



André Manuel Escobar Pereira

Licenciado em Energias Renováveis

**Eficiência Energética em Edifícios
Históricos – Caso de Estudo da Câmara
Municipal de Angra do Heroísmo**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
de Energias Renováveis

Orientador: Benilde Mendes, Professora Doutora, FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Almeida das Rosas, FCT/UNL
Arguente: Prof. Doutor Pedro Miguel Ribeiro Pereira, FCT/UNL
Vogal: Prof. Doutora Benilde Simões Mendes, FCT/UNL

Eficiência Energética em Edifícios Históricos – Caso de Estudo da Câmara Municipal de Angra do Heroísmo

Copyright André Manuel Escobar Pereira, FCT/UNL e UNL

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

Agradecimentos

Quero agradecer a toda a minha família e em especial aos meus pais, por me terem apoiado sempre ao longo deste percurso, permitindo que tal fosse possível. Um agradecimento especial para a minha namorada que sempre que acompanhou e ajudou.

À minha orientadora, professora doutora Benilde Mendes, pela oportunidade que me proporcionou ao permitir a realização deste trabalho, assim como pela disponibilidade, dedicação e partilha dos seus conhecimentos que possui na área desta dissertação.

Ao presidente da Câmara Municipal de Angra do Heroísmo José Gabriel Álamo Meneses e ao Vereador Guido Silva Teles pela disponibilidade no esclarecimento de dúvidas. Também agradecer ao André Duarte e Ruben Rodrigues, sócios da empresa Offgrid, por toda a ajuda prestada.

Por último também quero agradecer aos meus colegas e amigos, pelo apoio e amizade demonstrada ao longo do meu percurso académico.

Resumo

Desde a crise energética mundial dos anos 70 que a questão da eficiência energética tem vindo a ganhar cada vez mais relevo. Com o aumento do consumo de energia, especialmente nos países mais desenvolvidos, a eficiência energética é vista pela União Europeia como uma das principais ferramentas no combate ao desperdício de energia. Trata-se da arte de usar a menor quantidade de energia (electricidade , gás, óleo , etc.) para alcançar a satisfação das nossas necessidades luz, calor, frio e conforto em geral.

Nos países europeus, o consumo de energia nos edifícios representa uma importante fatia dos consumos. O setor dos edifícios tem uma expressão de cerca de 40% dos consumos finais de energia na Europa e de cerca de 30% em Portugal.

A eficiência energética está, na maioria das vezes, relacionada com edifícios novos ou edifícios recentes, raramente está associada a edifícios antigos, históricos e no caso do edifício dos Paços do Concelho de Angra do Heroísmo, edifício da administração pública em estudo classificado como património mundial pela UNESCO. Este tipo de edifícios tem sobre eles uma série implicações e restrições legisladas a qualquer alteração, remodelação e instalação que seja implementada.

Este trabalho pretende dar a conhecer que tipo de restrições estão associadas ao caso de estudo e depois de uma pequena auditoria energética ao edifício, propor medidas de eficiência energética que não estejam em colisão com a legislação.

Palavras-chave: Consumo, Restrições, Eficiência Energética, Soluções, Poupança

Abstract

Since the global 70s energy crisis, the issue of energy efficiency has been gaining more and more importance. With the increase in energy consumption, especially in developed countries, energy efficiency is seen by the European Union as a major tool in the fight against energy waste. This is the art of using the least amount of energy (electricity, gas, oil, etc.) to achieve the satisfaction of our needs light , heat, cold and overall comfort .

In European countries, the energy consumption in buildings represents a major share of consumption. The sector of buildings is an expression of about 40 % of the final energy consumption in Europe and 30% in Portugal.

In most cases energy efficiency is related to new buildings or recent buildings. It is rarely associated to old buildings, historical and in this case to a classified building as world heritage by UNESCO, the Angra do Heroísmo's city council that is a public administration building. These types of buildings have many legislated implications and restrictions to any alteration, refurbishment and installation for be implemented.

This work intends to show what kind of restrictions are associated with the case study and after a short auditing energy of the building, propose energy efficiency measures that not collide to the law.

Keywords: Consumption, Restrictions, Energy Efficiency, Savings

Lista de abreviaturas

AEA	Agência Europeia do Ambiente
CMAH	Câmara Municipal de Angra do Heroísmo
CE	Concelho Europeu
CO2	Dióxido de Carbono
CRT	Cathode Ray Tube
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DGOTDU	Direção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano
EPS	Poliestereno Expandido Moldado
FEDER	Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional
FER	Fonte de Energia Renovável
FMI	Fundo Monetário Internacional
FP	Factor de Potência
FSE	Fundo Social Europeu
GEE	Gas com Efeito de Estufa
IHRU	Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana
IVA	Imposto Valor Acrescentado
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light Emitting Diode
PDM	Plano Diretor Municipal
PME	Pequenas e Médias Empresas
PNAEE	Plano Nacional de Acção para Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Acção para Energias Renováveis
POOC	Plano Ordenamento da Orla Costeira
PPQS	Plano Pormenor Quarteirão dos Silos
PPSAH	Plano de Pormenor de Salvaguarda da Cidade de Angra do Heroísmo
PROTA	Plano Regional de Ordenamento do Território dos Açores
PSC	Polymer Solar Cells
RCLE	Regime de Comércio de Licenças de Emissão
TCMA	Taxa Crescimento Médio Anual
TSR	Total Solar Reflectante
UH	Unidade Homogénea

Índice de Matérias

1. Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objectivos e âmbito.....	1
2. Revisão de Literatura	3
2.1 Energia	3
2.2 Eficiência energética	7
2.2.2 Estratégias de Eficiência energética	8
2.2.2.1 Envolvente do edifício	8
2.2.2.2.1 Envolvente opaca (paredes).....	9
2.2.2.2.2. Envolvente não opaca (vãos envidraçados).....	11
2.2.2.2 Cobertura dos Edifícios	12
2.2.2.3 Ventilação Natural.....	12
2.2.2.4 Iluminação	13
2.2.2.5 Equipamentos	14
2.2.3 Legislação.....	15
2.2.3.1 Legislação Europeia	15
2.2.3.2 Legislação Nacional	17
2.2.4 Energia Reactiva	22
2.3 Centro Histórico	23
2.3.1 Importância dos centros históricos	25
2.3.2 Regime jurídico Reabilitação	25
2.3.3 Sistema Constructivo Tradicional em Portugal.....	28
3. Metodologia	31
3.1 Apresentação do Caso de Estudo	31
3.1.1 Câmara Municipal de Angra do Heroísmo.....	31
3.1.2 Localização.....	32
3.1.3 Clima	33
3.2 Abordagem Geral	35
3.3 Consumos Energéticos	36
4. Resultados e Discussão de Resultados	40
4.1 Consumo de Energia na CMAH.....	40
4.2. Restrições às medidas de Eficiência Energética.....	44
4.2.1 Decreto Legislativo Regional n.º 3/2015/A.....	44

4.2.2 Decreto Regulamentar Regional n.º 7/2015/A	49
4.3 Soluções Energéticas.....	53
4.3.1 Compensação da energia reactiva	53
4.3.2 Instalação Fotovoltaica.....	53
4.3.3 Iluminação.....	56
4.4 Financiamento.....	57
5. Conclusões	58
6. Referências Bibliográficas	59

Índice de Figuras

Figura 2.1- Evolução dos consumos de energia primária e final em Portugal	4
Figura 2.2 - Evolução da dependência energética em Portugal.....	4
Figura 2.3 - Diagrama de carga do dia 7 de Maio.....	5
Figura 2.4 - Saldo importador de energia do dia 7 de Maio.....	6
Figura 2.5 - Produção de energia eléctrica por tipo de tecnologia em 2014	6
Figura 2.6 - Camadas constituintes do sistema ETIC	10
Figura 2.7 - Vidro “normal” vs Vidro com PSC	11
Figura 2.8 - Diferença de pressão em relação à direcção do vento	13
Figura 2.9 - Poupança de energia vs o consumo de energia.....	14
Figura 2.10 - Evolução do consumo de Energia Primária (Mtep), Energia Final (Mtep), Eletricidade (TWh) e Produto Interno Bruto.....	19
Figura 2.11 - Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por programa.....	20
Figura 2.12 - Impacto do PNAEE 2016 em economias de Energia Primária	21
Figura 2.13 - Impacto do PNAEE 2016 nas emissões de CO2	21
Figura 2.14 - Relação entre as potências ativa, reativa e aparente	22
Figura 2.15 - Diagrama vetorial de potências com compensação da reativa	22
Figura 3.1 - Paços do Concelho de Angra do Heroísmo	31
Figura 3.2 - Limites do centro histórico de Angra do Heroísmo.....	32
Figura 3.3 - Classificação climática de Köppen da ilha Terceira.....	33
Figura 3.4 - Normal Climatológica da temperatura em Angra (1971-2000)	34
Figura 3.5 - Normal Climatológica da precipitação em Angra (1971-2000)	35
Figura 3.6 - Analisador Trifásico IME Nemo D4-Le.....	37
Figura 3.7 - Instalação do analisador de energia	37
Figura 3.8 - Energy Monitor 3000	38
Figura 4.1 - Distribuição mensal de consumo de energia ativa em 2015.....	41
Figura 4.2 - Percentagem de consumo de energia por tipo de equipamento	42
Figura 4.3 - Peso dos custos associados ao consumo de energia eléctrica.....	43
Figura 4.4 - Diagrama de carga diário.....	44
Figura 4.5 - Consumo mensal de energia reativa no ano de 2015.....	44
Figura 4.6 - Variação mensal do fator de potência no ano de 2015	45
Figura 4.7 - Telhado do edifício.....	55
Figura 4.8 - Produção anual da instalação fotovoltaica.....	56

Índice de tabelas

Tabela 2.1 – Resumo das diferentes tipologias do parque habitacional português	28
Tabela 3.1 – Resumo das fases do projecto.....	36
Tabela 3.2 – Consumo diário dos equipamentos.....	38
Tabela 4.1 – Potência total mensal de compensação de energia reactiva em 2015.....	54
Tabela 4.2 – Dados gerais dos painéis e do inversor.....	56

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A necessidade e a dependência energéticas são cada vez mais alarmantes, qualquer equipamento em nossa casa, escritório, iluminação nas ruas e até as centrais que produzem e distribuem a nossa energia, consomem energia. A utilização das fontes de energia de origem fóssil, como o petróleo (que representa 37% do consumo mundial), o carvão (27% do consumo mundial) e o gás natural, contribuem grandemente para a libertação de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera (OECD/IEA, 2011).

Contudo o sector das energias renováveis tem vindo a assumir uma posição privilegiada, decorrente da expansão verificada no sector energético nacional. O desenvolvimento registado pelas energias renováveis em Portugal deve-se em grande parte à criação de metas de produção ambiciosas pelo Estado português, principalmente para a energia eólica, assim como através do incentivo económico por parte do governo para aos agentes apostarem na produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis e eficiência energética.

Em 2007, o Conselho Europeu (CE) adotou objectivos para 2020 em matéria de energia e alterações climáticas, nomeadamente uma redução de 20% nas emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE), o aumento da quota de energias renováveis para 20% e uma melhoria de 20% na eficiência energética. A nova estratégia incide em cinco prioridades, sendo que a eficiência energética constitui um dos objetivos centrais para 2020, bem como um fator chave para a prossecução dos objetivos a longo prazo em matéria de energia e clima (IEEA, 2008).

Para além de as medidas de eficiência energética se traduzirem num decréscimo das emissões de CO₂, este tipo de solução é economicamente bastante viável. No âmbito do Plano Nacional para a Eficiência Energética, e com vista à redução de consumos, foi criado o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública, Eco.AP. Este programa visa promover a eficiência energética na Administração Pública permitindo a redução da fatura energética em 30% até 2020, nos respetivos serviços e organismos públicos, com consequente redução de emissões de CO₂ (ADENE, 2011).

1.2 Objectivos e âmbito

A Câmara Municipal de Angra do Heroísmo sendo um estabelecimento da administração pública, enquadra-se nas medidas nacionais de redução de energia. Assim, por intermédio de uma auditoria energética, pretende-se avaliar o desempenho energético da CMAH e, desta forma, identificar áreas de intervenção e oportunidades de melhoria que contribuam para o aumento da eficiência energética.

O principal objetivo desta dissertação é perceber que tipo de complicações/restrições um edifício histórico apresenta, e de que forma poderão ser ultrapassadas, quando se pensa no aumento da sua eficiência energética. Interessa também analisar e propor quais as formas de eficiência energética mais adequadas ao caso de estudo.

2. Revisão de Literatura

2.1 Energia

A energia é definida pelo US Energy Information Administration (2015) como a capacidade de realizar trabalho, já para a Agência Europeia do Ambiente (AEA) a energia é descrita como sinónimo de conforto pessoal, de mobilidade e é um aspecto fulcral para a produção de riqueza em qualquer parte do mundo, pelo que sem ela não há desenvolvimento económico nem melhoria da qualidade de vida. A energia pode transformar-se em movimento, frio, calor ou luz (AEA, 2010). Dentro do conceito geral de energia importa classificar a energia em primária e final. A energia primária é o recurso energético que se encontra disponível na natureza (petróleo, gás natural, energia hídrica, energia eólica, biomassa, solar). A energia final é a energia disponibilizada aos utilizadores sob diferentes formas (electricidade, gás natural, propano ou butano, biomassa, etc.). No entanto, há formas de energia primária (gás natural, lenha, entre outros) que também podem ser disponibilizadas directamente aos utilizadores, coincidindo nesses casos com a energia final.

Associado à energia está o consumo energético. A US Energy Information Administration (2015) define o consumo energético como o uso/gasto de energia como fonte de calor, potência ou de energia primária para fins de processo de manufacturação. O consumo energético tem sido sempre uma grande preocupação a nível mundial. As fontes energéticas fósseis são limitadas, e por isso existe a necessidade de um pensamento consciente e sustentável no seu uso. Segundo o Eurostat (2015), tem-se observado desde o início do novo milénio um aumento constante do consumo energético final na Europa, facto que se relaciona pelo constante aumento da população e das suas necessidades. Entenda-se como consumo energético final toda a energia fornecida aos sectores de indústria, transportes, residencial, serviços e agricultura.

Mais recentemente o paradigma do consumo energético tem sofrido algumas alterações importantes um pouco por todo o mundo. Assim como na maioria dos países a nível mundial, tem-se verificado em Portugal um abrandamento no consumo de energia nos últimos anos. A eficiência energética e conjuntura económico-financeira atual foram as principais causas da redução dos padrões nacionais de consumo energético, perspetivando-se um contínuo abrandamento nos próximos anos. Na figura 2.1 está representada a evolução dos consumos de energia primária e final no período entre 2005 e 2014 em Portugal (DGEG, 2015).

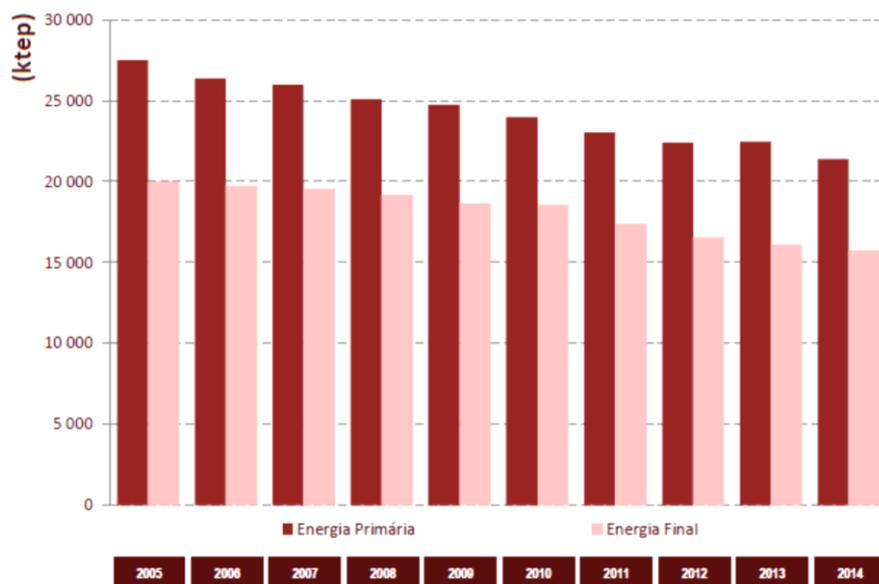


Figura 2.1 – Evolução dos consumos de energia primária e final em Portugal entre 2005 e 2014 (DGEG, 2015).

Após o consumo máximo histórico verificado em 2005 tem-se registado uma constante diminuição nos consumos de energia primária e de energia final. Em 2014 o consumo final de energia sofreu uma quebra de 2,3% e o consumo de energia primária desceu 4,7% face ao ano anterior. Portugal é um país em que os recursos energéticos não renováveis são escassos, contudo este tipo de recursos tem um peso muito significativo no *mix* de consumo de energia. Um dos principais objetivos da atual política energética nacional prende-se com a redução da dependência energética externa. A figura 2.2 representa a evolução da dependência energética entre os anos de 2005 e 2014 (DGEG, 2015).

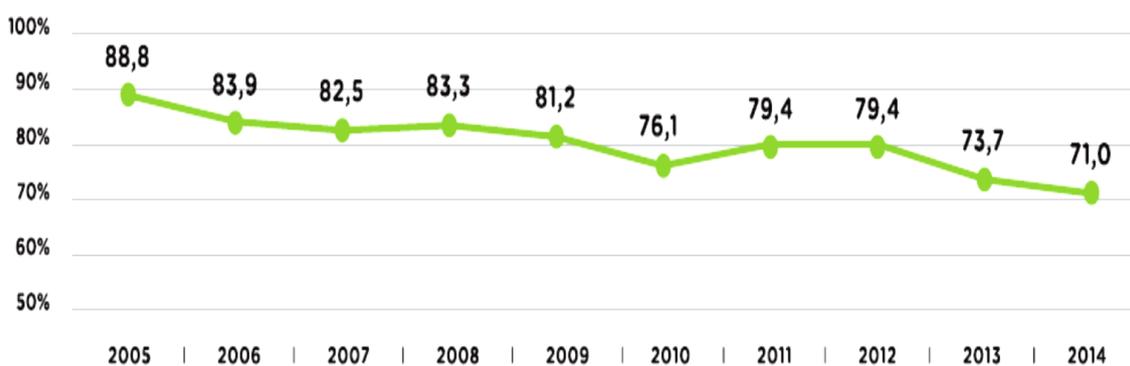


Figura 2.2 – Evolução da dependência energética em Portugal no período de 2005 a 2014. (DGEG, 2015).

A dependência energética, apesar de ainda se situar acima dos 70%, tem registado uma descida progressiva resultante da redução de consumos no sector energético português (Figura 2.2) (DGEG, 2015). No entanto, nos anos em que ocorrem maiores períodos de seca, a dependência energética é influenciada negativamente. As importações de energia ocorridas em 2014 diminuíram 8,3% face ao ano anterior, ao passo que a produção doméstica cresceu 4,1% face a 2013, tendência que se tem vindo a verificar nos últimos anos tendo aumentado de 3,51 Mtep em 2005 para 5,91 Mtep em 2014 (REA,2015).

Atualmente tem-se assistido a uma mudança de paradigma energético. Em contraste com o paradigma anterior do séc. XX em que o abastecimento dos grandes centros produtores era efetuado através das grandes centrais termoelétricas, hidroelétricas parques eólicos, e outros tipos de energia fóssil convencional, atualmente começa-se a verificar um novo paradigma em que o sistema elétrico é descentralizado, ligado em rede, onde cada cidadão pode ser simultaneamente produtor e consumidor de energia elétrica. Para este novo paradigma tem influencia direta a energia fotovoltaica mais competitiva, a possibilidade de armazenagem descentralizada de energia e a eliminação dos subsídios aos combustíveis fósseis que, segundo o FMI reduziriam as emissões de CO2 em 20% (Melo, 2015).

Importa também destacar o feito inédito em Portugal que também contribuirá para o contínuo decréscimo da dependência energética externa, em que o consumo de eletricidade nacional foi assegurado integralmente por fontes renováveis durante mais de 4 dias seguidos, mais precisamente, entre as 6:45h do dia 7 de Maio, e as 17:45h do dia 11 de Maio (Figura 2.3) (REN, 2016). Tal correspondeu a um total de 107 horas seguidas onde o recurso a fontes de energia não renovável, nomeadamente produção em centrais térmicas a carvão ou a gás natural, foi muito reduzido.

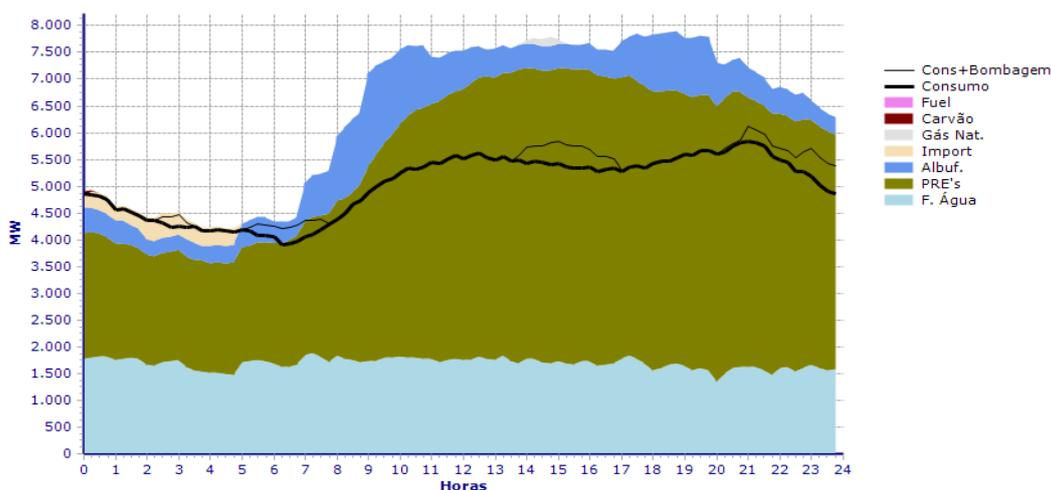


Figura 2.3 – Diagrama de carga do dia 7 de Maio. (REN, 2016)

As fontes de produção de eletricidade renovável e a capacidade de gestão da rede elétrica portuguesa ultrapassaram uma difícil prova num contexto de diminutas interligações, principalmente entre Espanha e França, conseguindo que as necessidades do consumo do país tivessem sido asseguradas a 100% a partir de fontes de produção de origem renovável e ainda exportar uma percentagem significativa de eletricidade. Estes dados mostram que Portugal pode ser mais ambicioso numa transição para um consumo líquido de energia elétrica 100% renovável, com enormes reduções das emissões de gases com efeito de estufa, causadoras do aquecimento global e consequentes alterações climáticas. A figura 2.4 representa o saldo importador de energia do dia 7 de Maio (REN, 2016).

