



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Mestrado em Energia e Ambiente

**AUDITORIAS ENERGÉTICAS A ESTAÇÕES DE TRATAMENTO
DE ÁGUAS RESIDUAIS**

Cláudio José da Silva Casimiro

Relatório de Atividade Profissional apresentado à Universidade de Évora para obtenção
do grau de Mestre em Energia e Ambiente

Orientador: Prof. João Eduardo Monteiro Marques

Évora, 2013

Resumo

AUDITORIAS ENERGÉTICAS A ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

O presente trabalho tem como objetivo efetuar uma caracterização da experiência profissional do candidato Cláudio José da Silva Casimiro, à obtenção do grau de Mestre em Energia e Ambiente. Para tal, é efetuado um desenvolvimento de um tema para discussão que se prende com a realização de auditorias energéticas a estações de tratamento de águas residuais.

No desenvolvimento do tema é efetuada uma revisão bibliográfica sobre a articulação da execução de auditorias energéticas com os domínios da energia e do ambiente. Nesta revisão são enfatizados os temas relacionados com a dependência, diversificação e intensidade energética. É também analisado o enquadramento legal e metodológico das auditorias energéticas e a sua fundamentação como uma ferramenta para a dinamização da eficiência energética.

Em seguida é realizada uma descrição de um caso de estudo. Este caso de estudo apresenta a execução de quatro auditorias energéticas realizadas pelo candidato a estações de tratamento de águas residuais. É efetuada uma descrição dos processos associados ao tratamento de águas residuais, dando especial atenção à vertente energética dos mesmos e à explicitação da metodologia aplicada na execução das auditorias. É também realizada uma análise da contabilidade energética das instalações auditadas, dando especial relevo aos indicadores de eficiência energética (consumo de energia específico, intensidade energética e intensidade carbónica). Por fim é efetuado uma descrição, fundamentada com cálculos, das oportunidades de racionalização dos consumos detetadas na realização das auditorias energéticas.

No final do relatório é apresentada uma descrição detalhada do percurso profissional do candidato, acentuando exhaustivamente a experiência e atividade profissional no domínio da energia e do ambiente, bem como a listagem de artigos publicados e outras competências adquiridas.

Abstract

ENERGY AUDITS FOR WASTEWATER TREATMENT PLANTS

The present report aims to describe the professional experience of the candidate Cláudio José da Silva Casimiro to obtain the degree of Master in Energy and Environment. To achieve this goal a development of a theme is done. The theme that is addressed relates the conduction of energy audits for wastewater treatment plants.

The development of the theme will be carried out by a literature review that stresses the relation of the energy audits with energy and the environment. In this review will be also emphasized issues related with energy dependence, energy diversification and energy intensity. It will be also examined the legal framework and methodology of energy auditing and its importance as a tool for boosting energy efficiency.

Afterwards, a description of a case study will be made. This case study presents the implementation of four energy audits conducted by the candidate for wastewater treatment plants. It will be made a description of the processes associated with wastewater treatment, giving particular focus on the energy issues and the methodological framework applied for conduction of the audits. It is also analyzed the energy accounting of the plants, with particular emphasis on energy efficiency indicators (specific energy consumption, energy intensity and carbon intensity). Finally a description of the energy efficiency opportunities that was detected at the energy audits will be made.

At the end of the report is focused a detailed description of the candidate's career, highlighting the professional experience on the energy and the environment, as well as a listing of published articles and other skills acquired.

