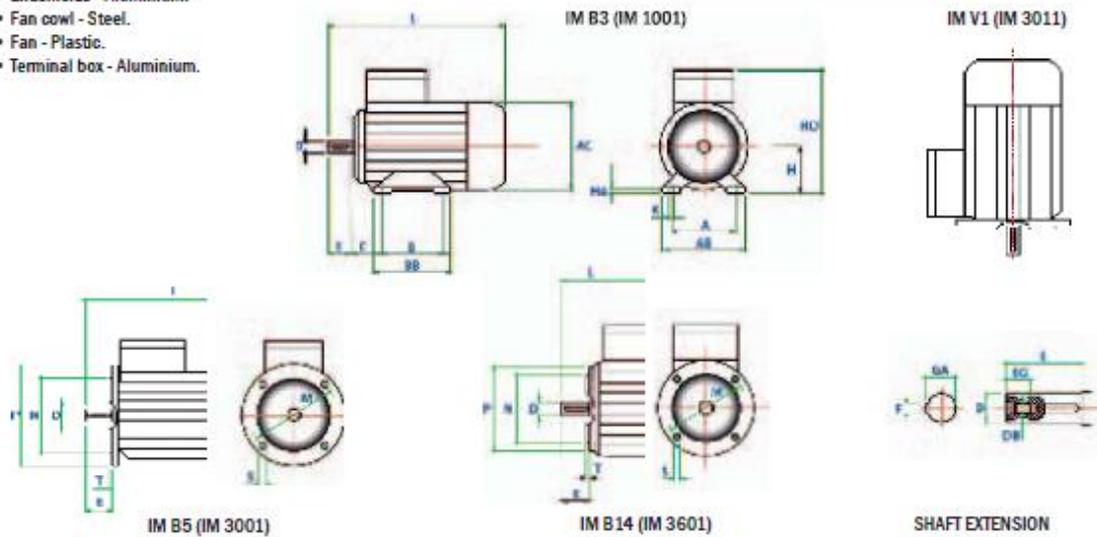
### TECHNICAL CHARACTERISTICS

- International standards IEC 60034.
- Rated outputs and frame sizes in accordance with EN 50347 standards, where applicable.
- Continuous duty (S1) with sufficient thermal margins, to withstand short overloads.
- Motors designed according to the rules given by IEC 60034 group and the EC's harmonised ones.
- Protection degree IP 55.
- Insulation class F.
- Temperature rise compatible with class B.
- Maximum ambient temperature: +40°C.
- Installation ≤ 1000 m a.s.l.
- Normal noise level less than 80db(A) for 4 or more poles.



### CONSTRUCTION MATERIALS

- Frame - Aluminium.
- Endshields - Aluminium.
- Fan cowl - Steel.
- Fan - Plastic.
- Terminal box - Aluminium.



FRAME SIZE		DIMENSIONS																																			
		FLANGE B5 - V1											B14						SHAFT EXTENSION																		
IEC	POLES	A	AB	AC	B	BB	C	H	HA	HD	K	L	M	N	P	S	T	M	N	P	LA	S	T	D	TOLL	E	Fh9	GA	DB	EG							
63	2-8	100	120	122	80	100	40	63	7	173	7	215	115	95	140	3	75	60	90	M5	11	11	23	4	12,5	M4	10										
71	2-8	112	132	137	90	110	45	71	7	188	7	254	130	110	160	3,5	85	70	105	M6	2,5	14	30	5	16	M5	12,5										
80	2-8	125	160	158	100	125	50	80	8	217	9	290						100	80	120	M6	3	19	40	6	21,5	M6	19									
90	S 2-8	140	175	177	100	155	56	90	10	235	9	310	165	130	200	11	3,5	115	95	140	10	M8	3	24	j6	50	8	27	M8	19							
	365																																				
100	2-8	160	196	197	140	180	63	100	12	252	11	386	215	180	250	14	4	130	110	160	11	M8	3,5	28	j6	60	8	31	M10	22							
112	2-8	190	220									70																			112	292	395				
132	S 2-8	216	252	253	140	226	89	132	15	325	11	436	265	230	300	14	4	165	130	200	17	M10	3,5	38	k6	80	10	41	M12	28							
	M 2-8											500																									
160	M 2-8	254	290	314	210	296	108	160	20	390	14,5	640	300	250	350	18	5							42	110	12	45	M16	36								
	L 2-8																	254																			

MARELLI MOTORI reserves the right to change the design, technical specification and dimensions in order to update or improve its products, without prior notice.