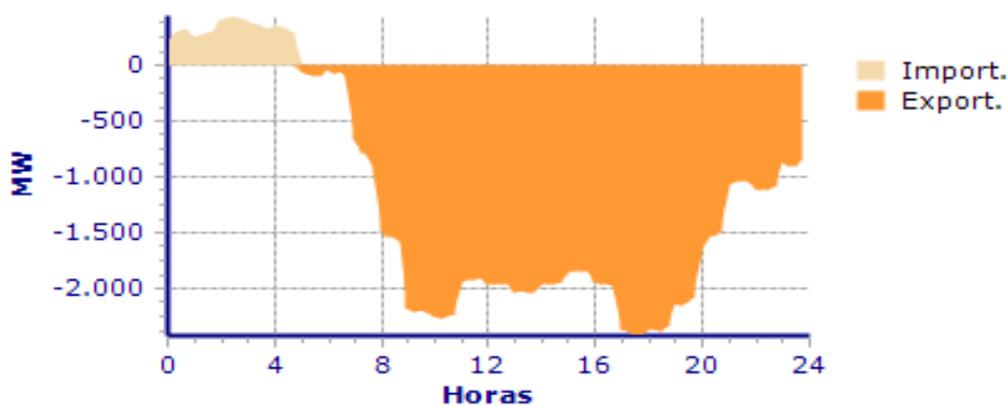


Figura 2.4 - Saldo importador de energia do dia 7 de Maio. (REN, 2016)

A produção de energia elétrica tem por objetivo a satisfação do consumo em qualquer momento, o que implica um bom planeamento do sistema de energia elétrica. Em 2014, o consumo de energia elétrica abastecido a partir da rede pública totalizou 48,8 TWh, contraindo 0,7% face ao ano anterior. O consumo verificado em 2014 fica 6,5% abaixo do máximo histórico registado em 2010 (REN, 2015). A produção renovável abasteceu 62% do consumo, a quota mais elevada desde 1979, repartida pelas hídricas com 31%, eólicas 24%, biomassa 6% e fotovoltaicas 1%. Nas não renováveis o carvão abasteceu 23% do consumo e o gás natural, ciclo combinado e cogeração, 13% (Figura 2.5) (REN, 2015).

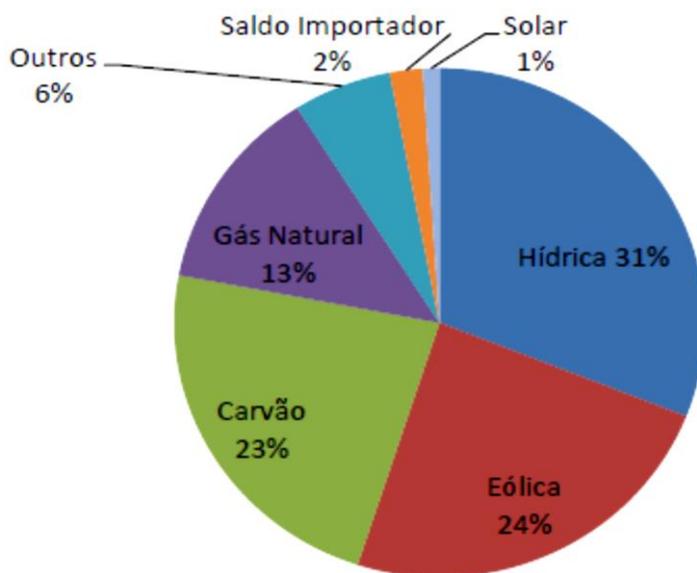


Figura 2.5 – Produção de energia eléctrica por tipo de tecnologia em 2014. (REN, 2015)

2.2 Eficiência energética

A eficiência energética é uma questão importante para o futuro da humanidade, pois é insustentável manter os atuais níveis de desperdício de energia. A deficiente utilização da energia eléctrica proporciona um desperdício das fontes primárias implicando um consumo desnecessário de combustíveis fósseis. O potencial de economias de energia no sector público, nomeadamente para o parque de edifícios existente, por vezes de idade avançada e com necessidades de reparação é bastante avultado (Brandão, 2011).

A maior parte das medidas são economicamente interessantes para implementar e muitas são de índole comportamental. Para gerir eficientemente um espaço do ponto de vista energético é fundamental começar por conhecer tão bem quanto possível a quantidade de energia consumida e de que forma esta é consumida. O levantamento energético é a primeira fase de um processo conducente à tomada de consciência da situação energética do espaço e conseqüente decisão sobre as alterações a efetuar para uma melhor e mais racional utilização da energia e ainda uma redução de consumos (Isolani, 2008). As medidas de eficiência energética podem actuar em vários tipos de serviços energéticos, nomeadamente (Krewitt *et al.*, 2009):

- Iluminação;
- Equipamentos;
- Motores / máquinas;
- Geradores;
- Caldeiras;
- Climatização (ar condicionado, frigoríficos, congeladores, aquecimento de espaços, água, entre outros);
- Reaproveitamento térmico;
- Optimização da utilização de combustíveis;
- Políticas Energéticas;
- Outros;

Com a crescente necessidade de conforto das populações, associada a deficiências de isolamento térmico nos edifícios, os aparelhos eléctricos de aquecimento/arrefecimento têm sido cada vez mais utilizados, representado cerca de 15% do consumo energético (Bragança, 2006). A utilização de estratégias que privilegiem a eficiência energética na concepção dos edifícios irá potenciar a menor utilização deste tipo de aparelhos bem como da utilização mais equilibrada da energia eléctrica.

Os factores que mais influenciam os consumos excessivos de energia nos edifícios (Bragança, 2006) são:

- O grau de conforto exigido pelos utilizadores e seu comportamento;
- O número de utilizadores;
- As condições climáticas do local onde se encontra implantado o edifício;
- A resistência térmica, a orientação e a área dos elementos das envolventes do edifício (parte opaca e envidraçados);

- As perdas e ganhos de carga térmica associados à renovação de ar interior;
- O volume da construção (área útil e pé direito médio);
- As condições económicas;
- A eficiência energética dos equipamentos existentes

Quando se pretende aumentar a eficiência energética de um edifício é importante perceber quais as características dos edifícios que levam a uma redução do seu desempenho térmico e, conseqüentemente, a consumos elevados de energia. Dentro das características do edifício (DGEG, 2004), importa referir as seguintes:

- Isolamento térmico insuficiente nos elementos opacos da envolvente;
- Existência de pontes térmicas na envolvente do edifício;
- Presença de humidade;
- Baixo desempenho de vãos envidraçados e portas, levando a grandes perdas de calor por transmissão térmica e por infiltrações de ar em excesso;
- Falta de protecções solares adequadas nos vãos envidraçados, levando ao sobreaquecimento no interior dos edifícios e ao aumento das necessidades energéticas para arrefecimento do edifício;
- Ventilação não-controlada, levando a maiores necessidades energéticas de aquecimento (situação de Inverno) ou ventilação insuficiente, que origina maiores níveis de humidade relativa no Inverno (originando problemas de condensação) e sobreaquecimento no Verão (potenciando um baixo nível de qualidade do ar interior).

Os consumos elevados de energia podem ainda dever-se a comportamentos inadequados dos utilizadores (DGEG, 2004), tais como:

- A manutenção dos equipamentos eléctricos de aquecimento/arrefecimento em funcionamento enquanto as janelas se encontram abertas;
- A climatização desnecessária dos espaços, levando a temperaturas demasiado elevadas no Inverno e demasiado baixas no Verão, no interior dos edifícios;

2.2.2 Estratégias de Eficiência energética

2.2.2.1 Envolvente do edificio

A maior qualidade da envolvente dos novos edificios, conseguida principalmente através do uso generalizado de isolamento, de janelas mais eficientes e de melhores técnicas de conservação de energia, resulta em edificios com cada vez menos necessidades de aquecimento e de arrefecimento quando comparadas com as necessidades energéticas dos edificios existentes. As condições climáticas e a envolvente dos edificios têm uma influência significativa no comportamento térmico dos edificios e, no consumo de energia, para satisfação das exigências

de conforto térmico (Simões, 1994). Variações na temperatura do ar exterior e a incidência da radiação solar são os factores que mais influenciam os edifícios (Gonçalves & Graça, 2004). Quanto mais extrema for a temperatura média do ar na envolvente, mais exigentes tenderão a ser as necessidades de climatização no interior dos edifícios.

2.2.2.2.1 Envolvente opaca (paredes)

A envolvente vertical opaca contribui largamente para o comportamento térmico de um edifício, pois é através da envolvente que há transmissão de calor, quer sejam perdas de calor no Inverno, ou ganhos de calor no Verão. Para responder às crescentes exigências de conforto térmico, que estão intimamente associadas às preocupações com o consumo de energia e proteção ambiental, é necessário isolar termicamente a envolvente dos edifícios (Patrocínio, 2007). A reabilitação térmica e energética de edifícios constitui assim uma das vias mais promissoras para a correção de situações de inadequação funcional, proporcionando a melhoria da qualidade térmica e das condições de conforto, permitindo reduzir o consumo de energia para aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação, contribuindo também para o objetivo estratégico de redução de necessidades energéticas do nosso país e possibilitando, em muitas situações, a correção de certas patologias ligadas à presença de humidade e à degradação do aspeto nos edifícios (Anselmo, 2004).

As pontes térmicas são zonas na envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é menor. Estas áreas verificam-se onde existe uma penetração total ou parcial da envolvente através de materiais com maior condutibilidade térmica, onde há mudanças na espessura da estrutura ou onde existem ligações entre elementos construtivos (parede/piso/tecto) (Pessoa, 2011). É através das pontes térmicas que ocorre uma parte significativa das trocas de calor com o exterior. A eficiência do isolamento térmico só é total se este cobrir completamente a superfície que se pretende isolar. Assim, as descontinuidades do isolamento devem ser evitadas porque se tornam pontos preferenciais de transferência de calor entre os ambientes interior e exterior. O reforço do isolamento térmico das paredes exteriores tem como principais vantagens a diminuição do consumo de energia e o aumento do conforto térmico, e pode ser aplicado pelo exterior ou pelo interior (Anselmo, 2004). Nas intervenções de reabilitação de edifícios, é normal a necessidade de refazer o reboco das paredes exteriores, pelo que o isolamento térmico pelo exterior é em geral a melhor solução.

O sistema ETICS é um dos casos particulares de soluções de isolamento térmico aplicáveis em exteriores de paredes. Este tipo de sistema pode ser aplicado em paredes de alvenaria ou em paredes de betão. Integram uma camada de isolante térmico aplicado na face exterior da parede, fixada por um produto de colagem ou por fixação mecânica, ou por ambos os métodos. As placas podem possuir uma espessura variável de acordo com a resistência térmica que se pretende obter. Em Portugal as espessuras mais comuns dão da ordem de 40 mm a 60 mm, e o isolante térmico mais utilizado é o EPS (poliestireno expandido moldado) (LNEG, 2010). As placas de EPS são depois revestidas com um reboco delgado, aplicado em várias camadas, armado com uma ou várias redes de fibra de vidro, tal como esquematizado na Figura 2.6 (Guerra, 2010).



Figura 2.6 – Camadas constituintes do sistema ETIC (Guerra, 2010)

O sistema ETICS apresenta vantagens no caso de edifícios com isolamento térmico insuficiente, infiltrações ou aspeto degradado. Além disto, pode diminuir o risco de ocorrência de condensações, tratando de certo modo as pontes térmicas. O isolamento térmico pelo exterior é hoje reconhecido como uma solução técnica de alta qualidade, pois permite:

- Redução das pontes térmicas, o que se traduz por uma espessura de isolamento térmico mais reduzido para a obtenção de um mesmo coeficiente de transmissão térmica global da envolvente;
- Diminuição do risco de condensações;
- Aumento da inércia térmica interior dos edifícios, dado que a maior parte da massa das paredes se encontra pelo interior do isolamento térmico. Este facto traduz-se na melhoria do conforto térmico de Inverno, por aumento dos ganhos solares úteis, e também de Verão devido à capacidade de regulação da temperatura interior;
- Economia de energia devido à redução das necessidades de aquecimento e de arrefecimento do ambiente interior;
- Diminuição da espessura das paredes exteriores, aumentando a área habitável;
- Melhoria da impermeabilidade das paredes;
- Possibilidade de mutação do aspeto das fachadas e colocação em obra sem perturbar os ocupantes dos edifícios, o que torna esta técnica de isolamento particularmente adequada na reabilitação de fachadas degradadas;
- Poupança energética e conforto interior

Em determinadas situações a renovação e reabilitação da envolvente, conseguindo-se ter envolventes otimizadas, pode tornar-se desnecessária a utilização de sistemas ativos de climatização. Dependendo da performance da envolvente, a reabilitação de um edifício pode permitir economias de energia até 30% (Isolani, 2008).

2.2.2.2.2. Envolvente não opaca (vãos envidraçados)

A reabilitação térmica nos vãos envidraçados visa por um lado reforçar o isolamento térmico do edifício, a redução das infiltrações de ar não controladas e a melhoria da ventilação natural, e por outro, o aumento da captação de ganhos solares no Inverno e o reforço da proteção da radiação solar durante o Verão. Todas estas medidas contribuirão não só para a redução das necessidades de consumo de energia como também para a melhoria das condições de conforto e de qualidade do ar no interior dos edifícios (Anselmo, 2004).

A arquitetura da segunda metade do século XX veio incutir uma maior utilização de fachadas envidraçadas em detrimento das fachadas tradicionais de alvenaria. Dadas as circunstâncias, algumas empresas tecnológicas ligadas por exemplo à nanotecnologia, assumiram a sua posição preponderante no mercado e tomaram a iniciativa de tentar tirar partido do enorme potencial que os vãos envidraçados evidenciam. E assim nasceu a recente tecnologia que ainda se encontra em fase embrionária que permite aos vidros gerar eletricidade através da captação de energia solar. Atualmente são diversas as tecnologias relacionadas que se encontram em desenvolvimento.

Uma equipa de investigadores norte-americanos afirma ter desenvolvido uma célula solar de polímero - PSC (Polymer Solar Cells) transparente que concede ao vidro a propriedade de absorção da radiação solar sem comprometer a sua capacidade de transparência que nos permite ver através dele. Mas uma particularidade da descoberta é o facto de gerar energia utilizando um “material plástico foto ativo” que absorve principalmente a luz infravermelha invisível ao ser humano em vez da luz visível, gerando assim eletricidade através de radiação de que não necessitamos. São conhecidas por “Intelligent Windows”, e as novas células que as constituem, tornam-nas aproximadamente 70% transparentes ao olho humano, sendo que a sua aplicação deixará a sensação de que no máximo, os vidros estão ligeiramente tingidos (UCLA, 2012). A figura 2.7 esclarece a diferença entre um vidro normal e um vidro com PSC (UCLA, 2012).



Figura 2.7 – Vidro “normal” vs Vidro com PSC (UCLA, 2012)

Para o efeito, a equipa desenvolveu um novo tipo de material condutor constituído por nano fios de prata e nano partículas de dióxido de titânio, que introduz uma única desvantagem, que é o facto da eficiência de conversão de energia ser de apenas 4%, o que significa que a energia

gerada por um painel solar tradicional seria consideravelmente superior. A tecnologia fotovoltaica “tradicional” bloqueia cerca de 80% da luz visível e 90% da luz infravermelha, o que a torna pouco viável e pouco prática na maioria das situações, pois quando se recorre ao uso do vidro é, usualmente, porque se pretende criar uma zona de grande visibilidade e/ou luminosidade (UCLA, 2012). Esta equipa acabou por formar a empresa Solar window em 2010, onde continuam a sua investigação.

2.2.2.2 Cobertura dos Edifícios

A tinta refletora para coberturas é uma tecnologia relativamente recente e que aparenta ser eficaz em reduzir os custos associados aos sistemas de arrefecimento, particularmente em zonas quentes e de muito sol. Estes novos sistemas de tintas refletoras para telhados permitem não só diminuir os gastos energéticos, como também as emissões de CO₂ que aconteceriam pelo uso de equipamento de arrefecimento (Martins, 2015).

Caracteriza-se por possuir uma elevada capacidade para reflectir a radiação solar - Total Solar Reflectante (TSR) - conseguindo impedir que o interior da habitação atinja temperaturas tão elevadas, comparativamente a outros telhados e coberturas que não possuam esta protecção. Quanto maior for esta capacidade menor será o calor no interior do edifício. Isso explica-se pelo facto de a tinta ser fabricada com polímeros termo estabilizantes especiais com excelente aderência que repelem os raios solares, e que juntamente com a cor e o tipo de telhado vão determinar o nível de refletividade. Os resultados obtidos permitem refletir até 80% dos raios infravermelhos e dos raios ultravioleta, e reduzindo a temperatura na superfície da cobertura em até 40%. Isso vai repercutir-se noutros fatores, tais como prolongar a durabilidade da cobertura, reduzir a temperatura no interior e, conseqüentemente, conduzir a uma menor energia despendida no arrefecimento e ainda diminuir as emissões de CO₂ para a atmosfera (Martins, 2015).

2.2.2.3 Ventilação Natural

A ventilação natural corresponde ao processo de introdução ou remoção do ar através de aberturas feitas nesse sentido, com recurso a processos naturais ou passivos. A ventilação natural contribui para a melhoria do conforto ambiental e da qualidade do ar interior dos edifícios. A ventilação natural ocorre devido à diferença de pressão, sendo esta diferença de pressão originada pelo vento e pelo gradiente térmico. Durante o Verão, e sobretudo durante a noite a ventilação natural apresenta-se como uma das formas de promover o arrefecimento do interior dos edifícios (Figura 2.8) (Grilo, 2012).

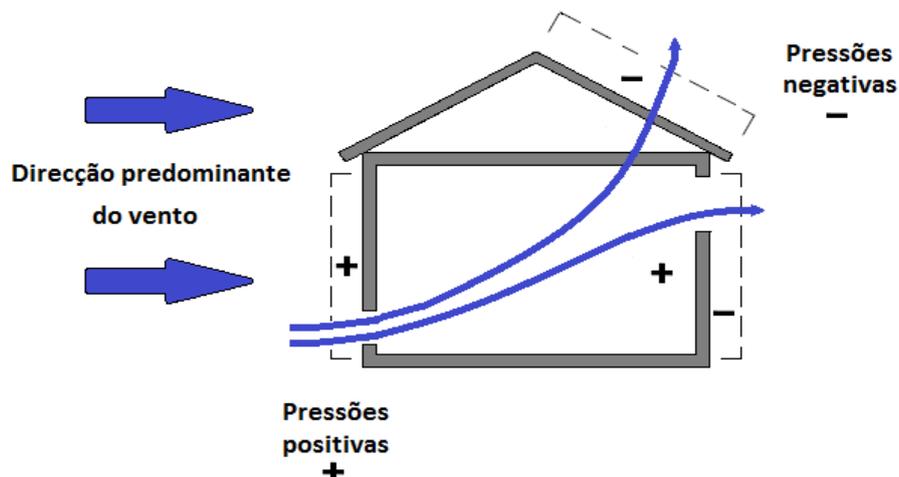


Figura 2.8 – Diferença de pressão em relação à direcção do vento (Grilo, 2012)

A forma mais usual de criar movimento de ar é abrir as janelas do edifício de forma a permitir que o ar puro penetre no interior substituindo o ar viciado. A circulação de ar no interior pode ser otimizada através da instalação de grelhas de ventilação nas portas para permitir a passagem do ar, com sistemas de regulação de caudal. As dimensões das aberturas de entrada de ar devem ser bem dimensionadas de forma a promover uma boa ventilação. Quando não é possível assegurar a ventilação do edifício apenas utilizando estratégias de ventilação natural, devido ao facto de não ser possível controlar os fatores que promovem a ventilação, é necessário utilizar a ventilação mecânica.

2.2.2.4 Iluminação

A iluminação constitui uma das utilizações finais de energia onde a introdução de soluções de poupança energética se revela mais vantajosa em termos de economia de energia e/ou conforto. Ao nível da iluminação interior a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas ou tubulares pode representar economias de energia na ordem dos 75 %, enquanto que se forem substituídos por LED's a poupança poderá chegar aos 90% (Insolani, 2008). A substituição de balastros convencionais por balastros electrónicos na iluminação fluorescente tubular permite obter poupança energética na ordem dos 20 % (Insolani, 2008). É importante referir que as lâmpadas incandescentes, onde apenas 5% da electricidade consumida é convertida em luz, apresentam um consumo elevado de energia. Na figura 2.9 (Comissão Europeia, 2009) podemos observar a poupança de energia *versus* o consumo de energia dos diferentes tipos de lâmpadas.

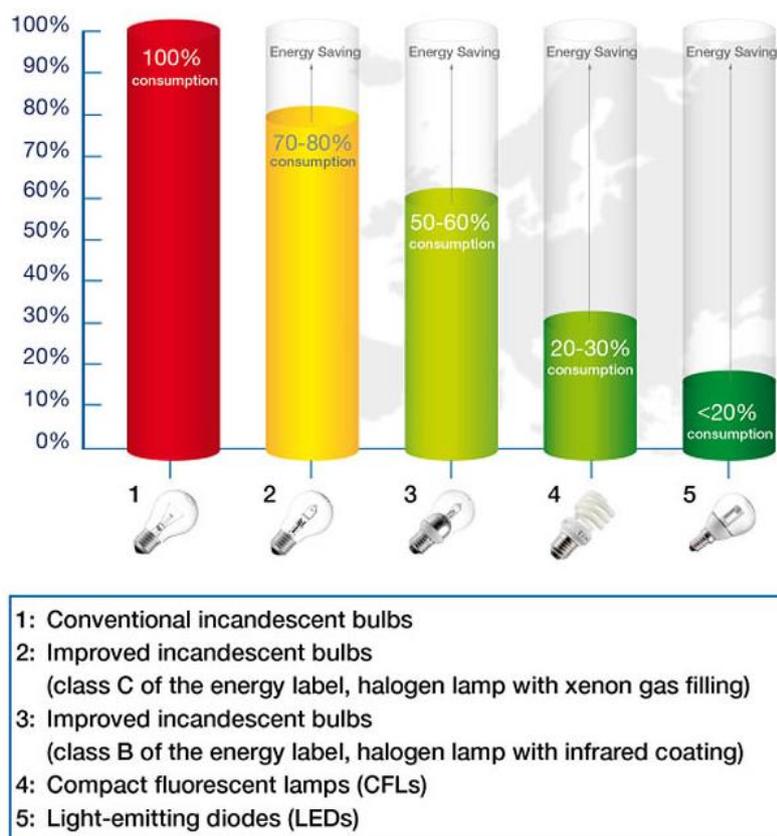


Figura 2.9 - Poupança de energia *versus* o consumo de energia (Comissão Europeia 2009)

Existem ainda outras medidas que permitem poupanças energéticas consideráveis. A utilização de luminárias com reflectores permite aumentar o rendimento das lâmpadas em 25 %. A utilização de sensores de movimento em corredores e casas de banho permite poupar energia sempre que não se encontra ninguém no edifício. A utilização de equipamentos de regulação do fluxo luminoso permite recorrer sempre que possível à iluminação natural, assim como manter as entradas de luz natural devidamente desobstruídas (Isolani, 2008).