Índice

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
Índice.....	iii
Índice de Figuras.....	v
Índice de Tabelas.....	vi
Lista de Abreviaturas.....	vii
1 Introdução.....	1
2 Apresentação do tema: Auditorias energéticas a ETARs.....	3
2.1 Energia e Ambiente.....	3
2.1.1 Dependência energética.....	4
2.1.2 Diversificação energética.....	5
2.1.3 Intensidade energética.....	6
2.2 Auditorias energéticas.....	8
2.3 A auditoria energética como instrumento legal.....	9
2.3.1 Regulamento da Gestão do Consumo de Energia.....	10
2.3.2 Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia.....	12
2.4 Tipos de auditorias energéticas.....	17
2.5 Metodologia de intervenção.....	19
2.5.1 Preparação da auditoria.....	20
2.5.2 Intervenção no local.....	21
2.5.3 Tratamento da informação recolhida.....	21
2.5.4 Relatório de auditoria.....	22
2.6 Metodologia praticada para a realização das Auditorias Energéticas.....	25
3 Caso de Estudo.....	27
3.1 Descrição da instalação/processo de fabrico.....	27
3.1.1 Fase Líquida.....	27
3.1.2 Fase Sólida.....	29
3.2 Contabilidade energética.....	31
3.2.1 Análise de faturas de energia elétrica.....	32
3.2.2 Consumos e custos por forma de energia.....	36
3.2.3 Auto produção de energia.....	39
3.2.4 Indicadores de Eficiência Energética.....	41
3.3 Exame das instalações e respetivas ORC.....	43
3.3.1 Análise dos principais equipamentos consumidores de energia.....	43
3.3.2 Análise de outros consumos de energia.....	50
3.3.3 Resumos das ORC detetadas.....	54
4 Conclusões.....	57
5 Referências Bibliográficas.....	60
6 Descrição Detalhada do CV.....	62

6.1	Percurso académico	62
6.1.1	Estudos de Pós Graduação.....	62
6.1.2	Estudos de licenciatura pré Bolonha.....	62
6.2	Atividade profissional.....	62
6.2.1	CEEETA-ECO, Consultores em Energia	62
6.2.2	Associação Portuguesa do Veículo Elétrico, APVE.....	74
6.2.3	Agência Regional de Energia e Ambiente do Algarve, AREAL.....	75
6.2.4	Centro para a Conservação de Energia (atualmente ADENE).....	76
6.3	Publicações	77
6.4	Participação ou representações	78
6.5	Outras competências	78
6.5.1	Competências Técnicas	78
6.5.2	Competências de Gestão.....	79

Índice de Figuras

Figura 1 – Evolução da dependência energética (%) em Portugal	4
Figura 2 – Comparação da dependência energética de 1999 a 2009	4
Figura 3 – Importação bruta de energia primária em 2008 [4]	5
Figura 4 – Fontes de produção de energia primária em Portugal [2].....	6
Figura 5 – Comparação da Intensidade energética de 2000 a 2008 [3]	7
Figura 6 – Indicadores de eficiência energética previstos no SGCIE.....	13
Figura 7 – Metas de desempenho energético para instalações CIE	14
Figura 8 – Fatores de conversão de diversas formas de energia [13]	15
Figura 9 – Dimensões de intervenção das auditorias energéticas.....	17
Figura 10 – Temas tratados pelos níveis de auditorias energéticas (Adaptação [15])	19
Figura 11 – Procedimento de realização de auditorias energéticas	20
Figura 12 – Pormenor dos sistemas de tratamento	27
Figura 13 – Detalhe dos sistemas de decantação primária	28
Figura 14 – Pormenor de sobrepresores dos tanques de arejamento.....	28
Figura 15 – Pormenor de sistemas de filtração e desinfecção UV	29
Figura 16 – Pormenor de biodigestores e gasómetros	30
Figura 17 – Pormenor de sistemas de cogeração.....	30
Figura 18 – <i>Output</i> do simulador da ERSE para uma ETAR auditada.....	36
Figura 19 – Exemplo da desagregação dos consumos de energia elétrica numa ETAR	37
Figura 20 – Desagregação anual por tipo de horas de consumo de energia elétrica.....	38
Figura 21 – Evolução do custo de energia elétrica numa ETAR auditada.....	38
Figura 22 – Esquema simplificado de um sistema de cogeração de uma ETAR.....	39
Figura 23 – Evolução da potência elétrica do cogrador de uma ETAR auditada	41
Figura 24 – Evolução da potência elétrica em função do tempo para um sistema de ar de processo	43
Figura 25 – Aspeto dos sobrepresores existentes numa ETAR auditada	44
Figura 26 – Detalhe de um motor elétrico com VEV existente numa ETAR auditada	45
Figura 27 – Evolução da potência de um motor elétrico de uma eletrobomba em função do tempo	46
Figura 28 – Comparação das eficiências das várias classes de motores	48
Figura 29 – Pormenor de um motor do sistema de desodorização numa ETAR	49
Figura 30 – Aspeto de diversas unidades de compressão existentes	53