## Anexo VIII- Ficha de produto EC Solar 240

### Módulo fotovoltaico policristalino –240/250 P

Estes módulos fotovoltaicos com potências de 240 W e 250 W, respetivamente, são o produto ideal para instalar em cima do telhado ou no solo, montado em grande, médio ou pequeno porte, ligado à rede ou em sistemas isolados, sempre que se tenha em vista economia, confiabilidade e questões ambientais.

Estes módulos passaram por rigorosos testes de confiabilidade à luz solar natural, bem como à luz solar artificial, para garantir a potência nominal. Dispõem das certificações exigidas pela CE.



#### Características principais

- Elevada eficiência de conversão devido a uma avançada tecnologia de fabricação.
- Fácil instalação.
- Excelente performance sob condições de baixa radiação (manhãs, finais de tarde e dias nublados).
- Resistência a cargas de neve até 5400 Pa e ventos até aos 2400 Pa, sob condições de elevada temperatura.
- Para garantir confiabilidade do produto, a garantia é de 10 anos, sendo a garantia de performance de 25 anos.
- Design único de moldura para reforçar a vedação e para evitar o congelamento e distorção.
- Esquadrias de alumínio forte para reforçar a estrutura e impedir que se levante com vento forte.
- Alta transparência do vidro temperado, com rigidez e resistência ao impacto.
- Sistema de encapsulamento avançado, com folhas multicamadas.

#### Certificados

Estes módulos são fabricados de acordo com a International Quality Management System Standard: ISO 9001.

Certificado pela CE, TÜV, IEC 61215, IEC 61730, MCS.



Características elétricas sob STC*		
Modelo	240P	250P
Potência Nominal –Pmax (Wp)	240	250
Tensão Nominal (V)	29.6	34.6
Corrente Nominal (A)	8.11	7.23
Tensão de circuito aberto (Voc)	37.4	43.8
Corrente de curto-circuito (Isc) (A)	8.48	7.68
Eficiência do módulo (%)	14.8	12.9
Tolerância de potência (%)	0-3	0-3

\* STC (Standard Testing Conditions: Irradiância 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura das células = 25°C, AM= 1.5).

Características mecânicas		
Modelo	240P	250P
Tipo de célula	Policristalina 156x156 mm	Policristalina 156x156 mm
Número de células	60 (6x10)	72 (6x12)
Dimensão (mm)	1640x992x50	1956x992x50
Peso (kg)	22	25
Vidro frontal	Temperado	Temperado
Encapsulamento	EVA	EVA
Estrutura	Liga de alumínio anodizada	Liga de alumínio anodizada

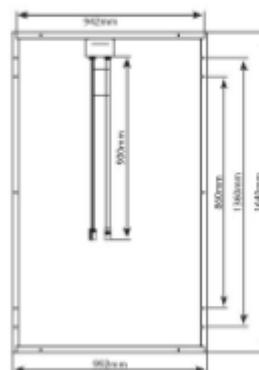
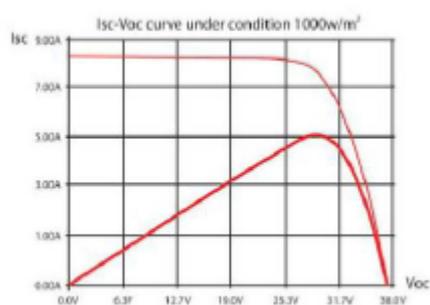
Características térmicas	
NOCT*	45±2°C
Coefficiente de temperatura devido à Potência Nominal	-0.5 %/°C
Coefficiente de temperatura devido à tensão de circuito aberto Voc	-0.35 %/°C
Coefficiente de temperatura devido à corrente de curto-circuito Isc	-0.06 %/°C

\*NOCT (Nominal Operating Cell Temperature: Irradiância 800 W/m<sup>2</sup>, temperatura ambiente 20°C, velocidade do vento 1 m/s).

Valores máximos	
Temperatura de funcionamento	-40°C a +80 °C
Tensão máxima de funcionamento	1000 V DC
Corrente máxima do fusível	10 A

Garantia	
Produto	10 anos
90 % da potência nominal	10 anos
80 % da potência nominal	25 anos