2.2.2.5 Equipamentos

O consumo de energia associado à utilização de equipamentos tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, representando uma parcela significativa do consumo energético dos edifícios. Por outro lado, o potencial de economias de energia existente é bastante elevado (ADENE, 2012). O consumo de energia dos equipamentos de escritório é responsável por 12% do consumo total e a dissipação do calor produzido é responsável por parte das necessidades de ar condicionado. No entanto, o potencial de poupança pode ser superior a 50% (Santos, 2010).

O aproveitamento integral do potencial de economia de energia pode ser concretizado em alguns equipamentos informáticos através da selecção e aquisição de equipamentos

energeticamente eficientes, pela introdução de sistemas adequados de gestão de energia e pela adoção de boas-práticas na utilização dos equipamentos (Isolani, 2008).

A substituição de computadores de secretária por computadores portáteis pode conduzir a economias de energia até 80%, a substituição de monitores CRT convencionais por monitores LCD conduz a economias de energia de cerca de 50% e a substituição de dispositivos monofunção por dispositivos centralizados multifunções pode conduzir a economias de energia de 50%. A selecção adequada dos equipamentos a adquirir tendo presente os critérios de eficiência energética, a gestão de energia em todos os dispositivos informáticos e a redução dos consumos *standby* constituem algumas medidas de poupança energética (Isolani, 2008).

2.2.3 Legislação

2.2.3.1 Legislação Europeia

A Diretiva 2012/27/UE estabelece um quadro comum de medidas de promoção da eficiência energética na União, a fim de assegurar a realização do grande objetivo da União que consiste em atingir 20 % em matéria de eficiência energética até 2020, o que corresponderá a um consumo de 1 474Mtep de energia primária em 2020.

O volume total das despesas públicas equivale a 19 % do produto interno bruto da União (Diretiva 2012/27/UE). Por essa razão, o setor público constitui um importante motor para incentivar a evolução do mercado para produtos, edifícios e serviços mais eficientes, bem como para induzir mudanças de comportamento no consumo de energia por parte dos cidadãos e das empresas. Além disso, a diminuição do consumo de energia através de medidas de melhoria da eficiência energética pode libertar recursos públicos para outros fins. Os organismos públicos a nível nacional, regional e local deverão desempenhar um papel exemplar no que respeita à eficiência energética.

Tendo em mente que nas conclusões do Conselho de 10 de junho de 2011 relativas ao Plano de Eficiência Energética de 2011 foi salientado que os edifícios representam 40 % do consumo de energia final da União, os Estados-Membros deverão estabelecer uma estratégia a longo prazo para além de 2020 para a mobilização de investimento na renovação de edifícios residenciais e comerciais, tendo em vista melhorar o desempenho energético do parque imobiliário. Os Estados-Membros deverão incentivar os municípios e outras entidades públicas a adotarem planos integrados e sustentáveis de eficiência energética que estabeleçam objetivos claros (Diretiva 2012/27/UE).

O objetivo de tal regime à escala da União poderá ser mais bem alcançado, pelo menos na fase atual, com a introdução de regimes nacionais de obrigações de eficiência energética para os serviços públicos no setor da energia ou com outras medidas políticas alternativas que permitam obter o mesmo nível de economias de energia.

Sem prejuízo dos requisitos constantes do artigo 7º da Diretiva 2012/27/UE, e a fim de limitar os encargos administrativos, cada Estado-Membro pode agrupar todas as medidas políticas

específicas para aplicar o artigo 7º num programa nacional abrangente em matéria de eficiência energética.

Os Estados-Membros devem desenvolver programas que incentivem as PME a submeterem-se a auditorias energéticas. As auditorias energéticas devem ser obrigatórias e periódicas para as grandes empresas, atendendo a que as economias de energia podem ser significativas. As auditorias energéticas deverão ter em conta as normas europeias ou internacionais pertinentes, tais como as normas EN ISO 50001 (Sistemas de gestão da energia) ou EN 16247-1 (Auditorias Energéticas) ou, se incluir uma auditoria energética, a EN ISO 14000 (Sistemas de gestão do ambiente), estando assim em consonância com as disposições do Anexo VI da Diretiva 2012/27/UE. Por forma a garantir a independência necessária, nos casos em que as auditorias energéticas sejam efetuadas por peritos da própria empresa, estes não deverão estar diretamente envolvidos na atividade objeto da auditoria (Diretiva 2012/27/UE).

Ao estabelecer medidas de melhoria da eficiência energética, haverá que ter em conta as economias e os ganhos de eficiência obtidos com a aplicação generalizada de inovações tecnológicas rentáveis, como os contadores inteligentes. Assim sendo e caso se verifique que a instalação dos contadores inteligentes é rentável, pelo menos 80 % dos consumidores deverão dispor de sistemas de contadores inteligentes até 2020 (Diretiva 2012/27/UE).

Os Estados-Membros deverão incentivar a introdução de medidas e procedimentos destinados a promover as unidades de cogeração cuja potência térmica nominal total seja inferior a 20 MW, a fim de incentivar a produção de energia descentralizada (Diretiva 2012/27/UE). A grande maioria das empresas da União é constituída por PME, que representam um enorme potencial de economia de energia para a União. Para as ajudar a adotar medidas de eficiência energética, os Estados-Membros deverão criar um quadro propício a prestar às PME assistência técnica e informações especificamente orientadas para esse domínio.

Será necessário disponibilizar um número suficiente de profissionais qualificados, competentes em matéria de eficiência energética, para assegurar a aplicação eficaz e atempada da presente diretiva, designadamente no que respeita ao cumprimento dos requisitos em matéria de auditorias energéticas e à execução dos regimes obrigatórios no domínio da eficiência energética. Por conseguinte, os Estados-Membros deverão criar sistemas de certificação para os prestadores de serviços energéticos, auditorias energéticas e outras medidas de melhoria da eficiência energética. Ao aplicar o objetivo de eficiência energética de 20 %, a Comissão deverá acompanhar o impacto das novas medidas na Diretiva 2003/87/CE, que estabeleceu o Regime de Comércio de Licenças de Emissão (RCLE) na União, a fim de manter nesse regime os incentivos que compensam os investimentos hipocarbónicos e de preparar os setores RCLE para as inovações necessárias no futuro.

Cada Estado-Membro assegura que, a partir de 1 de janeiro de 2014, sejam renovados todos os anos 3 % da área construída total dos edifícios aquecidos e/ou arrefecidos detidos e ocupados pelas respetivas administrações centrais, a fim de cumprir pelo menos os requisitos mínimos de desempenho energético por si estabelecidos em aplicação do artigo 4º da Diretiva 2010/31/UE. Os Estados-Membros asseguram que as administrações centrais adquiram apenas produtos, serviços e edifícios com um elevado desempenho em termos de eficiência energética, na medida em que tal seja coerente com uma boa relação custo-eficácia, viabilidade económica, maior

sustentabilidade, adequação técnica e condições de concorrência suficientes. Esta obrigação aplica-se aos contratos de aquisição de produtos, serviços e edifícios pelos organismos públicos, desde que o valor de tais contratos seja igual ou superior aos limiares estabelecidos no artigo 7.º da Diretiva 2004/18/CE.

Os Estados-Membros podem optar por outro tipo de medidas políticas alternativas e combinar regimes obrigatórios, incluindo programas nacionais de eficiência energética. Entre estas medidas políticas podem incluir-se as seguintes medidas ou combinações de medidas:

- a) Taxas sobre a energia ou o dióxido de carbono que tenham por efeito reduzir o consumo final de energia;
- b) Mecanismos e instrumentos de financiamento ou incentivos fiscais que levem à aplicação de tecnologias ou técnicas eficientes do ponto de vista energético e que tenham por efeito reduzir o consumo final de energia;
- c) Disposições regulamentares ou acordos voluntários que levem à aplicação de tecnologias ou técnicas eficientes do ponto de vista energético e que tenham por efeito reduzir o consumo final de energia;
- d) Normas que visem melhorar a eficiência energética dos produtos e serviços, incluindo edifícios e veículos, exceto nos casos em que tenham caráter obrigatório e sejam aplicáveis nos Estados-Membros por força da legislação da União;
- e) Sistemas de rotulagem energética, com exceção dos que tenham caráter obrigatório e sejam aplicáveis nos Estados-Membros por força da legislação da União;
- f) Ações de formação e sensibilização, nomeadamente programas de aconselhamento energético, que levem à aplicação de tecnologias ou técnicas eficientes do ponto de vista energético e que tenham por efeito reduzir o consumo final de energia.

Os Estados-Membros podem criar um Fundo Nacional de Eficiência Energética. Esse fundo destina-se a apoiar as iniciativas nacionais no domínio da eficiência energética. A Comissão avalia os relatórios anuais e os Planos de Ação Nacionais em matéria de Eficiência Energética e verifica em que medida os Estados-Membros progrediram no cumprimento dos objetivos nacionais de eficiência energética estabelecidos no artigo 3.º, n.º1, e na aplicação da Diretiva 2012/27/UE. A Comissão transmite a sua avaliação ao Parlamento Europeu e ao Conselho. Com base na avaliação dos relatórios e dos Planos de Ação Nacionais em matéria de Eficiência Energética, a Comissão pode dirigir recomendações aos Estados-Membros.

2.2.3.2 Legislação Nacional

O contexto económico atual exige uma ponderação adequada dos impactos de um cenário recessivo no setor energético na próxima década, nomeadamente no que respeita aos objetivos da União Europeia. O Governo Português tem vindo a implementar um modelo energético baseado na racionalidade económica e na sustentabilidade, através, por um lado, da conjugação entre a adoção de medidas de eficiência energética e a utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis e, por outro, da redução dos sobrecustos que oneram os preços da energia.

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética(PNAEE) e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) são instrumentos de planeamento energético que estabelecem o modo de alcançar as metas e os compromissos internacionais assumidos por Portugal em matéria de eficiência energética e de utilização de energia proveniente de fontes renováveis. Para além da densificação das metas a atingir, os referidos Planos identificam ainda as barreiras existentes, bem como o potencial de melhoria em matéria de eficiência energética e de incorporação de energia proveniente de fontes renováveis nos vários setores de atividade, com vista ao estabelecimento dos programas e medidas mais adequados à observância dos referidos compromissos, tendo em conta a realidade nacional.

Na última década registaram-se dois ciclos distintos no que respeita ao consumo de energia primária: um primeiro ciclo, entre 2000 e 2005, de crescimento do consumo, em que se registou uma taxa de crescimento média anual (tcma) de 1,4%, e um segundo ciclo, entre 2005 e 2010, de decréscimo do consumo, em que se registou uma tcma de -3,3%. Em termos globais, o consumo de energia primária ao longo da última década apresentou uma tcma de -1,0%. O consumo de energia final acompanhou a tendência registada no âmbito da energia primária, com um primeiro ciclo de crescimento do consumo, entre 2000 e 2005, no qual se registou uma tcma de 1,6%, e um segundo ciclo de decréscimo do consumo, entre 2005 e 2010, em que se registou uma tcma de -2,0%. Em termos globais, o consumo de energia final na última década apresentou uma tcma de -0,2%. A contribuir para esta tendência estiveram, nomeadamente, o abrandamento da economia a partir de 2008, que afetou de forma transversal todos os setores, em especial a indústria e os serviços, e a adoção de medidas de eficiência energética no âmbito do PNAEE.

No que respeita ao consumo de eletricidade, a evolução foi diferente, quase sempre positiva, tendo registado uma tcma de 2,7% entre 2000 e 2010. Em 2010 o consumo de eletricidade representou 24% do total de energia final, o que revela a importância desta fonte de energia em Portugal. Dados relativos a 2011 mostram (Figura 2.10) (DGEG, 2013), contudo, uma redução de 3% no consumo de eletricidade (mas ainda inferior à redução global de 5% verificada no consumo de energia final).

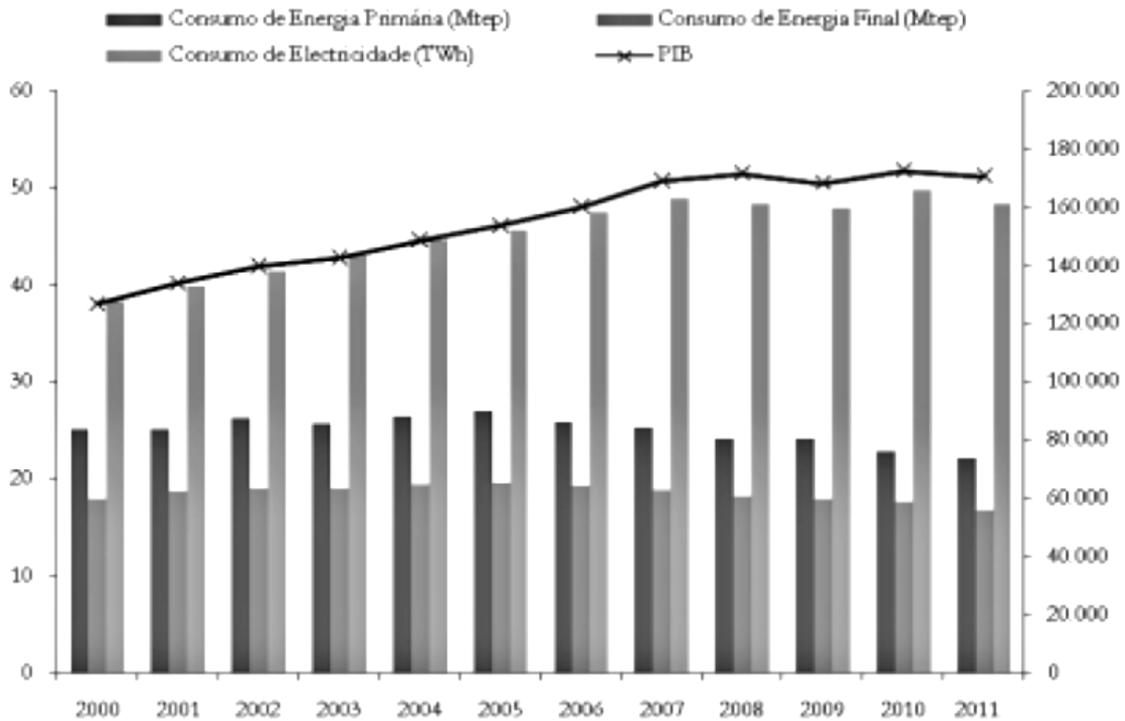


Figura 2.10 - Evolução do consumo de Energia Primária (Mtep), Energia Final (Mtep), Eletricidade (TWh) e Produto Interno Bruto (DGE, 2013)

O indicador da intensidade energética (consumos energéticos nacionais face à riqueza gerada) permite colocar no mesmo plano o desenvolvimento económico e os consumos energéticos que lhe dão suporte, verificando-se que a intensidade energética da energia primária tem vindo a decrescer substancialmente nos últimos anos, encontrando-se em linha com a média da União Europeia. Todavia, o valor positivo da intensidade energética da energia primária oculta um resultado menos positivo quando medida a intensidade energética da energia final. Na realidade, o elevado investimento feito por Portugal em tecnologias que exploram Fontes de Energia Renovável (FER) e o reduzido consumo energético no setor residencial, comparativamente com o resto da Europa, encobrem uma intensidade energética da economia produtiva 27% superior à média da União Europeia. Ou seja, a economia produtiva nacional necessita de cerca de 27% mais energia para produzir o mesmo 1€ de riqueza.

Este facto evidencia um sério problema de competitividade da economia nacional, em especial num contexto de aumento significativo dos preços da energia, o que vem reforçar a necessidade de intensificar os esforços na atuação direta sobre a energia final, âmbito do PNAEE, em particular da economia produtiva, por oposição a um maior nível de investimento no sistema de oferta, sem pôr em causa o necessário cumprimento das metas de incorporação de energias renováveis, âmbito do PNAER.

No quadro das metas europeias «20-20», que visam alcançar, em 2020, (i) 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990, (ii) 20% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto e (iii) 20% de redução do consumo de energia primária relativamente à projeção do consumo para 2020 (efetuada a partir dos valores de 2007), mediante um aumento da eficiência energética, foi estabelecido para Portugal, para o horizonte de 2020, um objetivo geral de redução no consumo de energia primária de 25% e um objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%. No

plano da utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis, pretende-se que os objetivos definidos de, em 2020, 31% do consumo final bruto de energia e 10% da energia utilizada nos transportes provir de fontes renováveis, sejam cumpridos ao menor custo para a economia. Em simultâneo, pretende-se reduzir a dependência energética do país e garantir a segurança de abastecimento, através da promoção de um *mix* energético equilibrado.

No que respeita especificamente ao PNAEE, o principal objetivo da sua revisão é o de projetar novas ações e metas para 2016, integrando as preocupações relativas à redução de energia primária para o horizonte de 2020, constantes da Diretiva 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro, relativa à eficiência energética, que altera as Diretivas n.ºs 2009/125/CE e 2010/30/UE e revoga as Diretivas n.ºs 2004/8/CE e 2006/32/CE.

A revisão do PNAEE assenta em três eixos de atuação: (i) ação (adequação das medidas), (ii) monitorização (revisão de métodos de monitorização de resultados) e (iii) governação (redefinição do modelo de governação do PNAEE). Para tal, foi feita uma análise do impacto (atual e potencial) estimado de todas as medidas previstas no PNAEE, de acordo com as normas europeias sobre a monitorização de planos e medidas de eficiência energética. Pretende-se, pois, traçar uma estratégia sustentável de eficiência energética e de exploração de energias renováveis para Portugal contribuindo para uma economia competitiva e de baixo carbono, à luz do panorama económico e tecnológico que marcará a próxima década, procurando sustentá-los num quadro regulatório que viabilize o sucesso da sua consecução de forma realista e pragmática (Figura 2.11) (PNAEE, 2016).

Programa	Potenciais Economias (tep)	%	Meta 2016 (tep)
Transportes	344.038	23%	1.501.305
Residencial e Serviços	634.265	42%	
Indústria	365.309	24%	
Estado	106.380	7%	
Comportamentos	21.313	1%	
Agricultura	30.000	2%	

Figura 2.11 - Resumo dos impactos do PNAEE 2016 por programa (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, 2016).

A execução dos programas e medidas do PNAEE 2016 traduz-se num impacto económico associado às economias em energia final e primária, o qual é suscetível de ser medido diretamente na vertente associada à redução das importações de combustíveis fósseis, bem como na diminuição das emissões de gases com efeito de estufa, medidas em emissões de CO2 equivalentes. Existem benefícios indiretos que não são objeto de quantificação deste Plano, tais como a criação de emprego associado à sua execução, embora se possa fazer uma estimativa baseada em análise comparativa com práticas semelhantes testadas a nível internacional.

A melhoria da qualidade do ar nas cidades, por exemplo, associada à diminuição do transporte particular, através da opção pela transferência modal para modos suaves ou para o transporte público, tem evidente impacto positivo na redução dos custos com a saúde pública, a qual tem também reflexos sobre a atividade económica e a produtividade. No entanto, dada a complexidade dos fatores que estão em causa, ainda não é possível avaliar este impacto por falta de dados, indicadores e metodologia adequada à sua quantificação.

A análise do PNAEE 2016 é feita para o período de 2013-2020, não considerando os efeitos já registados no período entre 2008 e 2012, por corresponderem a medidas e ações já realizadas. Nas Figuras 2.12 e 2.13 relativas ao impacto económico na balança de pagamentos, dão indicação dos benefícios que poderão ser alcançados através da redução das importações de energia, caso sejam cumpridas todas as metas previstas para os horizontes de 2016 e 2020 (PNAEE, 2016).

ÁREAS	Economia de Energia Primária acumulada (tep)		Benefícios económicos alcançados através da Economia em Energia Primária (M€)	
	2016	2020	2016	2020
Transportes	73.654	136.777	62,5	116,3
Residencial e Serviços	320.932	582.727	159,2	314,9
Indústria	117.309	261.397	81,2	202,1
Estado	112.170	253.988	55,7	137,3
Comportamentos	0	0	0	0
Agricultura	30.000	40.000	22,7	34,0
TOTAL	654.056	1.274.889	381,4	804,6

Figura 2.12 - Impacto do PNAEE 2016 em economias de Energia Primária (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, 2016)

ÁREAS	Redução das emissões de gases com efeito de estufa (tCO ₂)		Benefícios económicos alcançados através da redução das emissões de gases com efeito de estufa (M€)	
	2016	2020	2016	2020
Transportes	227.273	422.441	2,3	4,2
Residencial e Serviços	1.400.941	2.543.735	14,0	25,4
Indústria	399.504	890.765	4,0	8,9
Estado	489.647	1.108.715	4,9	11,1
Comportamentos	0	0	0	0
Agricultura	92.571	123.541	0,9	1,2
TOTAL	2.609.936	5.089.197	26,1	50,9

Figura 2.13 - Impacto do PNAEE 2016 nas emissões de CO₂ (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética, 2016)

2.2.4 Energia Reactiva

As redes de energia elétrica atualmente existentes funcionam, na sua quase totalidade, em corrente alternada. O trânsito de potência reativa é inconveniente, porque eleva a intensidade de corrente nos elementos do sistema – geradores, linhas e transformadores – resultando numa redução de capacidade útil dos mesmos e em perdas adicionais de potência ativa. Também dá origem a quedas de tensão, pelo que se procura minimizar os trânsitos de potência reativa (Sucena-Paiva, 2005).