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Valores dos consumos específicos de energia de referência (K)	11
Tabela 2 – Valores dos incentivos fiscais no ISP previstos no SGCIE	16
Tabela 3 – Descrição sintética do relatório de auditoria energética	24
Tabela 4 – Exemplo dos consumos anuais de energia numa ETAR.....	31
Tabela 5 – Repartição dos níveis de tensão no sistema tarifário nacional.....	32
Tabela 6 – Repartição dos níveis de tensão no sistema tarifário nacional.....	33
Tabela 7 – Repartição dos níveis de tensão no sistema tarifário nacional.....	34
Tabela 8 – Tarifas de venda de energia elétrica em MT.....	35
Tabela 9 – Custo unitário energia elétrica nas ETARs auditadas (2009)	39
Tabela 10 – Resumo dos sistemas de cogeração existentes.....	40
Tabela 11 – Resumo dos indicadores de eficiência energética calculados	41
Tabela 12 – Economia de energia com VEV (simulação <i>software</i> WEG)	47
Tabela 13 – Economia de energia resultante da substituição da classe de eficiência	49
Tabela 14 – Economias de energia resultantes da alteração para balastros eletrónicos.....	50
Tabela 15 – Balanço energético mensal e anual para 12 m ² de coletores solares.....	52
Tabela 16 – Resumo da ORC identificadas na ETAR A	54
Tabela 17 – Resumo da ORC identificadas na ETAR B	55
Tabela 18 – Resumo da ORC identificadas na ETAR C	55
Tabela 19 – Resumo da ORC identificadas na ETAR D.....	56

Lista de Abreviaturas

AT	Alta Tensão
AQS	Água Quente Sanitária
ARCE	Acordo de Racionalização de Consumo de Energia
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BT	Baixa Tensão
BTE	Baixa Tensão Especial
BTN	Baixa Tensão Normal
CAE	Código de Atividade Económica
CEE	Consumo Específico de Energia
CEMEP	Comité Europeu de Fabricantes de Máquinas Elétricas e Eletrónica de Potência
CO ₂	Dióxido de Carbono
CIE	Consumos Intensivos de Energia
CU	Curtas Utilizações
CV	Currículo Vitae
DCE	Diagrama de Carga Elétrico
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
DL	Decreto-lei
ESCO	Empresa de Serviços Energéticos
ENE 2020	Estratégia Nacional para a Energia
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GN	Gás Natural
HC	Horas Cheias
HP	Horas de Ponta
HV	Horas de Vazio
HVN	Horas de Vazio Normal
HSV	Horas de Super Vazio
IC	Intensidade Carbónica
IE	Intensidade Energética
IEE	Indicador de Eficiência Energética
ISP	Imposto sobre Produtos Petrolíferos e Energéticos
kWh	Quilowatt hora
kVAr	Quilovolt Ampère Reativo