#### Curva de potência e dimensões



## Anexo IX- Ficha de produto Hummer H4.6



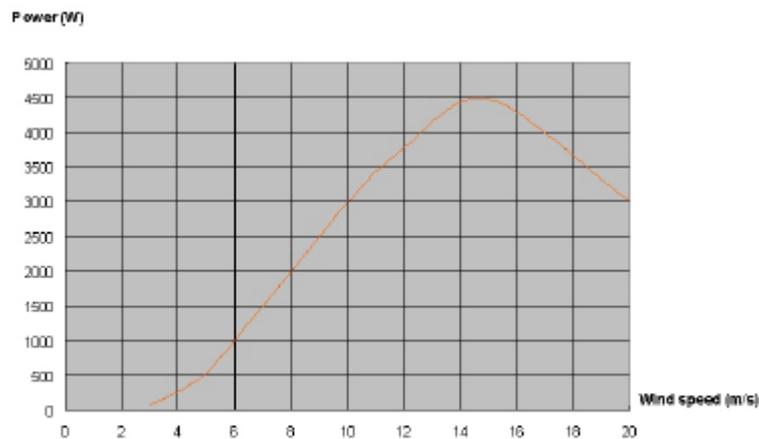
might reach up to 250W. If the consumed power is more than 250W, the controller will protect it automatically and cut off the power supply to direction-regulating motor. And power will be supplied again in 120 seconds.

### 4.2. Power Supply

AC220V grid power or DC 160V-DC 300V will be converted into DC24V by the DC24V power supply in the yaw shaft and supplied to the direction-regulating motor through the relay, which is under the control of HUMMER controller.

## 5. Power Curve

### 5.1. HUMMER-3KW Wind Generator Power Curve



HUMMER-3KW Wind Generator

## 6. Technical Parameters

### 6.1. HUMMER-3KW Wind Generator

Rated power(W)	3000
Maximum output power (W)	4500
Charging voltage (V)	DC 180V
Rotor blade diameter (m)	Φ4.8
Start-up wind speed (m/s)	2.5
Rated wind speed (m/s)	10
Rated rotating rate (r/min)	265
Wind energy utilizing ratio (Cp)	0.4
Rated charging current (A)	16.7
The maximum charging current (in a short time) (A)	28
Output AC frequency (Hz)	0~360
Generator efficiency	>0.8
Tower height(m)	Wireless tower 12m / Guyed tower 12m
Generator weight (kg)	71.8
12V 120Ah or 200Ah battery	15 pieces

## Rooftops



- › Conceito "plug & play" fácil de instalar e configurar
- › Compressor scroll fiável e de elevada eficiência
- › Refrigerante pré-carregado de fábrica
- › Permutador com tratamento anti-corrosão
- › Admissão de ar novo possível através do economizador (opcional para UATYQ)
- › Ventilador de Insuflação e retorno, ajustável: o ventilador pode ser ajustado em função da direção pretendida (UATYQ)
- › O ventilador com acoplamento indireto de transmissão por correias, permite que o caudal de ar e a pressão estática sejam ajustados consoante as necessidades da instalação (UATYQ)

### R-410A



UATYQ

Bomba de Calor	Fluido Frigorígeno	Cap.		Caudal de Ar	Pressão Estática	Preço s/ IVA
UATYQ250CY1	R410A	27,34 kW	24,91 kW	94 m <sup>3</sup> /min	147 [Pa]	6.569€
UATYQ350CY1	R410A	35,58 kW	34,79 kW	122 m <sup>3</sup> /min	147 [Pa]	6.919€
UATYQ450CY1	R410A	44,72 kW	41,79 kW	160 m <sup>3</sup> /min	147 [Pa]	11.214€
UATYQ550CY1	R410A	55,69 kW	41,79 kW	190 m <sup>3</sup> /min	206 [Pa]	12.201€
UATYQ600CY1	R410A	66,84 kW	41,79 kW	206 m <sup>3</sup> /min	206 [Pa]	13.702€
UATYQ700CY1	R410A	72,60 kW	41,79 kW	235 m <sup>3</sup> /min	206 [Pa]	14.658€



Controlo remoto incluído

ECONOMIZADOR	ECONO250AY1	ECONO350AY1	ECONO450AY1	ECONO550AY1	ECONO600AY1	ECONO700AY1
Preço s/ IVA	1.439€	1.512€	1.589€	1.667€	1.750€	1.838€

Nota: Opcional em conjunto com UATYQ

### R-407C



UATYP

Bomba de Calor	Fluido Frigorígeno	Cap.		Caudal de Ar	Pressão Estática	Preço s/ IVA
UATYP850AY1B	R407C	82,94 kW	92,32 kW	263 m <sup>3</sup> /min	294 [Pa]	14.212€
UATYPC10AY1	R407C	101,11 kW	102,29 kW	312 m <sup>3</sup> /min	294 [Pa]	19.346€
UATYPC12AY1	R407C	109,6 kW	126,314 kW	354 m <sup>3</sup> /min	294 [Pa]	21.163€



Controlo remoto incluído

#### LIMITES DE FUNCIONAMENTO (TEMPERATURA EXTERIOR)