A compensação da energia reativa é feita através da redução ou eliminação deste trânsito, já que o seu consumo é inevitável. Existem, então, três conceitos de potência que é necessário ter em conta: ativa (P), reativa (Q) e aparente (S), que se relacionam da seguinte forma: $S^2 = P^2 + Q^2$, sendo representadas como indicado na Figura 2.14:

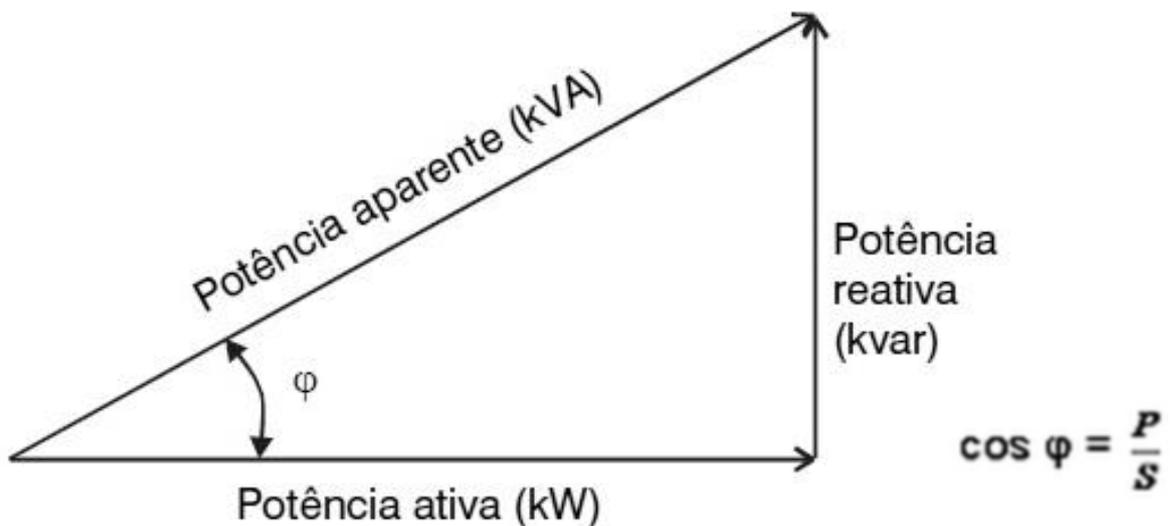


Figura 2.14 - Relação entre as potências ativa, reativa e aparente

Compensar a energia reativa é, então, reduzir o ângulo ϕ , tal como indicado na Figura 15, aumentando o seu co-seno. Quanto maior for o $\cos \phi$, ou seja, quanto mais este se aproxima da unidade, maior será a potência ativa que poderá ser transportada pela rede, cuja capacidade máxima é a potência aparente ($P_{\text{máx}} = S$). A Figura 2.15 apresenta um diagrama vetorial de potências com compensação da reativa.

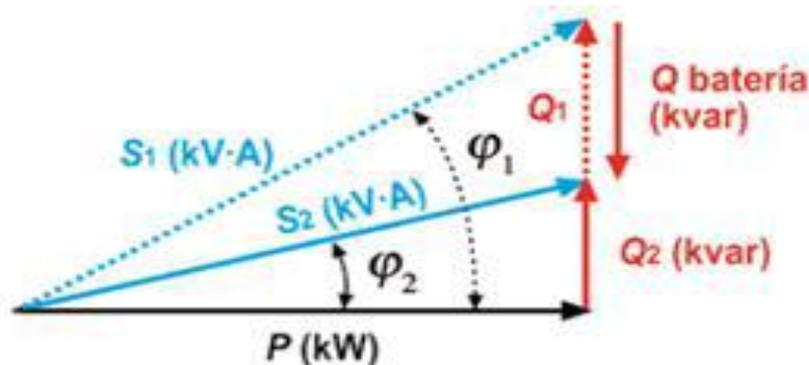


Figura 2.15 - Diagrama vetorial de potências com compensação da reativa

A tecnologia mais utilizada para resolver este tipo de situações é o condensador. O condensador é um dispositivo que, depois de dimensionado à potência mais adequada, fornece energia reativa sem recorrer a uma central elétrica. Graças à sua simplicidade e rendimento o condensador, ou bateria de condensadores, é um método utilizado universalmente para melhorar o $\cos \phi$. Se o condensador fornecer a potência reativa necessária para o funcionamento do motor, a central elétrica apenas fornece a potência ativa P (Energia, 2013).

A compensação da energia reativa traz ainda outras vantagens como a redução de perdas na linha. Ao compensar a energia reativa, evitamos que parte desta energia, ou a sua totalidade, circule pela rede, pelo que a compensação leva a uma redução da corrente eléctrica circulante. Sendo as perdas de energia proporcionais ao quadrado da corrente, podemos facilmente ver a importância desta redução.

A compensação da reativa leva também à poupança na fatura de eletricidade, por supressão da faturação dos consumos excessivos de energia reativa – as centrais eléctricas fornecem energia reativa, o que sobrecarrega as linhas e os transformadores. Melhora a tensão da rede, pois ao compensar uma instalação eléctrica reduz-se a queda de tensão e aumenta-se a tensão disponível. Se a compensação é automática, mantém-se um bom $\cos \phi$ para qualquer valor de carga e conseguir-se-á, assim, manter uma tensão com variações mínimas por quedas de tensão. As quedas de tensão numa rede acontecem principalmente nos transformadores de potência, e com menos frequência nas linhas, pelo que ao compensar a redução das quedas são muito significativas. A compensação da energia reativa ajuda ainda na diminuição dos gases com efeito de estufa, pois por cada KVAR instalados em condensadores, evita-se a emissão, em central eléctrica, de 25 kg de CO₂ no período de um ano (Pinto, 2012).

2.3 Centro Histórico

O conceito de centro histórico tem sofrido alterações à medida que os tempos passam. Segundo Choay “Os centros e bairros históricos manifestam atualmente uma imagem privilegiada, sintética e, de certa maneira, engrandecida das dificuldades e das contradições com que se confrontam a valorização do património edificado, e em particular a sua reutilização. Noutras palavras: a má integração na vida contemporânea” (Choay, 2000).

O conceito de centro histórico é relativamente recente, data de cerca dos anos 60 do século XX. Surge em 1962 em França, com a criação de um dos primeiros instrumentos urbanísticos de proteção do património urbano - a Lei Malraux, e inaugura uma nova política de preservação do património francês, introduzindo uma política de incentivos fiscais aos proprietários que se encarregassem da restauração dos imóveis (Rodrigues, 2012).

Na década de 50 do século XX o futuro dos centros histórico já era debate na Europa, após a Segunda Guerra, por força da destruição massiva e consequente necessidade de reconstrução e

revitalização de tecidos urbanos, já então com reconhecido sinal histórico e patrimonial nos Estados Unidos, pelo fenómeno progressivo da descentralização e diretamente associado à construção de grandes centros comerciais nas periferias. Estes dois fatores vieram demonstrar a importância dos centros históricos para as cidades, de forma a estudar formas de combater a degradação e abandono dos edifícios, apostando na sua salvaguarda e conservação dos mesmos (Pereira, 2000).

Segundo Hardoy e Guttman “A característica especial de um centro histórico é o reconhecimento por parte dos seus habitantes e dos habitantes do resto da cidade de que o centro histórico é uma área urbana com identidade própria e aparência particular” (Hardoy e Guttman, 1992).

Segundo Mário Nunes um centro histórico “corresponde ao centro de pequenos prédios, porque nem sempre as técnicas de construções permitiam maiores edificações. É o espaço de pequenas ruas, porque era reduzia a circulação de carruagens, é o espaço de comercio a retalho, mas também é um espaço socialmente rico, pois a sua fisionomia depende dos que nele viveram construindo igrejas, mosteiros, palácios, edifícios grandiosos, casas harmoniosas, logo foi o lugar onde se desenvolveram os principais episódios da história social” (Carvalho e Fernandes, 1988).

O Decreto-Lei n.º 426/89 de 6 de Dezembro N.º 2 do art. 1º define centros urbanos antigos como “(...) conjuntos urbanos com interesse histórico cuja homogeneidade permite considerá-los como representativos de valores culturais, nomeadamente históricos, arquitetónicos, urbanísticos ou simplesmente afetivos, cuja memória importa preservar, competindo às câmaras municipais a sua identificação, após parecer das entidades com competências específicas nas áreas que concorrem para a sua qualificação e delimitação.”

O centro antigo de uma cidade, menciona o “ponto de origem de um aglomerado urbano, correspondente à zona mais consolidada do aglomerado, frequentemente localizada intramuros ou com vestígios das antigas muralhas, e onde se agrupam, em estratos temporais sucessivos ou sobrepostos, os edifícios mais representativos e a arquitetura monumental, coincidindo por vezes com o Centro Histórico.” (DGOTDU, 2005).

O Decreto-Lei n.º 104/2004 de 7 de Maio, regularizava o regime jurídico excecional da reabilitação urbana de zonas históricas e de áreas críticas de recuperação e reconversão urbanística, autorizando a criação de Sociedades de Reabilitação Urbana, e arrogava que as zonas históricas eram aquelas que os Planos Diretores Municipais – PDM consideram como tal. Segundo a DGOTDU (2005), o “centro histórico coincide por via de regra com o núcleo de origem do aglomerado, de onde irradiam outras áreas urbanas sedimentadas pelo tempo conferindo assim a esta zona uma característica própria cuja delimitação deve implicar todo um conjunto de regras tendentes à sua conservação e valorização.” (DGOTDU, 2005).

No entanto, do ponto de vista do Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana - IHRU –, os centros históricos estão ligadas a “zonas centrais mais antigas dos aglomerados urbanos, cuja malha urbanística e pelo menos parte significativa das edificações, remontam às fases iniciais do seu processo de crescimento urbano, o que lhes confere um consensual estatuto de historicidade

e como tal de património da história mais remota e da identidade dos respetivos aglomerados urbanos em que se inserem” (IHRU, 2012).

Os centros históricos são áreas com problemáticas importantes para a gestão das cidades, e sendo assim, é necessário manter os seus valores culturais. De tal modo que o reconhecimento do centro histórico, bem como a valorização do património, varia de época para época e de cultura para cultura.

2.3.1 Importância dos centros históricos

Facilmente encontramos evocações de outros tempos relativas à importância do centro das cidades, tido como centro histórico. Nomeadamente, “os maiores cafés, as lojas mais chiques, os teatros, os cinemas de estreia, faziam dessa área o “centro” no pleno sentido da palavra e, nas suas várias dimensões”, dado este ser dotado de “centralidade geográfica, social e económica” (Salgueiro, 2005).

Como o próprio conceito indica, o “centro” tem normalmente uma posição central relativamente à “área ocupada pelas povoações ou em função das acessibilidades” (Salgueiro, 2005), assumindo uma localização geográfica estratégica relativamente ao que o rodeia. Já a centralidade económica deve-se ao facto de ser no centro histórico das cidades que se localizam “os estabelecimentos comerciais mais importantes, as sedes de empresas e da administração pública” (Salgueiro, 2005), os quais se concentram frequentemente nestes núcleos por vantagens de prestígio daí decorrentes.

No que respeita à centralidade social do núcleo histórico das cidades, esta “advém do facto de ser o principal lugar de encontro, de intercâmbio e de informação” (Salgueiro, 2005), bem como convívio, criação de sociabilidades, recreio, lazer, concentrando importantes fluxos de pessoas. Já desde outros tempos que se verifica esta importante função cívica do centro histórico das cidades, pois sempre foi “o sítio a frequentar para passeio, para ver montras, para ver gente e encontrar os amigos, para fazer compras e para assistir a espectáculos” (Salgueiro, 2005) e, um lugar privilegiado para viver. No fundo, uma área de eleição.

2.3.2 Regime jurídico Reabilitação

No que respeita à reabilitação urbana, atualmente encontram-se em vigor um conjunto de documentos legais que regularizam a reabilitação urbana de uma forma geral. A 23 de Outubro de 2009 é então lançado o Regime Jurídico de Reabilitação Urbana em Áreas Urbanas pelo Decreto-Lei n.º 307/2009, que revoga o antigo regime presente no Decreto-Lei n.º 104/2004 e tenta encontrar soluções para os problemas que se colocam à reabilitação urbana, nomeadamente:

- articular o dever da reabilitação dos imóveis por parte dos privados, com a responsabilidade pública de requalificar e modernizar os espaços públicos, infraestruturas e equipamentos das áreas urbanas a reabilitar;
- garantir a coordenação entre os diversos agentes, concentrando os recursos nas operações integradas de reabilitação nas áreas preferenciais de reabilitação urbana (destacando se os centros históricos das principais cidades);
- diversificar os modelos de gestão das intervenções de reabilitação urbana, aumentando a possibilidade de intervenção por parte dos proprietários dos imóveis, alargada também a outros parceiros privados;
- melhorar a agilidade nos procedimentos de controlo das operações urbanísticas de reabilitação;
- desenvolver novos instrumentos que permitam o equilíbrio dos direitos dos proprietários com a necessidade da remoção de certos obstáculos na reabilitação, associados à estrutura de propriedade nestas áreas.

Este novo regime confere um especial relevo à coordenação da intervenção e não apenas à vertente imobiliária ou patrimonial da reabilitação. Procura também regular os procedimentos a que deve obedecer a definição das áreas a submeter a reabilitação urbana, bem como a programação e o planeamento das intervenções a realizar nessas áreas.

Essencialmente, a reabilitação urbana continua a ser promovida pelos municípios, através da delimitação de áreas de reabilitação urbana que, em virtude da degradação dos edifícios, das infraestruturas ou equipamentos, justifique uma intervenção integrada, podendo ser delimitada em instrumento próprio ou através da aprovação de um plano de pormenor de reabilitação urbana. Estas áreas podem abranger centros históricos, património cultural imóvel classificado ou em vias de classificação e respectivas zonas de protecção, áreas urbanas degradadas ou zonas urbanas consolidadas.

A cada área de reabilitação urbana deverá corresponder uma operação de reabilitação urbana, sendo que, com vista a possibilitar uma resposta mais adequada aos diversos casos de reabilitação possíveis, são designados dois tipos distintos de operação de reabilitação urbana:

- Operação de reabilitação urbana simples – trata-se de uma intervenção essencialmente dirigida à reabilitação do edificado, tendo como objectivo a reabilitação urbana de uma área;
- Operação de reabilitação urbana sistemática – neste tipo de operação é acentuada a vertente integrada da intervenção, dirigindo-se conjuntamente à reabilitação do edificado e à qualificação das infra-estruturas, dos espaços verdes e urbanos de utilização colectiva e dos equipamentos, com o propósito de requalificar e revitalizar o tecido urbano.

As operações de reabilitação urbana simples seguem o mesmo modelo do Decreto-Lei n.º 104/2004, que aconselha que as acções de reabilitação dos edifícios devem ser realizadas, preferencialmente, pelos respectivos proprietários e titulares. São orientadas por uma estratégia de reabilitação urbana que deverá apresentar as opções estratégicas da reabilitação da área de reabilitação urbana, estabelecer um prazo de execução da operação, definir as propriedades e

objectivos a atingir, determinar o modelo de gestão a adoptar, apresentar um quadro de apoios e incentivos e propor soluções de financiamento das acções de reabilitação a levar a cabo, explicitar as condições de aplicação dos instrumentos de reabilitação urbana previstos no Decreto-Lei n.º 307/2009, identificar quais os poderes delegados na entidade gestora e, por fim, mencionar a necessidade de elaboração, revisão ou alteração do plano de pormenor caso seja necessário.

Por outro lado, as operações de reabilitação urbana sistemática devem ser activamente promovidas pelas entidades gestoras, sendo orientadas por um programa estratégico de reabilitação urbana. Este programa, paralelamente à estratégia anteriormente referida, deve apresentar as opções estratégicas de reabilitação e de revitalização da área de reabilitação urbana, estabelecer o prazo de execução da operação, definir as propriedades e os objectivos a atingir, identificar as acções estruturantes a adoptar, determinar o modelo de gestão a adoptar, apresentar um quadro de apoios e incentivos e propor soluções de financiamento das acções de reabilitação a levar a cabo, descrever um programa de investimento público onde se discriminem as acções de iniciativa pública necessárias ao desenvolvimento da operação, definir o programa de financiamento da operação (com estimativa dos custos totais e identificação das fontes de financiamento), identificar quais os poderes delegados na entidade gestora e mencionar a necessidade de elaboração, revisão ou alteração do plano de pormenor, caso necessário.

A entidade gestora da operação de reabilitação urbana tem poder para exercer o licenciamento e admissão de comunicação prévia de operações urbanísticas, inspecções e vistorias, adopção de medidas de tutela da legalidade urbanística, cobrança de taxas e também tem poder para recepcionar cedências ou compensações devidas. Tem também outros poderes que pode utilizar, consoante o tipo da operação, que se listam de seguida:

- Ordem da obrigação de reabilitar, aos proprietários de imóveis, determinando a realização e o prazo para a conclusão das obras. No caso de o proprietário não cumprir o fixado, pode a entidade gestora tomar posse administrativa desses imóveis para dar execução ao acordado;
- Promover uma operação de reabilitação urbana através de uma empreitada única, de um conjunto de edifícios;
- Demolir edifícios, aos quais faltem os requisitos de segurança e salubridade indispensáveis;
- Direito de preferência, nas transmissões entre particulares, de terrenos, edifícios ou fracções situados em área de reabilitação urbana;
- Arrendamento forçado do imóvel em questão, caso o proprietário não proceda ao ressarcimento integral das despesas incorridas pela entidade gestora;
- Constituição de servidões administrativas, necessárias à reinstalação e funcionamento das actividades localizadas na área de intervenção;
- Expropriação, caso necessário, de terrenos e edifícios, atendendo aos interesses públicos e privados, devendo-se seguir o Código das Expropriações;
- Venda forçada do imóvel em causa, no caso de os proprietários serem obrigados a reabilitar (1º item desta lista) e não cumprirem a obrigação de reabilitar ou alegarem que não querem ou não podem reabilitar;

- Reestruturação da propriedade do imóvel, expropriando por utilidade pública da operação, faixas, terrenos ou mesmo prédios urbanos, no caso de haver razão para tal reestruturação.

Por fim, de forma a transitar do antigo regime, para o actual, as Áreas Críticas de Recuperação e Reconversão Urbanística (ao abrigo do Decreto-Lei n.º 794/76, de 5 de Novembro) podem ser convertidas numa ou mais áreas de reabilitação urbana, por deliberação da assembleia municipal, sob proposta da Câmara Municipal, através da aprovação do plano de pormenor de reabilitação urbana para essas zonas.

2.3.3 Sistema Constructivo Tradicional em Portugal

Algumas das cidades portuguesas mais importantes, como Lisboa, Porto ou Braga, expandiram-se para a periferia de uma forma por vezes desorganizada e pouco qualificada. Consequentemente iniciou-se o abandono dos centros históricos e só posteriormente, se acautelou a conservação e manutenção dos edifícios mais antigos e com património cultural.

Segundo os dados dos Censos 2011, os municípios de Lisboa e do Porto são os que possuem o parque habitacional mais envelhecido, apresentando índices de envelhecimento dos edifícios bastante elevados (Bragança, 2012). Neste sentido, torna-se essencial referir as várias tipologias dos edifícios antigos em Portugal, cuja evolução e desenvolvimento foi realizada de acordo com a época vivida.

Assim, e tal como defende Nelson Zacarias (2012), estes podem ser divididos em sete épocas distintas:

1. Edifícios de alvenaria e outros (anteriores a 1755);
2. Edifícios de alvenaria da época Pombalina e similares (1755-1880);
3. Edifícios de alvenaria de tijolo de tipo Gaioleiro (1880-1930);
4. Edifícios mistos de alvenaria e betão armado (1930-1940);
5. Edifícios de betão armado I (1940-1960);
6. Edifícios de betão armado II (1960-1980);
7. Edifícios correntes (posteriores a 1980).

A tabela 2.1 resume os elementos utilizados nas diferentes tipologias do parque edificado português (Farias, 2010 citado por Zacarias, 2012).

Tabela 2.1 - Resumo das diferentes tipologias do parque habitacional português (Farias, 2010 citado por Zacarias, 2012)

Tipologia	Fundações	Estrutura	Parametros Exteriores	Redes
1	Alvenaria. Estacas de Madeira	Madeira. Paredes de alvenaria de pedra ou tijolo	Alvenaria de pedra. Poucas aberturas para o exterior	-----
2	Alvenaria. Estacas de Madeira	Gaiola de madeira. Paredes mestras de alvenaria de pedra	Alvenaria de pedra. Janelas de grandes dimensões	-----
3	Alvenaria. Estacas de Madeira	Sistema de paredes mestras e paredes de alvenaria de pedra e tijolo	Alvenaria de pedra na fachada. Alvenaria de tijolo maciço nas empenas	Esgotos. Electricidade
4	Alvenaria. Estacas de Madeira	Paredes de alvenaria. Lajes e vigas de betão armado	Alvenaria de pedra. Alvenaria de tijolo maciço	Esgotos. Electricidade. Água
5	Betão armado	Betão armado	Alvenaria de tijolo furado. Poucas janelas	Esgotos. Electricidade. Água
6	Betão armado	Betão armado	Alvenaria de tijolo furado. Elementos pré-fabricados de betão armado	Esgotos. Electricidade. Água. Gás
7	Betão armado	Estrutura mista de betão armado e aço	Alvenaria de tijolo furado com isolamento. Grande área envidraçada	Esgotos. Electricidade. Água. Gás

3. Metodologia

3.1 Apresentação do Caso de Estudo

3.1.1 Câmara Municipal de Angra do Heroísmo

Os Paços do Concelho de Angra do Heroísmo representam um dos raros exemplos nacionais de um edifício camarário construído de raiz para a função que ocupa, construído no século XIX, encetado a 11 de Agosto de 1849 e inaugurado 17 anos depois no mesmo dia em que se tinha iniciado a sua construção a 11 de Agosto de 1866. O projecto ficou a cargo do conceituado arquitecto portuense Joaquim da Costa Lima Júnior, responsável por várias obras de reconhecido interesse e de estilo neoclássico, tais como o edifício do Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, o Palácio da Bolsa e o Palácio Municipal de Angra do Heroísmo (Melo, 2016).

Em termos de construção este edifício é do tipo Pombalino e como referido anteriormente representa o estilo neoclássico. Ao que consta, também a opinião da imprensa local não levantou problemas de maior: afinal, era um edifício central e importante que dava uma «*nova imagem de poder, de capacidade empreendedora, de afirmação e dignidade; compatíveis com a histórica cidade de Angra. A construção da nova Casa da Câmara correspondia perfeitamente a este desiderato e era tida como uma necessidade evidente*» (Melo,2016).

O edifício dos Paços do Concelho de Angra do Heroísmo (Figura 3.1) (Luís Godinho, 2013) é considerado o mais belo palácio municipal dos Açores. Nas suas salas encontram-se peças de inestimável valor histórico e patrimonial. Com 36 m de largura e 21 m de profundidade, é um edifício de planta retangular de massa simples e cobertura homogénea, com um telhado de quatro águas, que apresenta uma fachada de dois pisos: o primeiro com embasamento e revestido a cantaria, em silharia fendida; o segundo percorrido por embasamento de cantaria, com pilastras de igual silharia nos cunhais e a definir panos, terminadas em friso e cornija sobreposta por platibanda plena. As fachadas são rebocadas e pintadas de branco, decoradas por pedras retangulares de cantaria.