LFT	Lâmpada Fluorescente Tubular
LU	Longas Utilizações
MAT	Muito Alta Tensão
Mobi.e	Programa Mobilidade Elétrica em Portugal
MT	Média Tensão
MU	Médias Utilizações
O&M	Operação e Manutenção
ORC	Oportunidades de Racionalização de Consumos de Energia
PEDIP	Programa Específico de Desenvolvimento da Indústria Portuguesa
POE	Programa Operacional da Economia
PIB	Produto Interno Bruto
PREn	Plano de Racionalização do Consumo de Energia (ano n)
RGCE	Regulamento da Gestão do Consumo de Energia
SCE	Sistema de Certificação Energética de Edifícios
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
tep	Tonelada equivalente de petróleo
tg	Tangente de um ângulo
UE -27	União Europeia (a 27 países)
URE	Utilização Racional de Energia
VAB	Valor Acrescentado Bruto
VEV	Variador Eletrónico de Velocidade

1 Introdução

O presente relatório de atividade profissional tem como finalidade realizar uma caracterização da experiência profissional de Cláudio José da Silva Casimiro para a obtenção do grau de Mestre em Energia e Ambiente em várias áreas temáticas que o mesmo tem vindo a desenvolver ao longo do seu percurso profissional.

O tema selecionado para desenvolvimento será a explicitação técnica/científica de um trabalho realizado, que consistiu num conjunto de quatro auditorias energéticas a Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs), seus consequentes Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn) e seus respetivos controlos de execução e progresso no âmbito do SGCIE (Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia), regulado pelo decreto-lei n.º 71/2008, de 15 de abril.

Este trabalho procura ser uma valia para a transmissão dos conhecimentos adquiridos a outros profissionais dado que será relatada a experiência de realização de auditorias energéticas dentro do quadro legal do SGCIE, oportunidades de eficiência energética detetadas, poupanças e investimentos associados a estas oportunidades, principais indicadores energéticos e ambientais, sendo feita uma reflexão sobre as principais dificuldades encontradas na execução e progresso da implementação das medidas de economia de energia propostas.

Assim, no segundo ponto é apresentado o tema onde se enfatiza a importância da energia no meio ambiente, procurando analisar esta temática numa perspetiva do seu impacto nas emissões de Gases com Efeito de Estufa, na dependência e diversificação energética e na competitividade económica a nível do país. Neste ponto, e após uma revisão bibliográfica, é apresentada a auditoria energética como ferramenta promotora da eficiência energética, sendo introduzido o tema salientando os aspetos relacionados com a evolução do enquadramento legal, a tipologia de auditorias energéticas e a metodologia comumente praticada para sua execução.

No ponto seguinte, e de forma a refletir a experiência profissional adquirida, é apresentado o estudo de caso a quatro auditorias realizadas a ETARs no âmbito do SGCIE. Foi dada ênfase às oportunidades de eficiência energética detetadas, poupanças e investimentos associados a estas oportunidades, principais indicadores energéticos e ambientais, e é feita uma reflexão sobre as principais dificuldades encontradas na

execução e progresso da implementação das medidas de economia de energia encontradas.

No último ponto é efetuada uma descrição detalhada do Currículo Vitae (CV) do candidato que tem como objetivo comprovar a experiência e atividade profissional desenvolvida no domínio da Energia e Ambiente. Este CV relata o percurso académico, a atividade profissional desenvolvida, as publicações efetuadas, a participação ou representações em organizações relacionadas com tema da energia e ambiente e outras competências adquiridas.

2 Apresentação do tema: Auditorias energéticas a ETARs

Neste ponto será realizada uma apresentação detalhada da execução de auditorias energéticas a ETARs focalizando as experiências e competências profissionais adquiridas neste domínio.

2.1 Energia e Ambiente

Uma mudança de paradigma na relação entre produção de energia e o ambiente é hoje crucial para os países que pretendam atingir bons níveis de desenvolvimento económico e social.

A produção de energia apresenta um elevado impacto no ambiente, em particular no que diz respeito às emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE). A nível europeu, 80% das emissões totais de GEE têm como origem a produção de energia [1].

As emissões de poluentes atmosféricos com origem no setor energético diminuíram entre 1990 e 2005 cerca de 4,4% [1]. No entanto a partir de 2005 esta tendência diminuiu dado que os combustíveis fósseis continuam a dominar o consumo de energia, apesar das variadas medidas de incentivo à eficiência energética e da promoção das energias renováveis contribuírem para reduzir pressões ambientais. Por esta razão, a política económica e energética global tem no topo da agenda as questões sobre a mudança de paradigma entre energia e ambiente.

Esta mudança é ainda mais imperativa em países com escassez de recursos energéticos - como o petróleo, o carvão e o gás - como é o caso do Portugal. Atualmente a energia continua a ser um bem essencial para o desenvolvimento e para a competitividade económica. Para que se atinjam níveis de crescimento sustentados é necessário um equilíbrio assegurado, por um lado, com a energia a preços competitivos e, por outro lado, com uma produção de energia que não acresça as preocupações ambientais como a emissão de CO₂ (particularmente evidente na queima de combustíveis como o petróleo e o carvão, e em menor grau o gás natural).

A esta visão estratégica entre energia e ambiente acrescentam ainda indicadores de competitividade como a dependência energética dos países, a diversificação da oferta energética e a intensidade energética.

2.1.1 Dependência energética

De acordo com os últimos dados da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), Portugal apresentava em 2009 uma dependência energética do exterior de 80,9% da energia total consumida [2].

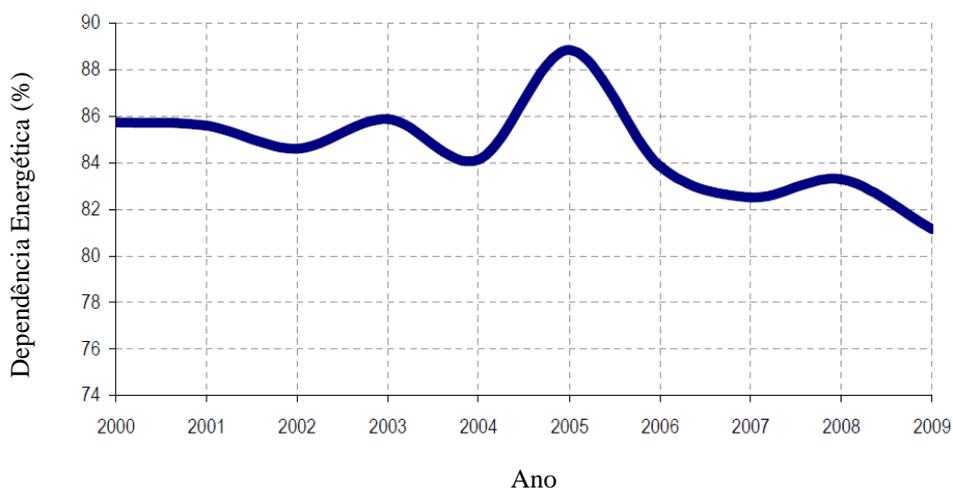


Figura 1 – Evolução da dependência energética (%) em Portugal

Embora este valor seja pouco animador, se compararmos a evolução desde 2000 podemos verificar que a mesma tem vindo a decrescer nos últimos anos (figura1), apesar de se encontrar ainda muito acima da média europeia (UE-27), como se pode observar no gráfico da figura 2 [3].