Figura 3.1 – Paços do Concelho de Angra do Heroísmo. (Luis Godinho, 2013)

3.1.2 Localização

Situada na costa sul da ilha Terceira, pertencente ao grupo central do arquipélago dos Açores, a cidade de Angra do Heroísmo localiza-se num local à partida pouco propício à implantação da cidade. Do morro que fecha a cidade a Norte, caía uma ribeira que invadia toda a zona baixa do vale, actual centro da urbe e que exigiu dos primeiros povoadores uma estratégia planeada de adaptação e domínio da natureza, que passou pelo desvio e canalização das suas águas.

Considerado Património Mundial pela UNESCO desde 1983, a cidade de Angra do Heroísmo está assim classificada essencialmente devido ao traçado e organização urbanística da cidade, bem como ser testemunho físico da história portuguesa e de toda a navegação realizada no Atlântico. Foi-lhe atribuído este título com base nos critérios IV e VI, que representam *“Excelente exemplo de um tipo de construção ou um conjunto arquitectónico ou tecnológico ou paisagístico ilustrando um ou mais períodos significativos da história da humanidade”* e *“Directa ou materialmente associado a acontecimentos ou tradições, ideias, crenças ou obras artísticas e literárias com um significado universal”*, respectivamente (UNESCO, 1983).

O Centro Histórico de Angra do Heroísmo é uma Zona Classificada como Conjunto de Interesse Público, e detêm a designação de Monumento Nacional desde 2001, por força do n.º 3 e do n.º 7 do artigo 15º da Lei n.º 107/2001, de 8 de setembro, tendo também sido criada uma zona de protecção onde se salvaguardam em geral, a distribuição de volumes e coberturas ou revestimento exterior dos edifícios (Figura 3.2) (Google Maps, 2016).. A salvaguarda do património construído implica que qualquer intervenção sobre o património edificado esteja sujeita a regras rigorosas, devidamente legisladas.



Figura 3.2 – Limites do centro histórico de Angra do Heroísmo. (Google Maps, 2016)

A arquitectura patrimonial de Angra do Heroísmo é um conjunto de conventos, fortificações, igrejas, palácios, solares, quintas senhoriais, e outras edificações de importância histórica e cultural que remontam, na sua maioria, a datas bastante recuadas, algumas mesmo ao século XVI. Engloba arquitectura civil, militar e religiosa num vasto número de edificações classificadas de Monumentos Regionais, Imóveis de Interesse Público e Imóveis de Interesse Municipal, que importa conservar. O edifício dos paços do concelho situa-se no coração do centro histórico de Angra do Heroísmo, correspondente ao círculo vermelho na figura 3.2.

3.1.3 Clima

A classificação de Köppen define distintos tipos de clima a partir dos valores médios mensais da precipitação e da temperatura. Para a delimitação dos climas estabelecem-se intervalos de temperatura e precipitação baseados principalmente na sua influência sobre a distribuição da vegetação e da actividade humana (Essenwanger, 2001). Segundo esta escala o Sul da ilha Terceira corresponde a um clima do tipo C, temperado, pois a temperatura média do mês mais frio está compreendida entre 0 e 18 °C.

A classificação de Köppen atribui ainda mais duas letras para especificar o clima, dependendo da altura do ano em que se observa um período marcadamente seco, Cs se acontecer no Verão, Cw se ocorrer no Inverno e Cf caso não aconteça nenhum período marcadamente seco. Existe ainda uma terceira letra conforme o Verão é quente (temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C, letra a), é temperado (temperatura média do mês mais quente menor ou igual a 22 °C e com quatro meses, ou mais, com temperatura média superior a 10 °C, letra b), ou é frio (temperatura média do mês mais quente menor ou igual a 22 °C e com menos de quatro meses com temperatura média superior a 10 °C, letra c). Segundo a classificação Köppen o local dos Paços do Concelho de Angra do Heroísmo equivale a um Csa, clima temperado húmido com Verão seco e quente (figura 3.3) (Atlas Climático dos Arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores, 2011).



Figura 3.3 - Classificação climática de Köppen da ilha Terceira. (Atlas Climático dos Arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores, 2011)

Os valores médios anuais da temperatura média do ar no arquipélago dos Açores dependem nitidamente da altitude do local e diminuem quando a altitude aumenta. Assim, os valores médios variam entre 14 °C e 18 °C nas regiões costeiras e entre 6 °C e 12 °C nas áreas de maior altitude. Os valores da temperatura média mensal variam regularmente durante o ano, atingindo os valores máximos no verão nomeadamente no mês de Agosto (22°C) e os valores mínimos no inverno, nomeadamente nos meses de Janeiro e de Fevereiro (4°C). A figura 3.4 apresenta a normal climatológica da temperatura do ar em Angra do Heroísmo (1971-2000), onde TA corresponde à média das temperaturas máximas e TI a média das temperaturas mínimas (Atlas Climático dos Arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores, 2011).

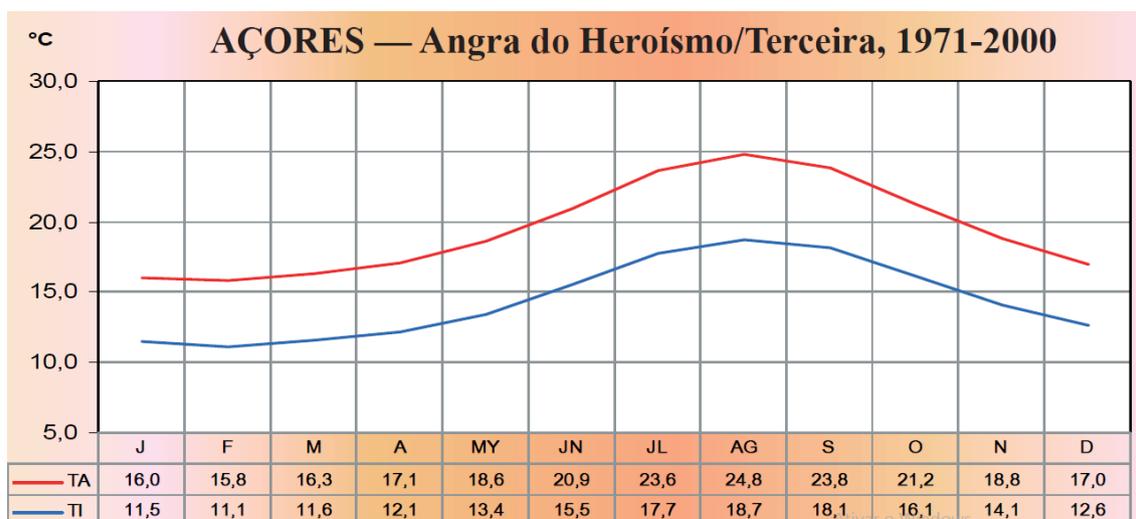


Figura 3.4 – Normal Climatológica da temperatura em Angra do Heroísmo (1971-2000). (Atlas Climático dos Arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores, 2011)

Para caracterizar o regime de precipitações é importante considerar, tanto a precipitação média anual, como a sua distribuição temporal ao longo dos meses do ano. A precipitação nos Açores é mais abundante nos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro, registandose em média, durante estes meses, quantidades superiores a 500 mm; os valores mais elevados são registados em cotas mais altas. Durante os meses de Junho a Agosto são registadas os valores médios mais baixos de precipitação nos Açores, registando-se na ilha Terceira 21,6 mm em Julho (Atlas Climático dos Arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores, 2011).

O número de dias com precipitação superior ou igual a 0,1 mm nos Açores é elevado, em todas as ilhas são registados mais de 120 dias/ano, sendo o número mais alto na ilha das Flores (240 dias/ano). O número de dias com precipitação superior ou igual a 1 e a 10 mm também é elevado. Para o caso de precipitações diárias intensas, considerando o número médio anual de dias com precipitação maior ou igual a 30 mm, os maiores números de dias registam-se nas ilhas do Grupo Central. A figura 3.5 apresenta a normal climatológica da precipitação em Angra do Heroísmo (1971-2000), onde P corresponde à média da precipitação total (Atlas Climático dos Arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores, 2011).



Figura 3.5 – Normal Climatológica da precipitação em Angra do Heroísmo (1971-2000). (Atlas Climático dos Arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores, 2011)

Relativamente à humidade relativa, que corresponde à relação de vapor de água presente no ar, com a quantidade máxima de vapor que o ar poderia conter, nas mesmas condições de pressão e temperatura, observa-se que este parâmetro em Angra do Heroísmo tem uma média anual de 82%, valor que pouco varia ao longo do ano (Projecto CLIMAAT, 2011). Outro aspecto importante são as horas de insolação, que representam o número de horas em que o sol se apresenta totalmente descoberto, havendo radiação directa. Em Angra do Heroísmo são contabilizadas uma média de 1594,8 horas anuais de insolação, em que o valor mais baixo corresponde ao mês de Dezembro com apenas 77h, e o mês com o valor mais elevado Agosto com 209h (Projecto CLIMAAT, 2011).

3.2 Abordagem Geral

Para determinar medidas de eficiência energética a implementar foi necessário, em primeiro lugar, quantificar a energia e compreender de que forma esta é consumida no edifício. Por forma a decompor e analisar os consumos energéticos realizados nos edifícios foi realizada uma auditoria energética com base nos princípios apresentados por Wayne Turner (Turner, 2005).

A auditoria energética consiste no estudo das condições de utilização de energia na instalação e na identificação de oportunidades de melhoria do desempenho energético da mesma, com o objetivo de reduzir o peso da fatura energética nos custos globais. A realização da auditoria energética contribui para a redução de custos por permitir caracterizar a estrutura de consumo da instalação, identificar e caracterizar os sectores e/ou equipamentos com potencial de redução de consumo e ainda, identificar e quantificar medidas de utilização racional de energia.

Os trabalhos começaram com a identificação das fontes de energia utilizadas no edifício e o respectivo peso na despesa total do Município, tendo por base a faturação anual das respectivas fontes. Desta forma foi possível perceber qual a fonte de energia mais utilizada.

A faturação de 2015 foi analisada de forma detalhada desagregando-a em todos os componentes faturados, permitindo assim perceber de que forma é taxado o consumo energético e o peso de cada componente no total faturado. Os diagramas de carga foram igualmente analisados permitindo perceber a distribuição do consumo de energia ao longo do tempo, picos de consumo, horas de ponta e pontas máximas no ano. O consumo energético de um edifício está também intrinsecamente relacionado com as condições climatéricas que se fazem sentir na região, pois influenciam a temperatura de conforto dentro do edifício, pelo que foi importante a caracterização climática que antecedeu este ponto. A próxima tabela (3.1) resume as diferentes fases do trabalho.

Tabela 3.1 – Resumo das fases do projecto

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
<ul style="list-style-type: none"> - Analisar facturas de 2015 - Levantamento técnico (equipamentos) - Instalação de analisador energético - Monitorização energética de pequenos equipamentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Monitorização energética do edifício - Estudo de restrições inerentes 	<ul style="list-style-type: none"> - Proposta de soluções energéticas 	<ul style="list-style-type: none"> - Estudo de linhas de financiamento

3.3 Consumos Energéticos

O Edifício dos Paços do Concelho tem 2 contractos de fornecimento de energia, Rua do Galo e Rua do Galo A. O foco deste trabalho será na Rua do Galo, uma vez que o outro contracto serve apenas para os servidores informáticos dos serviços inerentes à Câmara Municipal.

Este edifício é maioritariamente constituído por gabinetes que se comportam, no geral, de forma semelhante no que respeita aos consumos energéticos. Nos Paços do Concelho trabalham 95 funcionários, 70 dos quais com secretária e computador. No que respeita à iluminação interior existem 288 lâmpadas fluorescentes *Daylight* (CFL's), temperatura de cor correspondente à luz do dia, das quais 199 são de 36W, 34 de 58W, 17 de 32W, 19 de 28W, 12 de 40W e 7 de 18W.

Contudo a iluminação exterior é efectuada por 10 lâmpadas LED de 40W cada. O levantamento da iluminação foi efectuado espaço a espaço, por contagem directa do número de lâmpadas e da respectiva potência. No que respeita aos equipamentos, e para além dos 70 computadores, o edifício dos Paços do Concelho conta com 4 ar condicionados, 1 frigorífico, 4 impressoras multifunções, 1 termoacumulador eléctrico e 1 máquina de lavar loiça.

As medições de consumo energético do edifício foram efectuadas utilizando o analisador trifásico da IME, modelo Nemo D4-Le (figura 3.6).



Figura 3.6 - Analisador Trifásico IME Nemo D4-Le

Juntamente com o analisador foi instalada um Sistema Remoto de “Gateway” SSA DYNAMICS por forma a que os resultados fossem enviados para um computador. Esta instalação ficou colocada a montante do quadro principal do edifício para que pudesse contabilizar toda a entrada de energia (Figura 3.7).



Figura 3.7 – Instalação do analisador de energia

Considerou-se que a ocupação de espaços usados pelos utentes em 2015 foi de 252 dias úteis, sendo que esta ocupação exclui fins de semana e feriados. Em casos especiais, tal como equipamentos ou iluminação que deve permanecer ligada 24 horas por dia, consideraram-se os 365 dias do ano.

Relativamente ao consumo individual dos equipamentos utilizados recorrentemente, acima referidos, as medições foram feitas recorrendo ao Energy Monitor 3000 (Figura 3.8).



Figura 3.8 - Energy Monitor 3000

As medições foram de 24h captando assim a utilização diária típica do equipamento no respectivo espaço. Esta medição permitiu ainda apurar o consumo por hora do equipamento. Na Tabela 3.2 apresentam-se os valores medidos do consumo diário dos equipamentos.

Tabela 3.2 – Consumo diário dos equipamentos

Equipamento	kWh/dia
Ar condicionado 12000Btu's	0,39
Ar condicionado 18000Btu's	3,8
Ar condicionado 24000Btu's	5,1
Computador secretária	0,24
Termoacumulador	2,52
Frigorífico	0,5
Impressora multifunções	1,13
Maquina lavar loiça	0,79

Depois de alguns precalços iniciais com a instalação do analisador, uma vez que este estava mal instalado e conseqüentemente as medições erradas, começaram finalmente a surgir sem qualquer erro a partir de Julho de 2016. Os Paços do Concelho têm um período de funcionamento médio diário de 8 horas em 252 dias por ano. No entanto alguns equipamentos ficam ligados 24 horas por dia, 365 dias por ano, como é o caso dos equipamentos de frio.

Relativamente à iluminação, considerou-se uma utilização média da iluminação interior de 8 horas diárias (das 8:30 às 16:30), em 252 dias por ano. Já para a iluminação exterior

considerou-se uma utilização média de também 8h (das 22h às 5h), mas para 365 dias por ano. Para a máquina de lavar loiça considerou-se uma utilização diária de 1h durante 252 dias.

O termoacumulador que está instalado no refeitório trabalha uma média de 2h por dia. Para a climatização considerou-se uma média de utilização de 8h diárias, mas apenas para os meses de Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro, uma vez que os ar condicionados raramente são ligados no Inverno, já que as temperaturas mínimas se situam quase sempre acima dos 10°C. Estes sistemas de climatização apenas são utilizados para refrigeração.

4. Resultados e Discussão de Resultados

4.1 Consumo de Energia na CMAH

No ano de 2015 a Câmara Municipal de Angra do Heroísmo teve um gasto de 14 490,18€ (com IVA) com energia eléctrica, não considerando o consumo dos servidores informáticos e do combustível utilizado pelos carros da frota do município. O consumo energético deste edifício é praticamente 100% energia eléctrica, sendo pontualmente, fornecido de gás butano em garrafa, em quantidades irrelevantes. Este contrato de fornecimento de energia eléctrica é de média tensão e tem uma potência contratada de 41,50 KW (EDA, 2015).

A eletricidade assegura o correto funcionamento de todos os equipamentos eléctricos do edifício, no ano de 2015 foram consumidos 75,446 MWh repercutindo um gasto de 14 490,18€ euros em fatura. Verifica-se que os maiores consumos energéticos ocorrem no mês de Agosto, enquanto os menores consumos ocorrem em Fevereiro (Figura 4.1).

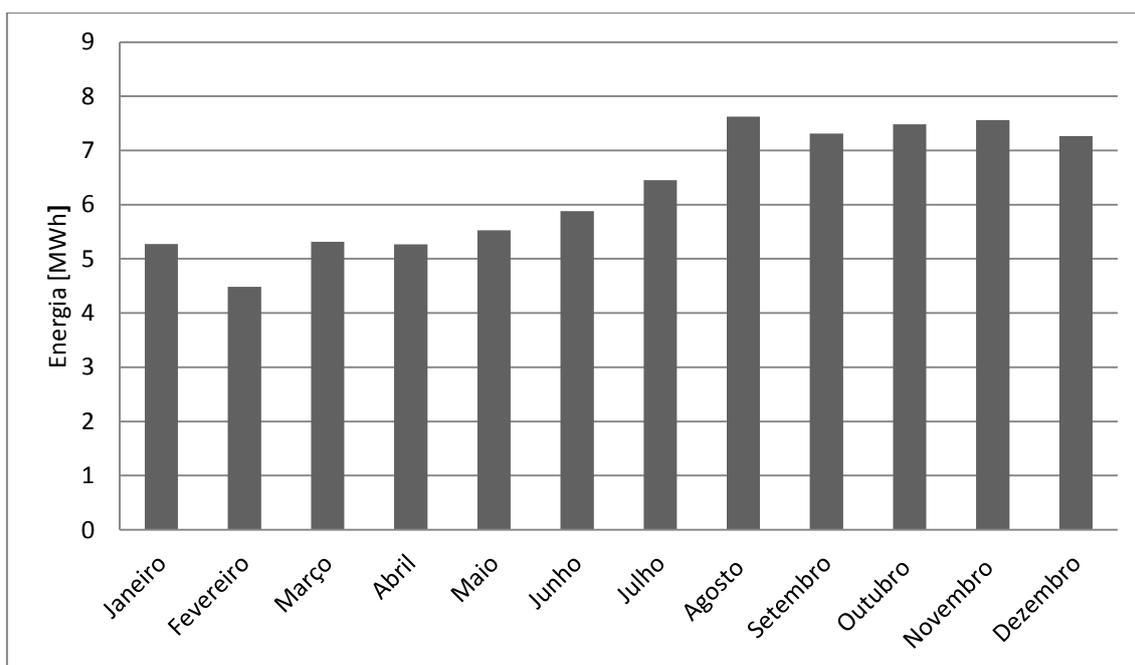


Figura 4.1 - Distribuição mensal de consumo de energia ativa em 2015

Tendo em consideração a potencia, consumo energético e o tempo de utilização dos equipamentos, procedeu-se à desagregação dos consumos, por forma a perceber quais os equipamentos responsáveis pelos maiores consumos e consequentemente onde se deveriam incidir as estratégias de eficiencia energética (Figura 4.2).

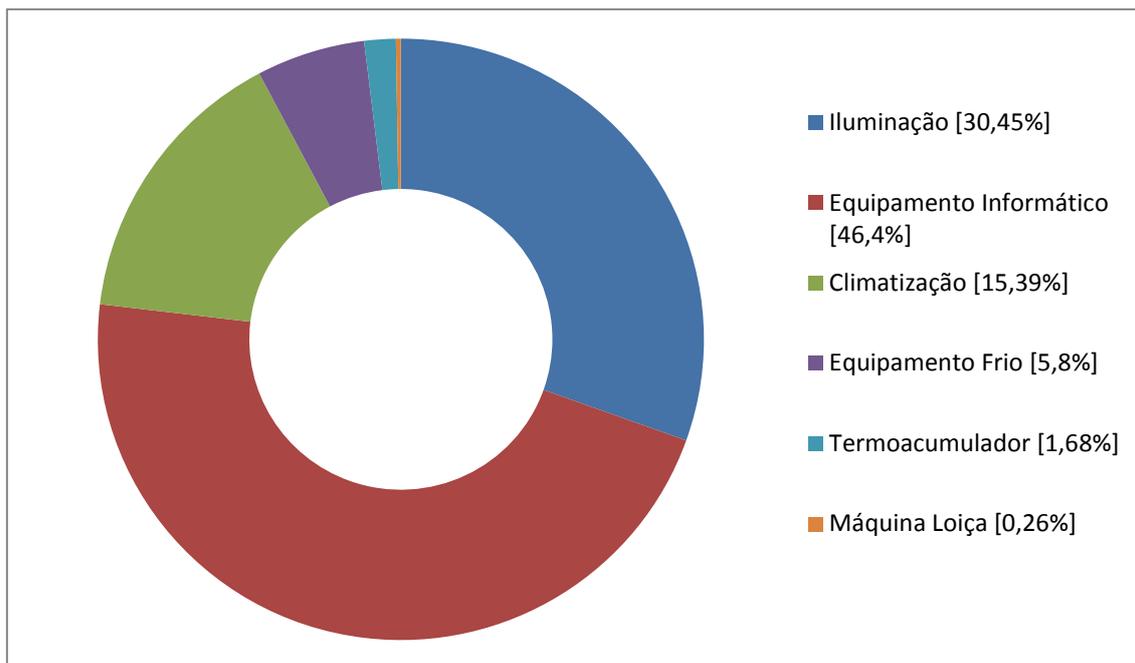


Figura 4.2 - Percentagem de consumo de energia por tipo de equipamento

A iluminação apresenta-se como o segundo grande consumidor de energia elétrica. A percentagem de consumo apresentada, 30,45%, revela que o edifício foi mal concebido e não dispõe de boas entradas de luz natural sendo necessário recorrer à iluminação artificial, em muitos pontos utilizada de forma excessiva e incorreta.

Os equipamentos informáticos, como seria de esperar, têm um peso muito significativo no consumo de energia elétrica, devido aos serviços que são prestados no edifício em estudo, com um peso de 46,4%. Os equipamentos de climatização têm também um peso significativo no consumo energético do edifício, 15,39%, o que poderá estar relacionado com isolamento térmico do edifício.

A análise de faturas é também importante pois permite perceber detalhadamente as componentes que estão a ser taxadas, o respetivo peso no gasto energético total, e qual o consumo total do período a que se refere a fatura. O total faturado em 2015, apenas 84,75% reflete o consumo efetivo e que 15,25% dos gastos são com o IVA (Figura 4.3). O IVA na Região autónoma dos Açores está fixado nos 18%.