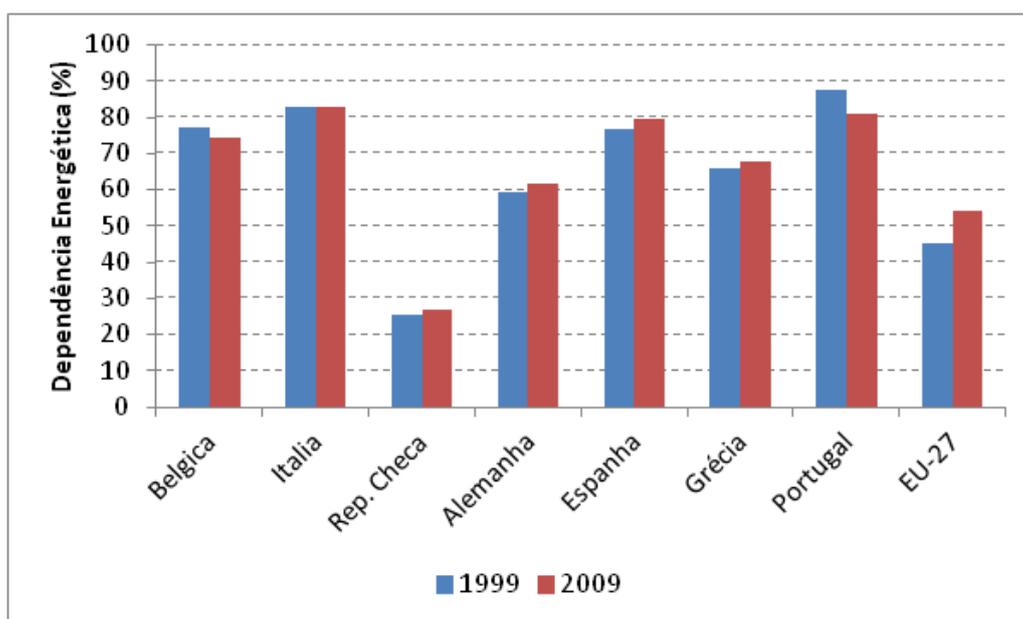


Figura 2 – Comparação da dependência energética de 1999 a 2009

Esta dependência é devida aos elevados níveis de importação de produtos energéticos. Segundo os dados disponíveis mais recentes, referentes a 2008, e apresentados na figura 3, é verificado que o petróleo bruto é o produto com maior percentagem de importação (52%). A razão para este facto é devida à sua utilização como matéria-prima nas refinarias para a transformação em combustíveis e outros derivados. Praticamente com um mesmo nível de contribuição ao nível das importações estão o Gás Natural e os Produtos Petrolíferos, ambos com cerca de 17%. Estes últimos são considerados para uso não energético dado que se está a falar do asfalto, dos lubrificantes, das parafinas, dos solventes, entre outros.

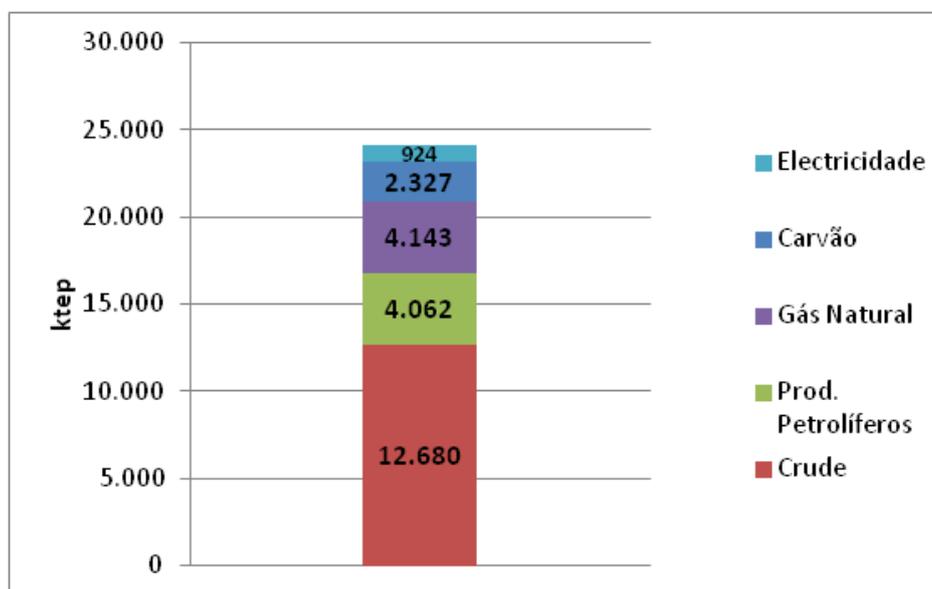


Figura 3 – Importação bruta de energia primária em 2008 [4]