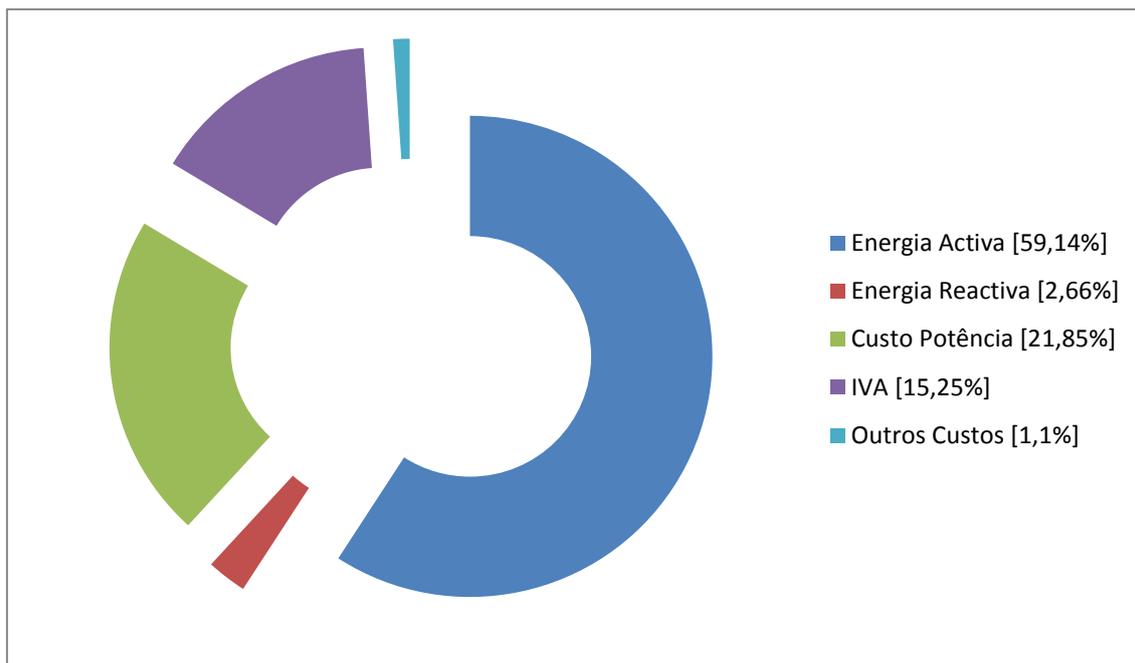


Figura 4.3 - Peso dos custos associados ao consumo de energia elétrica

Assim, é possível verificar que do valor total faturado, 84,75% que correspondem ao consumo efetivo, 59,14% corresponde ao custo da energia ativa, 21,85% ao custo da potência contratada e apenas 2,66% ao custo da energia reativa. Desta análise é possível verificar que o custo da potência tem um peso significativo na fatura elétrica ao contrário da energia reativa que tem pouca expressão no valor faturado.

Analisando a Figura 4.4, que apresenta o diagrama de carga do dia 4 de Setembro de 2016, rapidamente se percebe a distribuição do consumo ao longo do dia. É certo que não é uma boa aproximação à realidade anual, pois nos meses de Inverno o consumo será um pouco diferente, mas dentro do mesmo perfil.

Verifica-se que a atividade nos Paços do Concelho se inicia por volta das 08:00 da manhã aumentando o seu consumo de forma exponencial até às 10:00, período que corresponde à abertura do edifício ao público e conseqüentemente o arranque de todo o material informático necessário ao funcionamento dos serviços prestados. Das 10:00 até às 15:00 há um aumento no consumo de energia mas de forma mais suave, e é neste período em que se regista o pico de consumo (26KWh) situado entre as 14:00 e 15:00, neste período para além de estarem todos os equipamentos informáticos ligados, estão também os equipamentos da cozinha e possivelmente os equipamentos de climatização. A partir das 16:00 observa-se um decréscimo no consumo até por volta das 20:00, período em que grande parte da atividade cessa. Por volta das 21:00 há de novo um aumento no consumo que corresponde ao momento em que é ligada a iluminação exterior, este consumo depois estabiliza até às 02:00, das 02:00 às 04:00 o consumo decresce até ao mínimo do dia (12KWh). Este consumo base de cerca de 12KWh, representa todos os equipamentos que pelas mais diversas razões ficam ligados durante o período da noite. Até às 08:00 do dia seguinte o consumo é estável e muito perto do mínimo. Às 08:00 do dia seguinte o ciclo começa novamente seguindo o mesmo perfil.

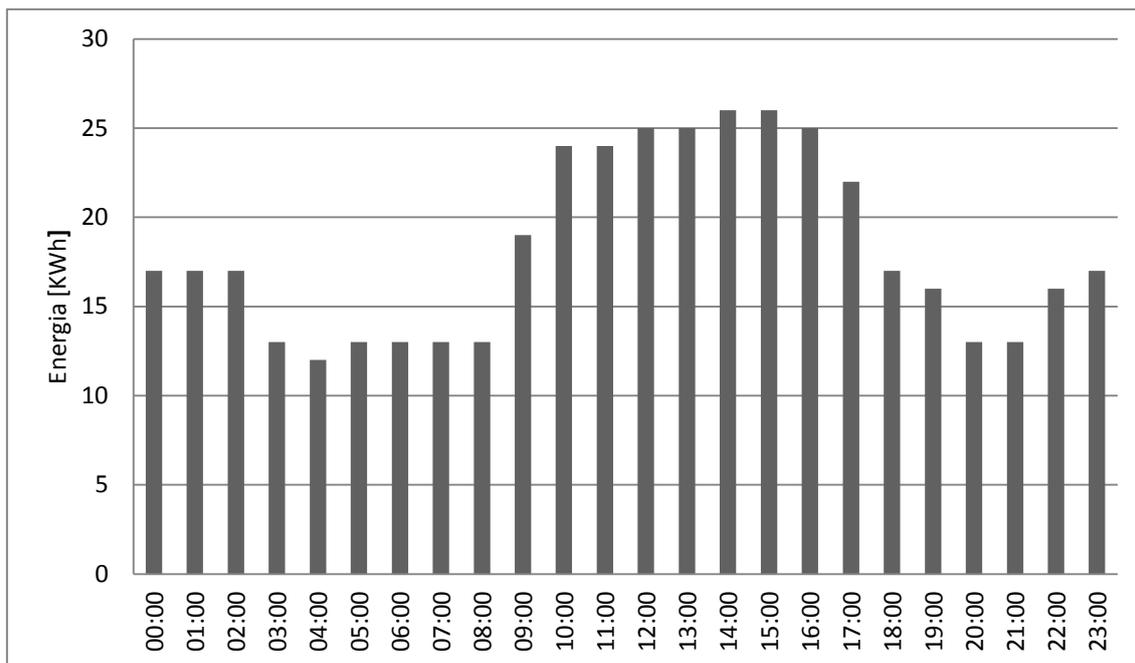


Figura 4.4 - Diagrama de carga diário

Na Figura 4.5 é apresentado o comportamento mensal do consumo de energia reativa no ano de 2015. Verifica-se que os maiores consumos ocorrem no mês de Novembro, enquanto que o menor corresponde ao mês de Agosto.

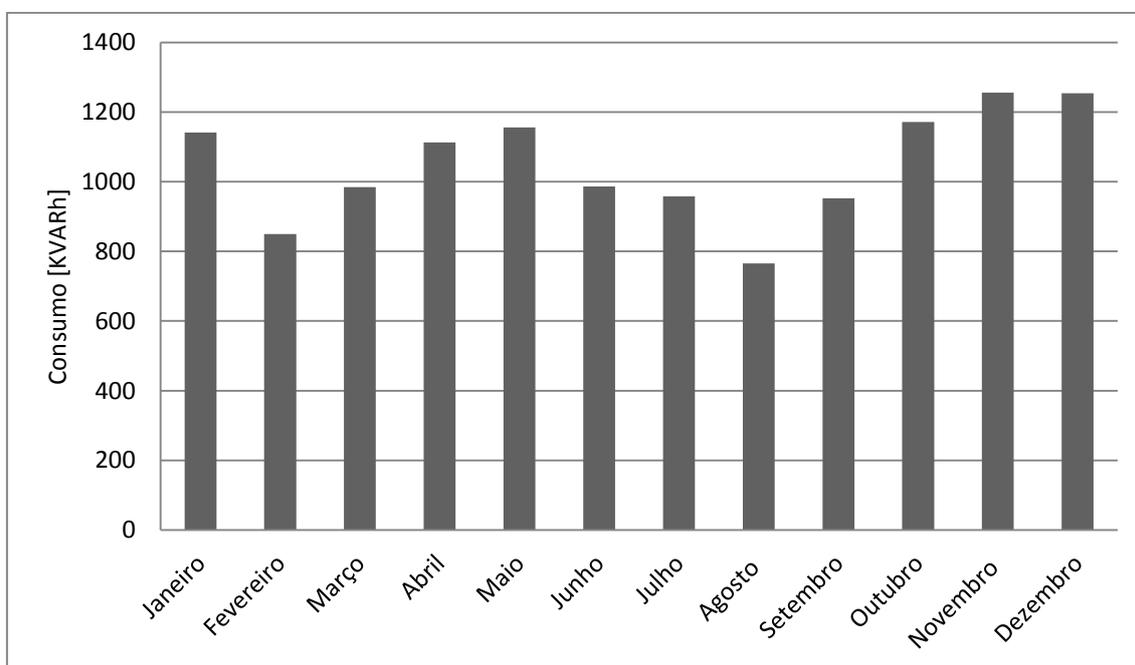


Figura 4.5 - Consumo mensal de energia reativa no ano de 2015

A energia reativa está intrinsecamente relacionada com o Factor de Potência (FP), sendo este o quociente entre a potência ativa (P) e a potência aparente (S), ($FP = P/S$). O factor de potência é um indicador da qualidade da energia consumida, nomeadamente de energia reativa. Quando o factor de potência é igual a zero (0), o fluxo de energia é inteiramente reativo. Quando o factor

de potência é 1, toda a energia fornecida pela fonte é consumida pela carga. Na Figura 4.6 é possível observar a variação do factor de potência ao longo do respetivo ano.

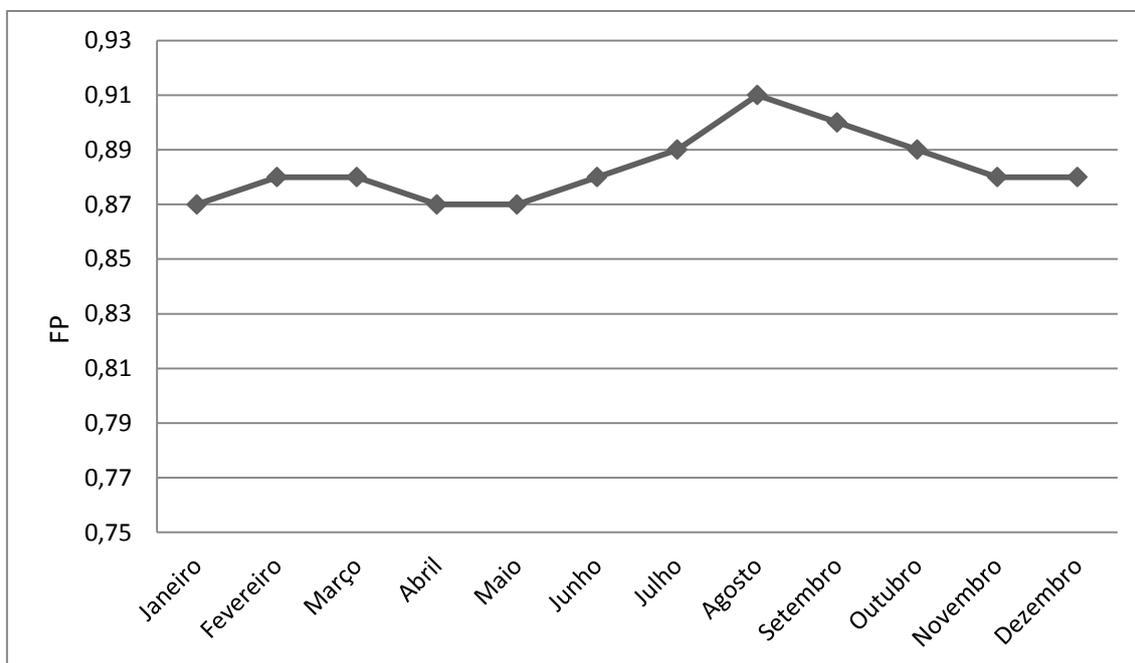


Figura 4.6 - Variação mensal do fator de potência no ano de 2015

Observa-se que o factor de potência tem, no geral, valores relativamente favoráveis, já que o mês com pior FP corresponde a 0,87.

4.2. Restrições às medidas de Eficiência Energética

Uma vez conhecido o perfil de consumo do edifício dos Paços do concelho, resta-nos saber que tipo de restrições/salvaguardas existem legisladas para este tipo de imóvel. Este edifício, em particular, encontra-se protegido por dois documentos legais, a saber o Decreto Legislativo Regional n.º 3/2015/A, que define o Regime Jurídico de Proteção e Valorização do Património Cultural Móvel e Imóvel e o Decreto Regulamentar Regional n.º 7/2015/A que ratifica o Plano de Pormenor de Salvaguarda de Angra do Heroísmo.

4.2.1 Decreto Legislativo Regional n.º 3/2015/A

A salvaguarda e a valorização do património construído compreendem a conservação e transmissão às gerações vindouras de todos os valores presentes em cada imóvel ou conjunto. Em consequência, qualquer intervenção sobre esse património pode estar a agir sobre valores arquitetónicos de índole volumétrica, espacial, funcional, estrutural, construtiva ou estética. Esses valores, individualmente ou em conjunto, conferem ao edificado uma expressão própria e

inconfundível, inseparável da sua autenticidade, que a melhor intencionada operação de preservação pode facilmente destruir.

A autenticidade pode ser abalada por alterações mais evidentes, como as volumétricas ou as que modificam as proporções dos vãos, mas também por outras de menor importância aparente mas por vezes mais danosas e que dizem respeito, por exemplo, ao tipo de telha utilizado, ao modo como o telhado assenta na parede exterior, à forma da cornija ou do beiral, ao material, desenho e cor das caixilharias, à textura do reboco e da tinta das paredes, ao tratamento das cantarias, ao desenho das sacadas e respetivas guardas ou à forma da chaminé. São alterações que interferem com a expressão geral do edifício, com aqueles aspetos que, em conjunto, permitem reconhecer a sua genuinidade ou a sua falsidade.

A salvaguarda e valorização do património imóvel, nas condições deste novo diploma, implicam, conseqüentemente, uma responsabilidade acrescida, não só dos técnicos e entidades a quem cabe a apreciação dos projetos de intervenção no património construído, mas também dos projetistas a quem cabe fazer uma instrução mais profunda e mais completa desses projetos.

Os conjuntos classificados como de interesse público ou de interesse municipal são, obrigatoriamente, dotados de plano de pormenor de salvaguarda (Decreto Regulamentar Regional n.º 7/2015/A) no prazo máximo de três anos, contados da publicação do ato que os classifique. A realização de quaisquer intervenções nos imóveis classificados e nos imóveis inseridos em conjuntos classificados fica sujeita às seguintes normas:

d) Paredes exteriores e superfícies arquitetónicas:

i) Nos edifícios existentes devem preferencialmente ser respeitados e mantidos todos os elementos constituintes das paredes exteriores, tais como cantarias, cornijas, cunhais, frisos, molduras, óculos, pilastras, socos, vãos, varandas ou quaisquer outros elementos existentes;

ii) O restauro e ou reparação de todos os elementos das paredes exteriores, cujos materiais originais se tenham perdido, deve ser executado em desenho, materiais, proporções, textura e cores que produzam um acabamento semelhante ao anterior;

iii) Todos os elementos de pedra que se encontrem total ou parcialmente destruídos, e se entenda que devam ser mantidos, devem ser substituídos por outros semelhantes em dimensões, textura, cor e tipo, admitindo -se o preenchimento das lacunas com pó de pedra ou argamassa compatíveis na sua composição, textura e cor;

iv) Os elementos de pedra dos edifícios podem ser sujeitos à aplicação de cal, tintas de água e tintas de silicatos, proibindo -se a aplicação de tintas texturadas, areadas, esponjadas ou brilhantes;

v) Não devem ser afixados quaisquer objetos nos elementos pétreos das fachadas;

vi) Nas novas construções, nas ações resultantes da reedificação e reinterpretção, e na ampliação de edifícios existentes, é proibida, como revestimento nas paredes exteriores, a utilização de superfícies envidraçadas, de fibrocimento, de tijolo ou imitações, de reboco rugoso em massa grossa do tipo tirolês ou outro, de materiais cerâmicos, de materiais metálicos, de materiais polidos e brilhantes, de pedra rolada, de alvenaria e elementos estruturais aparentes e de placagem em qualquer material, com exceção da utilização da pedra regional, em alvenaria aparente, em placagem com elementos regulares, em emolduramentos e em cantarias, e desde que a sua aplicação não ponha em causa a integridade do conjunto em que se insere;

vii) A execução de rebocos em paredes exteriores de edifícios resultantes de novas construções, das ações de reedificação, reinterpretação e da ampliação de edifícios existentes, deve ser feita em material compatível com o suporte e o seu acabamento, ao nível da textura, cor e brilho, e deve integrar -se no conjunto onde se insere;

viii) Os rebocos dos edifícios podem ser sujeitos à aplicação de cal, tintas de água e tintas de silicatos, proibindo-se a aplicação de tintas texturadas, areadas, esponjadas ou brilhantes;

ix) As cores das superfícies arquitetónicas, englobando os rebocos e outros elementos crómicos, não devem provocar dissonância cromática no conjunto arquitetónico classificado, devendo ser escolhidas entre aquelas que são utilizadas noutros edifícios classificados;

x) Os azulejos antigos que revestem as paredes exteriores dos edifícios ou muros devem ser mantidos e restaurados;

xi) São proibidas quaisquer estruturas de ensombramento provisórias ou fixas.

e) Portas, janelas e outros vãos:

i) Nos edifícios existentes devem ser respeitados e mantidos o tipo, a forma e as dimensões dos vãos exteriores, a cantaria de pedra e as guarnições em madeira;

ii) Nas ações de reabilitação devem ser conservados os vãos originais/tradicionais, podendo ainda ser recomendada a reposição da localização, dimensões e configuração primitiva dos vãos que tenham sido objeto de alteração, devendo para tal existir evidências materiais e ou documentais e desde que contribuam para a valorização do edifício ou do conjunto onde se insere;

iii) Nas novas construções, nas ações resultantes da reedificação e reinterpretação, e na ampliação de edifícios existentes, os vãos devem, em princípio, respeitar o ritmo, dimensões e configuração dos vãos dos edifícios existentes característicos do conjunto onde se inserem;

iv) Para preenchimento de lacunas e reposição de volumes nas peças de cantaria de pedra dos vãos dos edifícios existentes poderão ser utilizados materiais idênticos aos existentes, bem como argamassas de restauro ou outras argamassas compatíveis com elementos pétreos, desde que da sua aplicação não resulte qualquer tipo de aviltamento das características formais, estéticas e de autenticidade do edifício;

v) As caixilharias existentes devem ser preferencialmente mantidas e reparadas, exceto nas situações de dissonância e que não correspondam ao tipo original/tradicional;

vi) Nas situações de substituição, as caixilharias devem utilizar formas, tipos de abertura, materiais e desenhos específicos do edifício, admitindo -se a alteração de qualquer destes atributos, desde que tal contribua significativamente para a valorização do edifício ou conjunto onde se insere;

vii) Nas novas construções e nas ações resultantes da reedificação e reinterpretação e na ampliação de edifícios existentes, as caixilharias devem utilizar formas, tipos de abertura, materiais e desenhos que não sejam causa de dissonância no conjunto do edifício;

viii) É proibida a ausência de aros ou aduelas nos vãos, sendo obrigatória a sua leitura exterior;

ix) As madeiras em padieira, ombreiras, parapeitos e em qualquer tipo de caixilharia, bem como as portas e portões, não devem provocar dissonância cromática no conjunto

arquitetónico edificado, até as cores serem fixadas em planos de pormenor de salvaguarda ou planos especiais de ordenamento do território;

x) Por opção ou necessidade de melhoria do desempenho térmico e acústico, este deve preferencialmente ser obtido pela instalação de um segundo caixilho colocado pelo interior;

xi) É permitida a utilização de vidro duplo, nos casos em que seja possível proceder à correção térmica e acústica sem adulterar o tipo e a dimensão dos componentes do caixilho original/tradicional, nomeadamente a espessura dos verdugos;

xii) Nas ações de reabilitação devem ser respeitados e mantidos o tipo e sistema de abertura das janelas e das portas, incluindo as vidraças de pequena dimensão, separadas por verdugos estreitos, podendo ainda ser recomendada a reposição de outros tipos originais/tradicionais característicos do conjunto onde se inserem;

xiii) É proibida a aplicação nos vãos de vidros espelhados, foscos, rugosos ou martelados, bem como de todos aqueles que, pela sua cor ou configuração, possam prejudicar manifestamente a harmonia do edifício ou da zona envolvente;

xiv) O ensombramento deve ser garantido através de portadas interiores em madeira pintada, excetuando -se o caso dos edifícios existentes cujo sistema de ensombramento seja de outro tipo e ou de outro material, que deve manter -se, desde que não seja dissonante do conjunto onde se insere;

xv) É proibida a inclusão de estores de qualquer tipo ou material;

xvi) É proibida a inclusão de portadas exteriores, exceto nos casos em que tal corresponda aos sistemas de ensombramento originais/tradicionais do edifício ou do conjunto onde se insere;

xvii) As varandas e sacadas dos edifícios existentes devem ser respeitadas e mantidas, sendo proibido o seu encerramento, nem mesmo com envidraçados;

xviii) As guardas de madeira e de ferro forjado ou fundido das varandas, varandins e sacadas dos edifícios existentes devem ser preservadas, restauradas e pintadas nas cores originais/tradicionais, sendo proibida a utilização de outros materiais, admitindo -se excecionalmente, no caso das metálicas, a sua substituição por alumínio fundido;

xix) É proibida a inclusão de novas grades ou gradeamentos exteriores;

f) Coberturas:

i) Nos edifícios existentes devem ser respeitados e mantidos o tipo, a configuração, designadamente pendentes, número e orientações dos planos, a estrutura e o revestimento dos telhados, devendo as telhas ser de barro de canudo com cor castanha escurecida ou envelhecida, tanto na capa como no canal, e com beirados na mesma telha, em fiadas simples ou duplas e assentes com argamassa;

ii) Nos casos em que o material da cobertura seja associado a um tipo arquitetónico específico, deve ser mantido o revestimento da cobertura;

iii) Nas novas construções, nas ações resultantes da reedificação e reinterpretação, as coberturas devem respeitar o tipo, a configuração, designadamente pendentes, número e orientações dos planos, das coberturas dos edifícios existentes;

iv) As coberturas devem ser telhadas com telha de barro de canudo com cor castanha escurecida ou envelhecida, tanto na capa como no canal, e os beirados devem utilizar a forma original/tradicional na mesma telha, executada em fiada simples ou dupla, ou em madeira;

v) Admite -se a utilização de coberturas planas em equipamentos de utilização coletiva de natureza pública, que pela sua natureza funcional e arquitetónica o justifiquem, desde que não ponham em causa a harmonia e integridade do conjunto onde se insere, e nas ações de ampliação de edifícios existentes, desde que não sejam visíveis a partir do espaço público, façam parte de volumes secundários, e não ponham em causa a harmonia e integridade do conjunto onde se insere;

vi) Nos edifícios existentes devem ser respeitadas e mantidas as formas de elevação da cobertura originais/ tradicionais, nomeadamente, claraboias, cúpulas, janelas de teto, mansardas ou torrinhas e torreões;

vii) Nas novas construções, nas ações resultantes da reedificação e reinterpretação e na ampliação de edifícios existentes, não são permitidas quaisquer formas de elevação da cobertura e andares recuados, com ou sem vãos de acesso a terraços;

viii) As caleiras e tubos de queda e respetivos suportes dos edifícios existentes devem ser preferencialmente respeitados e mantidos;

ix) As chaminés, as platibandas e outros remates, nomeadamente, pináculos, balaustradas e frontões, dos edifícios existentes devem ser respeitados e mantidos, exceto nas situações de dissonância, nas quais se admite a sua substituição e ou demolição;

x) Nas novas construções, nas ações resultantes da reedificação e reinterpretação, e na ampliação de edifícios existentes, as chaminés e outros remates de cobertura devem harmonizar -se com o conjunto onde se inserem;

g) Equipamentos técnicos:

i) Os dispositivos de ar condicionado devem ser obrigatoriamente resolvidos em soluções dissimuladas que acautelem a estética e a unidade arquitetónica dos imóveis;

ii) É proibida a colocação de antenas de qualquer natureza nos telhados e fachadas visíveis dos edifícios, bem como de todas as coisas acessórias que, pelo seu porte e configuração, ofereçam prejuízo estético para os imóveis a que estejam afetadas permanentemente;

iii) No exterior das fachadas que confinam sobre o espaço público são proibidas chaminés e mangas de ventilação ou de extração de ar;

iv) Admite -se a colocação de elementos de iluminação dos edifícios neles próprios, desde que integrados e dissimulados na fachada, podendo ainda os equipamentos de utilização coletiva de natureza pública, colocá -los no pavimento dos passeios envolventes, desde que não salientes;

v) Os armários e os contadores só podem ser integrados na fachada exterior desde que organizados, preferencialmente em conjunto, com dimensões reduzidas e de forma a não prejudicarem a leitura do edifício, serem ocultos e sem visores visíveis, dotados de porta única com acabamento idêntico ao da fachada, devendo para o efeito ser apresentado um estudo específico.

Para qualquer intervenção que não esteja em conformidade com estas normas, estão previstas contraordenações puníveis com coima até € 400 000.

4.2.2 Decreto Regulamentar Regional n.º 7/2015/A

Este regulamento estabelece as regras a que deve obedecer a ocupação, uso e transformação do solo na área abrangida pelo Plano de Pormenor de Salvaguarda da Cidade de Angra do Heroísmo (PPSAH), esta área integra a zona classificada da Cidade de Angra do Heroísmo e respetiva zona de proteção. O principal objectivo deste documento é a promoção da salvaguarda e valorização do património cultural existente.

Este documento tem de se articular com os outros instrumentos de gestão territorial existentes, nomeadamente, Plano Regional de Ordenamento do Território dos Açores (PROTA), Plano da Orla Costeira da Ilha Terceira (POOC-Terceira), Plano Diretor Municipal de Angra do Heroísmo (PDM) e Plano de Pormenor «Rua Jacinto Cândido — Avenida Infante D. Henrique — Rua Dr. Henrique Braz» — Quarteirão dos Silos (PPQS).

O sistema de património integra os imóveis sujeitos a grau de proteção 1 (PT1) e grau de proteção 2 (PT2) dentro da zona delimitada das Unidades Homogéneas 1 a 8 e 10 a 12, devidamente identificados na Planta de Implantação — Parque Edificado e Estrutura Urbana. O grau de proteção 1 (PT1) abrange os imóveis e estruturas com características históricas ou patrimoniais singulares devidamente identificados na Planta de Implantação — Parque Edificado e Estrutura Urbana.

Nas áreas que integrem edifícios qualificados pelo grau de proteção 1 (PT1), caso do edifício dos Paços do concelho, pretende -se preservar a memória coletiva e o enquadramento arquitetónico e urbanístico de bens de importância patrimonial, nomeadamente no que respeita às respetivas características arquitetónicas, urbanísticas e fundiárias, não sendo permitido alterar, danificar ou destruir os seguintes elementos:

- a) Altura da fachada;
- b) Elementos arquitetónicos compositivos ou decorativos constituintes da fachada ou do seu espaço interior;
- c) Elementos e sistemas constitutivos da sua tipologia arquitetónica, incluindo a geometria e os materiais de revestimento das coberturas;
- d) Elementos caracterizadores dos logradouros onde se encontram implantados, nomeadamente espécies arbóreas, elementos verdes representativos de qualidade que não ponham em causa a segurança de edifícios e elementos escultóricos ou chafarizes.

O sistema urbano da área de intervenção do PPSAH encontra-se agrupado em vinte áreas distintas que, pelas suas características arquitetónicas e urbanísticas, merecem um tratamento diferenciado, designadas por Unidades Homogéneas (UH), o edifício dos Paços do concelho encontra-se na UH4. Este documento define também uma série de normas que têm de ser respeitadas:

a) Coberturas:

1 — Os edifícios inseridos em conjuntos cuja cobertura é predominantemente realizada em telhado, têm obrigatoriamente cobertura em telhado respeitando a escala, forma, cor e pendente e orientação dos telhados adjacentes.

2 — Nos telhados existentes na Zona Classificada, as telhas a aplicar são de argila com formato tipo «canudo» de cor castanha escurecida ou envelhecida e os beirados são sempre executados com simples ou dupla fiada, com telha do tipo «canudo», assente com argamassa.

3 — Excepcionalmente, pode ser utilizada a telha do tipo «Marselha», desde que, comprovadamente, seja esta a telha utilizada à data da construção do edifício.

4 — A telha do tipo «canudo» em edifícios existentes é aproveitada sempre que possível, de forma a ser aplicada como telha de cobertura, podendo o canal ser em telha nova, do mesmo tipo ou, com utilização de subtelha pintada da mesma cor daquela.

5 — É interdita a utilização de telhas de betão, de chapas de fibrocimento, chapas metálicas brilhantes e de chapas de matéria plástica, bem como de qualquer outro material brilhante, como acabamento final brilhante.

6 — Em construções novas são interditas coberturas com inclinações superiores a 30°

7 — Nos edifícios situados na Zona Classificada nos quais, por imposição da sua forma ou função, a cobertura tenha áreas planas, estas devem ser revestidas com tijoleira de barro ou noutro material com tonalidade idêntica ou, ainda, coberto vegetal.

8 — Na Zona Classificada é interdita a construção de pisos recuados em relação às fachadas principais, com ou sem vãos de acesso a terraços e a utilização de coberturas de laje ou de nível.

9 — Apenas se admite o aproveitamento da área de sótão através da construção de águas furtadas ou janelas de teto desde que sejam asseguradas condições de habitabilidade adequadas.

10 — A inclusão de águas-furtadas e de janelas de teto em edifícios existentes e em novas construções não pode contrariar o equilíbrio e a simetria das edificações existentes ou o ritmo de cheios e vazios que caracterizam as fachadas.

11 — Por indicação da CMAH as cimalthas, beirados, lanternins, torrinhas e chaminés antigas são conservados ou são objeto de reposição integral sempre que não sejam dissonantes com a gramática arquitetónica presente.

b) Caixilharias, portas e vidros:

1 — A substituição de caixilharias ou a criação de novos vãos em edifícios existentes respeita ou relaciona-se formalmente com o desenho e estrutura original, inclusivamente quanto à articulação e movimento das folhas móveis, nomeadamente:

i) As janelas de guilhotina obedecem ao desenho tradicional, que se caracteriza pela forma quadrada ou retangular, em que, neste último caso, a maior dimensão é a vertical, com vidraças de pequenas dimensões separadas por verdugos finos e estreitos;

ii) As janelas que não são de guilhotina, são sempre de duas folhas de abrir, iguais entre si, com ou sem bandeira fixa e respeitando as características definidas na alínea anterior, salvo se se tratar da reposição ou utilização de outros modelos tradicionais da Zona Classificada;

iii) As caixilharias das portas são sempre de uma ou de duas folhas de abrir, iguais entre si, com ou sem bandeira fixa, com vidraças de pequenas dimensões separadas por verdugos finos e estreitos, salvo se se tratar da reposição ou utilização de outros modelos tradicionais da Zona Classificada.

3 — As regras aplicáveis às cores e materiais admitidos para a execução das caixilharias e das portas são os seguintes:

i) Nas UH 1 a UH 3, UH 5 a UH 9, UH 12, UH 14 a UH 16 e UH 19 a UH 20, as portas são em madeira pintada a tinta de óleo e as cores a utilizar são o verde -garrafa, o vermelho escuro do tipo sangue de boi e o azul -escuro;

ii) Nas UH 1 a UH 3, UH 5, UH 7 e UH 8 são apenas admitidas caixilharias em madeira pintada a tinta de óleo;

iii) Nas UH4, UH 6, UH 9 a UH 17 e UH 19 a UH 20 apenas se admitem caixilharias em madeira pintada ou alumínio termolacado.

4 — Para efeitos da alínea *a)* do número anterior os elementos móveis devem ser preferencialmente brancos e as portas pintadas na cor dos elementos fixos.

5 — A utilização de alumínio ou de outros materiais modernos em caixilharias apenas é permitida nos casos em que se tenham irremediavelmente danificado os materiais originais e desde que da sua aplicação não resulte a descaracterização formal, estética e de autenticidade do imóvel.

6 — É interdita a utilização de alumínio anodizado em caixilharias e vidros espelhados, foscos, rugosos ou martelados, bem como de todos aqueles que, pela sua cor ou configuração, possam manifestamente prejudicar a harmonia do imóvel ou zona envolvente.

c) Método de encerramento dos vãos:

1 — Nos edifícios de linguagem tradicional, o ensombramento dos vãos apenas é permitido através de portadas interiores em madeira, admitindo -se nos restantes a utilização de outros meios, desde que compatíveis com a linguagem arquitetónica do edifício.

2 — Nos imóveis existentes na Zona Classificada é interdita a utilização de estores de qualquer tipo ou material.

3 — Sem prejuízo do disposto nos números anteriores, as regras aplicáveis ao encerramento dos vãos são as seguintes:

i) Nas UH 1 à UH 12 e nas UH 14 e UH 15, não são permitidos quaisquer elementos de ensombramento exteriores, podendo ser utilizadas portadas interiores em madeira nos edifícios com linguagem e caixilharias tradicionais.

d) Paredes e materiais de revestimento:

1 — Na Zona Classificada e em edifícios com linguagem tradicional situados fora desta zona, as intervenções devem obedecer aos seguintes critérios:

i) Os materiais a aplicar na consolidação ou substituição e no revestimento de qualquer pano de parede devem ser compatíveis com os elementos constituintes da parede existente, salvo os casos que constituam uma discordância ou dissonância arquitetónica;

ii) A composição das argamassas a empregar em rebocos exteriores é compatível com as bases existentes, nomeadamente, com a argamassa utilizada no fabrico de alvenaria, sendo

interdita a utilização do cimento como único ligante na composição da argamassa de revestimento em alvenaria tradicional de pedra;

iii) O acabamento exterior dos panos de parede fica reentrante relativamente à superfície exterior das cantarias, molduras e soco existentes e é obrigatoriamente liso e caiado ou pintado com tintas compatíveis, não se admitindo acabamentos em reboco que não seja estanhado ou areado fino.

2 — É proibida a aplicação de revestimentos exteriores compostos por materiais brilhantes, rebocos rugosos ou texturados, materiais refletores, nomeadamente materiais cerâmicos não específicos para fachadas, desperdícios de pedra, telas asfálticas e similares aparentes, fibrocimento ou qualquer espécie de material sintético e plástico.

3 — Sem prejuízo do disposto no número anterior, na Zona Classificada, é proibida a aplicação de revestimentos exteriores compostos por azulejos e cerâmicas de qualquer tipo, mármore, metais de qualquer tipo, vidro e todos os materiais polidos e brilhantes.

4 — Os azulejos antigos que revestem as paredes exteriores de edifícios ou muros são mantidos e restaurados.

d) Instalações e equipamentos técnicos:

1 — As instalações e equipamentos técnicos dos edifícios a executar, designadamente aqueles relativo aos sistemas de abastecimento de água ou saneamento, energia elétrica, telecomunicações, gás ou outros, não podem ficar visíveis do exterior do edifício.

2 — O disposto no número anterior não se aplica à instalação de condutas de drenagem de águas pluviais, nomeadamente aos tubos de queda e caleira, ou a instalações ou equipamentos de emergência.

3 — Os componentes exteriores dos sistemas de aproveitamento de energia solar e dos sistemas de ar condicionado, bem como as caixas de registo, ou outras similares, não podem estar visíveis.

4 — Nos casos em que seja necessário instalar na fachada caixas de registo, ou outras similares, estas são devidamente ocultadas por uma porta com cor semelhante ao resto do pano de parede, não sendo admitida a respetiva colocação em socos de pedra.

5 — Os circuitos de drenagem de águas de condensação dos sistemas de ar condicionado são obrigatoriamente ligados ao sistema de esgotos do edifício, não podendo em caso algum verter sobre o espaço público.

6 — A instalação de antenas, aparelhos de ar condicionado, componentes exteriores dos sistemas de aproveitamento de energia solar e outros equipamentos e instalações técnicas são objeto de estudo de integração e de impacto visual no espaço público envolvente, que deve integrar a memória descritiva do projeto, não sendo admitidos no caso de se verificar que oferecem prejuízo estético para os imóveis ou para a zona envolvente.

7 — É obrigatória a conservação dos algerozes antigos existentes, bem como dos respetivos suportes em ferro forjado.

4.3 Soluções Energéticas

Olhando para os gastos de energia eléctrica, e tendo em conta todas as restrições acima descritas, podemos pensar em algumas soluções que permitam um aumento da eficiência energética deste edifício.

4.3.1 Compensação da energia reactiva

Após a análise das necessidades de energia reactiva para o ano de 2015, foi dimensionada uma bateria de condensadores com o intuito de não ser mais necessário pagar energia reactiva, pelo que o $\cos \phi$ terá de ser sempre no mínimo 0,928. O valor obtido (Tabela 4.1) corresponde à potência da bateria de condensadores que impediria a faturação de qualquer energia reactiva.

Tabela 4.1 – Consumo diário dos equipamentos

Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Potencia KVAr	6,89	5,77	5,77	6,89	6,89	5,77	4,63	2,36	3,46	4,63	5,77	5,77

Ao observarmos a Tabela 4.1 constatamos que o valor máximo a compensar será de 6,89KVAr. As baterias de condensadores existem, no mercado, com potências múltiplas de 10 kVAr. Assim foi estabelecida uma folga de 10 kVAr, para compensar equipamentos a instalar no futuro, pelo que o condensador escolhido foi de 20KVAr, com um preço médio de mercado de 1 058€.

Como demonstrado anteriormente o município de Angra do Heroísmo teve um encargo em 2015 com energia reactiva de 385€, correspondente a 2,66% do total da factura (14 490€). Com a instalação deste condensador e desaparecendo a parcela da energia reactiva da factura eléctrica, o município pouparia cerca de 385€ por ano. Verifica-se assim que o investimento é amortizado ao fim de sensivelmente 2 anos e 8 meses sendo a compensação de energia reativa uma medida de eficiência energética bastante apelativa para a instalação eléctrica do edifício dos Paços do Concelho.

4.3.2 Instalação Fotovoltaica

A obtenção de energia a partir de FER podem contribuir para um aumento da eficiência energética, pois ao produzirmos parte da energia que precisamos, menos teremos de ir buscar à rede. Foi então projectada uma central fotovoltaica de autoconsumo para o edifício em questão.

Tendo em conta as restrições legisladas, apenas uma pequena parte do telhado do edifício é suscetível de receber os painéis fotovoltaicos, pois apenas este quadrante, a SUL, permite que os painéis uma vez instalados permaneçam fora do alcance visual dos transeuntes. O quadrante

SUL do telhado do edifício dos Paços do concelho (Figura 4.7) tem uma área útil para a instalação de painéis fotovoltaicos de 26m^2 e tem uma inclinação de 30° . É importante referir que nenhuma zona do telhado está à mercê de qualquer sombreamento.



Figura 4.7 – Telhado do edifício (Google Maps, 2016)

Para a área em questão poderão ser instalados 15 painéis fotovoltaicos, foram escolhidos painéis fotovoltaicos monocristalinos com uma potência de 290W, pelo que a potência nominal da instalação será 4,35KW. Os painéis escolhidos foram da marca SolarWorld, ref. SW 290mono, com um rendimento de 17,3% e com as seguintes dimensões 1,675 x 961 metros. O catálogo dos mesmos encontra-se em anexo 1.

O inversor escolhido foi o SunnyBoy 4000TL. As principais razões que levaram à sua escolha basearam-se na sua Potência Nominal, que se situa entre 70% e 120% da Potência DC instalada, tal como o facto de ser um inversor trifásico com uma frequência de funcionamento de 50Hz. Resultante de um rendimento do inversor de 96,4%, e perdas globais da instalação de 10%, temos um rendimento de conversão de 86,4%. O catálogo do inversor escolhido encontra-se em anexo 2.

Para o cálculo da potência são necessários vários valores que rapidamente se retira de um programa de estimativa de produção fotovoltaica, como o pvgis. Mas neste caso não foi possível pois o pvgis não tem os valores para as coordenadas do edifício em questão ($38^\circ,65'59,811''\text{N}$; $-27^\circ,21'84,199''\text{O}$), pelo que os valores tiveram de ser todos calculados num documento excel. Considerando uma latitude em radianos de 0,674662 foi calculada a Irradiância para todos os dias do ano, com os valores obtidos foi possível calcular uma estimativa de produção fotovoltaica para as coordenadas em questão (Figura 4.8).

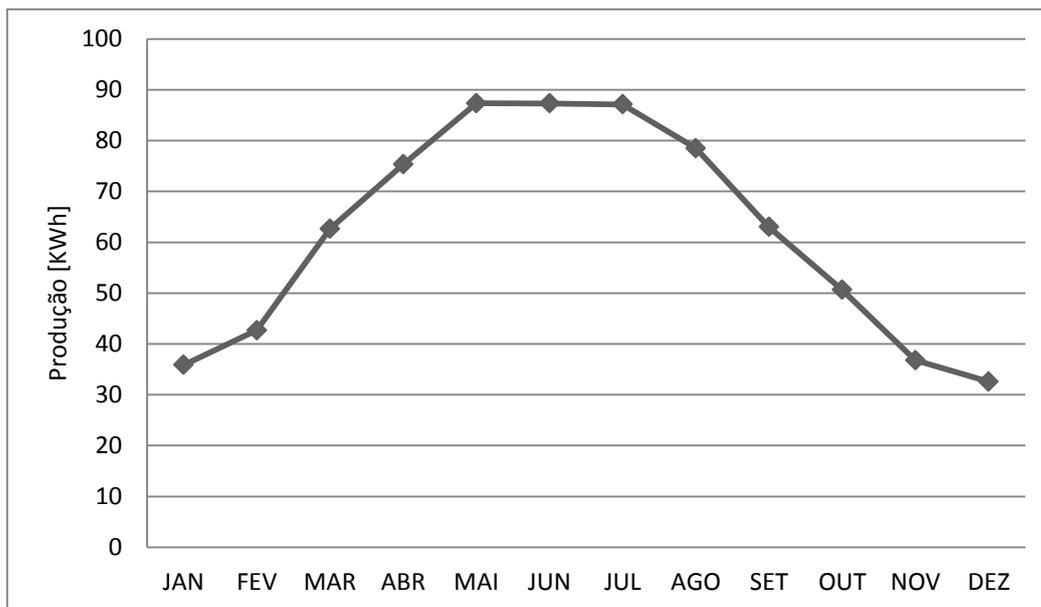


Figura 4.8 – Produção anual da instalação fotovoltaica

Nos cálculos para o dimensionamento da matriz fotovoltaica foram utilizados diversos valores característicos dos módulos fotovoltaicos bem como do inversor (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Dados gerais dos painéis e do inversor

Painel		Inversor	
Pot Nominal	290W	Pot Nominal	4000W
Coef. Temp	-0.41%	Varição Umpp	175v – 440v
Umpp	31.4v	Corrente max entrada	2 x 15A
Uoc	39.9v	Tensão max entrada	550v
Isc	9.97A	Corrente max saída	22A

Para o cálculo do número máximo e mínimo de strings foram tidas como temperaturas de segurança as seguintes, -10°C e 70°C.

$$U_{mpp}(T_{cél.}=70^{\circ}C)= 25,6v$$

$$N_{min}= 6,83 \text{ módulos}$$

$$U_{oc}(T_{cél.}=-10^{\circ}C)= 45,6v$$

$$N_{max}= 9,64 \text{ módulos}$$

Assim, analisando os valores obtidos e o espaço disponível para a instalação dos painéis, decidiu-se distribuí-los por duas strings, uma com 8 painéis e a outra com 7 painéis.

$$2 \text{ strings} * 9,97A = 19,94A$$

Como a corrente obtida encontra-se abaixo do limite máximo de entrada de corrente do inversor, este suporta até 15A por string, concluímos que este inversor pode ser utilizado nesta instalação de autoconsumo. Como o edifício têm um consumo permanente de pelo menos 12KW, incluindo feriados e fins de semana, e o dia (20 Junho) em que ha maior produção (2,92KW) toda a energia que for produzida será consumida localmente, nunca haverá venda à rede.

Tendo os paineis um preço unitário de 342€, o inversor de 1 740€ e outros componentes para a interligação (caixa de ligação e proteção de strings, contador, cabos) 750€ o municipio de Angra teria de investir cerca de 7 620€. Com esta instalação fotovoltaica seriam poupados cerca de 734KW anuais.

Estes 734KW corresponderiam a 164€ depois de facturados, pois para além da energia activa, seriam poupados os custos com a potencia contratada, com o IVA e com outros custos. Isto se o consumo de energia fosse semelhante àquele que ocorreu em 2015, mesmo numero de horas de cheia, ponta, vazio normal e super vazio. Este seria a real poupança em € que o municipio teria com esta instalação.

Considerando um preço médio de 0,224€/KWh depois de facturado (custo da energia activa, custo da potencia contratada, IVA e outros custos), o municipio pouparia cerca de 164€ anuais, pelo que o investimento só estaria pago ao fim de 46 anos. Esta medida parece desaduada para este caso, isto acontece porque para além da radiação nos Açores ser consideravelmente menor do que no continente, o espaço disponivel e susceptivel de ser ocupado com paineis fotovoltaicos, neste caso, é muito reduzido.

4.3.3 Iluminação

Esta é uma das grandes fontes consumidoras de energia electrica nos Paços do concelho, é reponsável por gastar cerca de 30% da energia que é disponibilizada ao edificio, o que corresponde a uma gasto anual que anda por volta dos 4 412€. Todas as lampadas no interior do edificio são fluorescentes, pelo que se o municipio as susbtituísse por lampadas mais eficientes LED, que com menos consumo teriam o mesmo efeito prático, ou seja as lampadas fluorescentes tem um certo numero de lumens e as lampadas LED tem uma maior concentração de lumens, pelo que para a mesma luz será necessário uma menor potencia. Vejamos uma lampada fluorescente de 36W com 2500 lumens, tem cerca de 69 lumens/watt, ao passo que uma lampada LED com o mesmo tipo de cor tem no minimo 90 lumens/watt, pelo que para este caso um LED de 27W seria suficiente, teria um aumento de eficiencia energética de cerca de 25%.

Podemos então estimar a potencia das novas lampadas (com 90 lumens/watt) , as de 36W poderiam ser substituidas por LED de 27W, as de 58W por 43W, as de 32W por 24W, as de 28W por 21W, as de 40W por 30W, e as de 18W por 13W. Podem não haver todas estas potencias disponiveis no mercado, se tal acontecer será escolhida a potencia disponível imediatamente inferior à calculada. Considerando que a despesa com iluminação corresponde a

30% da factura e que anualmente são gastos 4 412€ euros, com as novas lampadas mais eficientes, haveria uma poupança de cerca de 25% do consumo para iluminação. Esta poupança traduziria-se em 1 103€ anuais. Para esta remodelação seria necessário o investimento de cerca de 827€, e com uma poupança anual de 1 086€ esta transformação na iluminação interior estaria paga ao fim de 9 meses.

4.4 Financiamento

Embora alguns destes investimentos pareçam inviáveis, existe uma linha de financiamento que pretende incentivar projectos que visam o aumento da eficiência energética, tanto de edifícios familiares, como edifícios de serviços. O Programa Operacional para os Açores (PO AÇORES 2020) é participado pelos fundos estruturais comunitários FEDER e FSE, para o período de programação 2014-2020, com execução na Região Autónoma dos Açores.

A estratégia definida no PO AÇORES 2020 fundamenta-se numa visão estratégica para os Açores para este período de programação, apoiando-se num conjunto de prioridades de investimento, otimizando os financiamentos comunitários e respetivas elegibilidades dos fundos estruturais FEDER e FSE, no âmbito do crescimento inteligente, da inclusão social, do emprego, da sustentabilidade e eficiência energética, em sintonia com as linhas orientadoras da Estratégia Europa 2020.

Pode-se constatar que um dos objectivos específicos do programa (4.3.1) é precisamente o “Aumento da eficiência energética nas infraestruturas públicas e nas habitações apoiando a implementação de medidas de eficiência energética”. Pode-se também constatar que o financiamento para autarquias se situa nos 85%, pelo que soluções energéticas que pareçam inviáveis em condições normais, como o caso desta instalação fotovoltaica, se tornam muito mais apelativas pois a autarquia apenas tem de investir os 15% restantes.

O valor total destes três investimentos equivale a 9 505€, com o apoio do PO AÇORES 2020, a despesa que a autarquia teria seriam apenas cerca de 1 425€.

5. Conclusões

A dependência externa de combustíveis fósseis com consequentes subidas dos preços da energia coloca desafios às organizações no sentido de apostarem na eficiência energética e procurarem energias alternativas.

Este imóvel, apresenta necessidades ao nível da reabilitação energética, o que denota alguma falta de qualidade das construções e principalmente falta de preocupações a nível energético existentes logo desde a fase de projecto desses edifícios. Sendo perfeitamente normal pois trata-se de um edifício com 150 anos.

A autarquia de Angra do Heroísmo deve adotar estratégias e medidas que lhe permitam otimizar o seu desempenho energético, minimizando a afetação de recursos. Com esta redução de consumo há uma consequente redução das emissões de CO₂.

Estas soluções energéticas devem ser implementadas enquanto as linhas de financiamento para este tipo de investimentos estiverem disponíveis, com o objectivo de minimizar o investimento inicial e reduzir o período de retorno. Este tipo de incentivos é de extrema importancia pois tem a capacidade de transformar um projecto economicamente não viável, num projecto aliciante.

Contudo por mais eficiente que os sistemas eléctricos sejam, as alterações comportamentais são de extrema importancia para a utilização racional de energia. É preferível trabalhar novos comportamentos em vez de esperar por novas tecnologias.

Conclui-se também que os dois principais valores a preservar neste tipo de imóveis são a autenticidade e identidade tanto dos materiais (respeito e manutenção dos materiais originais sendo eles parte integrante do valor patrimonial do edifício), da estética (preservação das ideias originais a que obedeceu a sua concepção inicial) e histórica (manutenção dos valores históricos que surjam associados aos edifícios), pois uma vez alterados poderão a interferir com a classificação do edifício.

Com estas 3 soluções energéticas propostas e um investimento de apenas 1 425€ o município conseguiria uma redução de custo no consumo eléctrico de cerca de 11%.

As preocupações com a eficiência e desempenho energético dos edifícios devem ser mantidas e intensificadas além do âmbito explorado no presente trabalho. Uma maior preocupação com esta temática pode contribuir para o reforço da economia de energia por parte deste tipo de imóveis.

Será interessante realizar uma análise custo-benefício de medidas de eficiência energética para este tipo de imóvel, por forma a comparar com um edifício “recente” e perceber em que medida estes custos e benefícios se relacionam.

6. Referências Bibliográficas

ADEN (2011) ECO.AP Programa de Eficiência Energética na Administração Pública. Documento de apresentação do programa, Lisboa: Agência para a Energia.

ADENE (2011) Mudança de comportamento no âmbito da Eficiência Energética. Documento técnico, Lisboa: Agência para a Energia, Obtido em Outubro de 2015 em <http://www.adene.pt/estudo/mudanca-de-comportamento-no-ambito-da-eficiencia-energetica>

ADENE (2012) ECO.AP Programa de Eficiência Energética na Administração Pública. Programa de Procedimento Tipo: Versão Draft. Lisboa, Portugal.

ADENE (2012) Guia da Eficiência Energética. Brochura, Lisboa: Agência para a Energia. Obtido em Outubro de 2015 em http://www.adene.pt/system/files/guiaee_v1303.pdf

AEA (2010) Introdução à energia. Relatório técnico. Dinamarca: Agência Europeia do Ambiente.

Anselmo, I. (2004) Reabilitação energética da envolvente de edifícios residenciais, DGGE / IP-3E (Ed.), Lisboa, 40 pp., ISBN 972-8268-33-5

APA (2015) Relatório do Estado do Ambiente, APA (Ed.), 206 pp.

Bragança, L (2006) Tecnologias construtivas para a sustentabilidade da construção, Porto: Edições Ecopy, ISBN: 978-989-95194-1-1.

Bragança, L. (2012) Construção e Reabilitação Sustentáveis – Soluções eficientes para um mercado em crise. Universidade do Minho (Ed.), ISBN: 978-989-96543-5-8

Brandão, T. (2011) Serviços de Eficiência Energética em Edifícios Públicos. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia do Porto.

CE (2009) Comissão Europeia - EU Energy in Numbers. Obtido em Março de 2016 em http://ec.europa.eu/energy/observatory/statistics/statistics_en.htm

Chen, Dou, Zhu, et al., (2012) Visibly Transparent Polymer Solar Cells Produced by Solution Processing. Obtido em Abril de 2016 em <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/nn3029327>

Choay, F (2000) A alegoria do património, Lisboa, Edições70 (Ed.), 306 pp, ISBN: 9789724412740

DGEG (2004) Balanço Energético Nacional 2004. Obtido em Março de 2016 em <http://www.dgeg.pt/>

DGEG (2015) Balanço energético sintético 2014. Obtido em Outubro de 2015, em http://www.apren.pt/fotos/newsletter/conteudos/dgeg_balanco_sintetico_2014_1436461747.pdf

DGEG (2015) Renováveis - Estatísticas Rápidas. Obtido em Outubro de 2015 em <http://www.dgeg.pt/>

DGOTDU (2012) Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; *Programa de Reuperação de Áreas Urbanas Degradadas*; obtido em Janeiro de 2016 em http://www.dgotdu.pt/PresentationLayer/dgotdu_site_invprg01.aspx?progid=10

EDA (2015) Factura de contracto de energia eléctrica. Açores

Energia, Q (2013) Compensação de energia reativa. Lisboa: Energia Q. Documento técnico, Obtido de <http://www.qenergia.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=262>

ESSENWANGER, O (2001) *General Climatology Classification of Climates*. Elsevier Science (Publ.), 126 pp, ISBN: 978-0444882783

Eurostat (2015) Primary energy consumption. Obtido em Dezembro de 2015 em <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&pcode=tsdcc120&language=en>

Gonçalves, H.; Graça, J. M (2004) *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, DGEE/IP3E (Ed.), Lisboa, 48 pp., ISBN: 972-8268-34-3

Grilo, J (2012) *Avaliação do Potencial de Poupança de Energia na Habitação em Portugal*. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Guerra, J (2010). *Revestimentos de Fachadas*. Documento técnico, Porto: Universidade Fernando Pessoa.

Guttman, M & Hardoy J (1992) *Historia urbana del area metropolitana*. Editorial Mapfre. Madrid

IEEA (2008) *Guidebook on energy intelligent retrofitting of social houses*. Bruxelas: Intelligent Energy Europe Agency.

IHRU (2012) Instituto da Habitação e da Reabilitação Urbana. Portal da Habitação - IHRU. Obtido em Novembro de 2015 em <http://www.portaldahabitacao.pt/pt/portal/index.jsp>

IMP (2011) *Atlas Climático dos Arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores*

Isolani, P (2008) *Enerbuilding.eu Energy Efficiency. A utilização racional de energia em edifícios públicos* Deco (Ed.), Lisboa, 28pp.

Krewitt, W (2009) *Role and potential of renewable energy and energy efficiency for global energy supply*. Federal Environment Agency (Umweltbundesamt) (Publ.), 14 pp.

LNEG (2010) *Regras para a concessão de uma aprovação técnica europeia (ETA) ou de um documento de homologação (DH) a sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS)*. Documento técnico, Lisboa: Departamento de Edifícios, Núcleo de Revestimentos e Isolamentos.

- Martins, F (2015) Estratégias de Otimização Energética em Edifícios Residenciais. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Melo, A (2016) Memória Histórica da edificação dos Paços do Concelho de Angra do Heroísmo, CMAH. Angra do Heroísmo
- Melo, J (2015) Chegou o novo paradigma energético. Obtido em Outubro de 2015, em <http://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/opiniao-joao-joanaz-de-melo-chegou-o-novo-paradigma-energetico>
- OECD/IEA (2011) World Energy Outlook. International Energy Agency. França: Head of Communication and Information Office
- Patrocínio, T (2007) Ficha Técnica nº 17: Isolamento térmico de fachada pelo exterior. Relatório técnico, Lisboa: Construlink.
- Pereira, I (2000) Perspectiva Urbanística e Normativa do Património Cultural Edificado (Parte I). Obtido em Abril de 2016 em <http://ulisses.cmlisboa.pt/data/002/003/003/artigo.php?ml=2&x=b11a2pt.xml>.
- Pessoa, J (2011) Análise da influência das pontes térmicas nos edifícios residenciais. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- PNAEE (2013) Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética 2016.. Diário da República, 1ª série - nº 70.
- PNAER (2013) Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis 2020. Diário da República, 1ª série - nº 70.
- REN (2015). Centro de Informação. Obtido em Fevereiro de 2015, em <http://www.centrodeinformacao.ren.pt>
- Rodrigues, B. (2012) Reabilitação Sustentável em Edifícios Habitacionais com Valor Histórico. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto
- Salgueiro, T (2005) A Geografia Universitária em Época de Benchmarking Finisterra, XL, 79:137-150
- Santos, S. (2010) Análise do uso da energia na FCT-UNL (edifícios II, VII, VIII, IX e X) e estudo dos comportamentos relativos ao uso da energia. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Simões, F. (1994) Clima e Conforto. Uma Avaliação Climática Expedida. In: Energias Limpas em Progresso. Vol 1, 621-628 pp. , AEES / ISES. Vigo.
- Sucena-Paiva, J. (2005) Redes de Energia Elétrica: uma análise sistémica, Instituto Superior Técnico (Ed.), Lisboa, 787 pp, ISBN: 9789898481061
- Turner, W. & Doty, S (2005) Energy Management Handbook. EUA: The Fairmont Press, Inc. (Publ.), 924 pp, ISBN: 0-88173-542-6

Zacarias (2012) Reabilitação Sustentável de Edifícios Antigos com Valor Patrimonial Casos de Estudo na Baixa Pombalina. Tese de Mestrado em Engenharia, Universidade Nova de Lisboa

Anexo 1

Sunmodule[®] Plus SW 260 - 290 mono



PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)*

		SW 260	SW 265	SW 280	SW 285	SW 290
Maximum power	P_{max}	260 Wp	265 Wp	280 Wp	285 Wp	290 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	38.9 V	39.0 V	39.5 V	39.7 V	39.9 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	30.7 V	30.8 V	31.2 V	31.3 V	31.4 V
Short circuit current	I_{sc}	9.18 A	9.31 A	9.71 A	9.84 A	9.97 A
Maximum power point current	I_{mpp}	8.56 A	8.69 A	9.07 A	9.20 A	9.33 A
Module efficiency	η_m	15.51 %	15.81 %	16.7 %	17 %	17.3 %

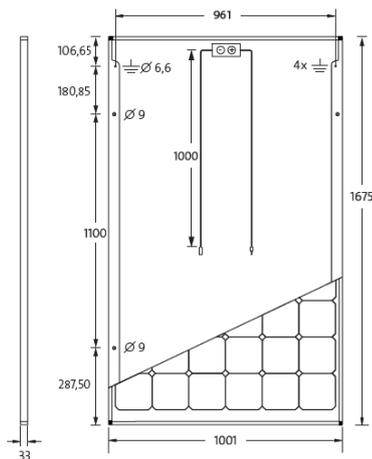
Measuring tolerance (P_{max}) traceable to TUV Rheinland: +/- 2% (TUV Power controlled)

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

PERFORMANCE AT 800 W/m², NOCT, AM 1.5

		SW 260	SW 265	SW 280	SW 285	SW 290
Maximum power	P_{max}	194.2 Wp	197.8 Wp	209.2 Wp	213.1 Wp	217.1 Wp
Open circuit voltage	U_{oc}	35.6 V	35.7 V	36.1 V	36.4 V	36.6 V
Maximum power point voltage	U_{mpp}	28.1 V	28.2 V	28.5 V	28.7 V	28.8 V
Short circuit current	I_{sc}	7.42 A	7.53 A	7.85 A	7.96 A	8.06 A
Maximum power point current	I_{mpp}	6.92 A	7.02 A	7.33 A	7.43 A	7.54 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200 W/m², 100% (+/-2%) of the STC efficiency (1000 W/m²) is achieved.



DIMENSIONS

Length	1675 mm
Width	1001 mm
Height	33 mm
Frame	Clear anodized aluminum
Weight	18.0 kg

COMPONENT MATERIALS

Cells per module	60
Cell type	Mono crystalline
Cell dimensions	156 mm x 156 mm
Front	tempered glass (EN 12150)

THERMAL CHARACTERISTICS

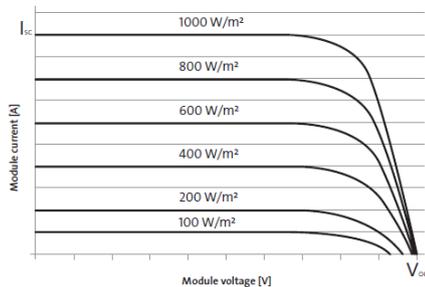
NOCT	46 °C
$TC I_{sc}$	0.040 %/K
$TC U_{oc}$	-0.30 %/K
$TC P_{mpp}$	-0.41 %/K

ADDITIONAL DATA

Power sorting	-0 Wp / +5 Wp
J-Box	IP65
Connector	H4

PARAMETERS FOR OPTIMAL SYSTEM INTEGRATION

Maximum system voltage SC II	1000 V
Maximum reverse current	25 A
Load / dynamic load	5.4 / 2.4 kN/m ²
Number of bypass diodes	3
Operating range	-40 °C to +85 °C



SolarWorld AG reserves the right to make specification changes without notice.
This data sheet complies with the requirements of EN 50380.

K88801 | 2015-03-03 EN

Figura A1 - Especificações do painel fotovoltaico

Anexo 2

Dados técnicos	Sunny Boy 3000TL	Sunny Boy 4000TL	Sunny Boy 4000TL/V	Sunny Boy 5000TL
Entrada (CC)				
Potência CC máx. (cos φ = 1)	3200 W	4200 W	4200 W	5300 W
Tensão CC máx.	550 V	550 V	550 V	550 V
Amplitude de tensão MPP	188 V - 440 V	175 V - 440 V	175 V - 440 V	175 V - 440 V
Tensão nominal CC	400 V	400 V	400 V	400 V
Tensão CC mín. / tensão inicial	125 V - 150 V	125 V / 150 V	125 V / 150 V	125 V / 150 V
Corrente máx. de entrada / por string	17 A / 17 A	2 x 15 A / 15 A	2 x 15 A / 15 A	2 x 15 A / 15 A
Quantidade de rastreadores MPP / string por rastreador MPP	1 / 2	2 / A: 2, B: 2	2 / A: 2, B: 2	2 / A: 2, B: 2
Saída (CA)				
Potência nominal CA (com 230 V, 50 Hz)	3000 W	4000 W	3680 W	4600 W
Potência aparente máx.	3000 VA	4000 VA	4000 VA	5000 VA
Tensão nominal CA / âmbito	220, 230, 240 V; 180 - 280 V	220, 230, 240 V; 180 - 280 V	220, 230, 240 V; 180 - 280 V	220, 230, 240 V; 180 - 280 V
Frequência de rede CA / amplitude	50, 60 Hz; ± 5 Hz	50, 60 Hz; ± 5 Hz	50, 60 Hz; ± 5 Hz	50, 60 Hz; ± 5 Hz
Corrente máxima de saída	16 A	22 A	22 A	22 A
Fator de desempenho (cos φ)	1	1	1	1
Fases de alimentação / fases de ligação	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Grau de rendimento				
Grau de rendimento máx. / Euro-eta	97,0 % / 96,3 %	97,0 % / 96,4 %	97,0 % / 96,4 %	97,0 % / 96,5 %
Dispositivos de segurança				
Protecção contra inversão de polaridade CC	●	●	●	●
Seccionador de carga CC	●	●	●	●
Resistência a curto-circuitos CA	●	●	●	●
Controle de contacto a terra	●	●	●	●
Monitorização da rede (SMA Grid Guard)	●	●	●	●
Galvanicamente separado / Unidade de monitorização de corrente residual sensível a todos os tipos de corrente	-/●	-/●	-/●	-/●
Classe de protecção / categoria de sobretensão	I / III	I / III	I / III	I / III
Dados gerais				
Dimensões (L x A x P) em mm	470 / 445 / 180	470 / 445 / 180	470 / 445 / 180	470 / 445 / 180
Peso	22 kg	25 kg	25 kg	25 kg
Temperatura de serviço permitida	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Emissões sonoras (típicas)	≤ 25 dB(A)	≤ 29 dB(A)	≤ 29 dB(A)	≤ 29 dB(A)
Consumo próprio (noite)	< 0,5 W	< 0,5 W	< 0,5 W	< 0,5 W
Topologia	Sem transformador	Sem transformador	Sem transformador	Sem transformador
Tipo de refrigeração	Convecção	OptiCool	OptiCool	OptiCool
Tipo de protecção electrónica / área de ligação (conforme IEC 60529)	IP65 / IP54	IP65 / IP54	IP65 / IP54	IP65 / IP54
Classe de condições ambientais (conforme IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H	4K4H	4K4H
Equipamento				
Conexão CC: SUNCLIX	●	●	●	●
Ligação CA:				
borne rosado / conector de ficha / borne de mola	-/-/●	-/-/●	-/-/●	-/-/●
Visor gráfico: linha de texto / gráfico	-/●	-/●	-/●	-/●
Interfaces: RS485 / Bluetooth®	o/●	o/●	o/●	o/●
Garantia: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 anos	●/o/o/o/o	●/o/o/o/o	●/o/o/o/o	●/o/o/o/o
Certificados e homologações (mais a pedido)	CE, VDE0126-1, G83/1-1, DK 5940 ED2.2, RD 1663/2000, RD 661/2007, EN 50438*, PPC, PPDS, AS4777, UTE C15-712-1, IEC-utility Meeting 216			
* não se aplica a todos os anexos de norma nacionais da EN 50438.				
● Equipamento de série ○ Opcional – não está disponível. Dados com condições nominais				
Designação de tipo	SB 3000TL-20	SB 4000TL-20	SB 4000TL-20/V 0159	SB 5000TL-20

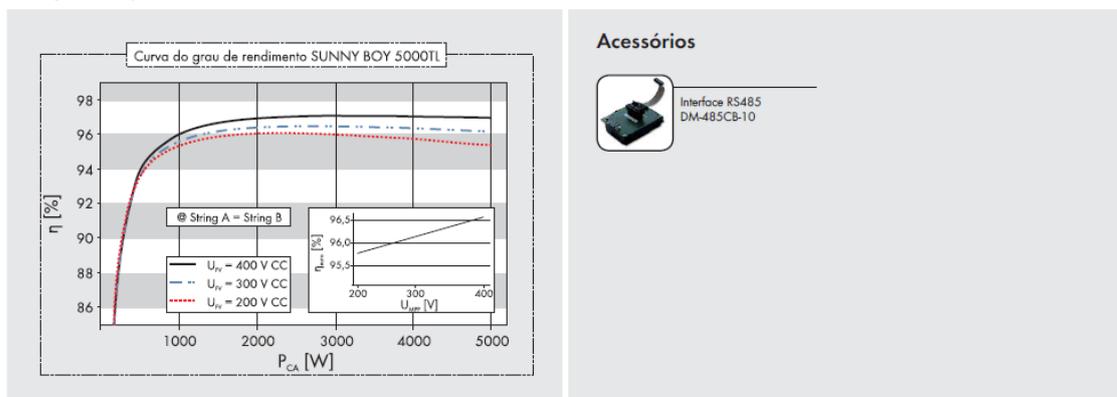


Figura A2 – Especificações do Inversor