2.1.2 Diversificação energética

Outro aspeto de elevada importância é a baixa diversificação das fontes de energia que, aliada à escassez de recursos próprios, conduz a uma maior vulnerabilidade do sistema energético face às flutuações de preços internacionais, nomeadamente do preço do petróleo, exigindo assim esforços continuados no sentido de aumentar a diversificação, nomeadamente com a penetração de energias endógenas e renováveis. Tal como se ilustra na figura 4, a componente de energias renováveis sofreu um acréscimo de 14,8% para 20,0%, no período de 2000 a 2009, enquanto o petróleo sofreu um decréscimo de 61,6% para 48,8%, no período homólogo [2].

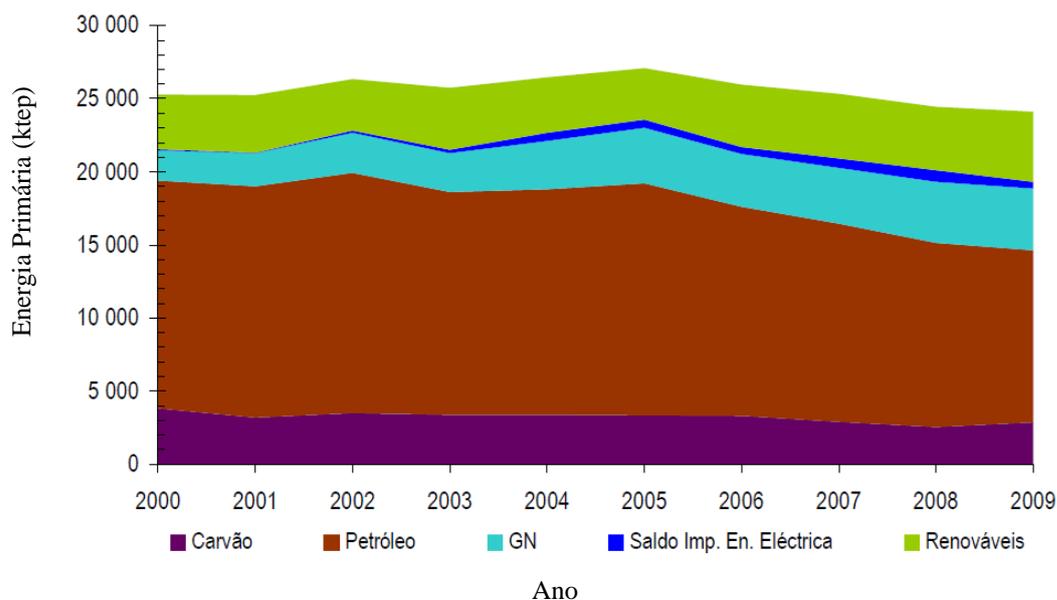


Figura 4 – Fontes de produção de energia primária em Portugal [2]

2.1.3 Intensidade energética

É usual aferir a eficiência do fator energia pela razão entre o consumo de energia primária e o Produto Interno Bruto do país, também designado de Intensidade Energética do PIB. Esse indicador toma valores muito desfavoráveis para Portugal quando comparado com os restantes parceiros europeus, embora entre 2000 e 2008 já se tenha conseguido inverter a tendência de crescimento que vinha acontecendo na década anterior (figura 5).

No entanto é observado que os seus valores são em níveis acima da média da União Europeia e com pior desempenho que países congéneres de dimensão e população semelhantes. Comparativamente com a média europeia, este indicador mostra assim, que para um mesmo nível de riqueza gerada em Portugal é necessário uma maior incorporação de energia primária do que nos outros Estados Membros.

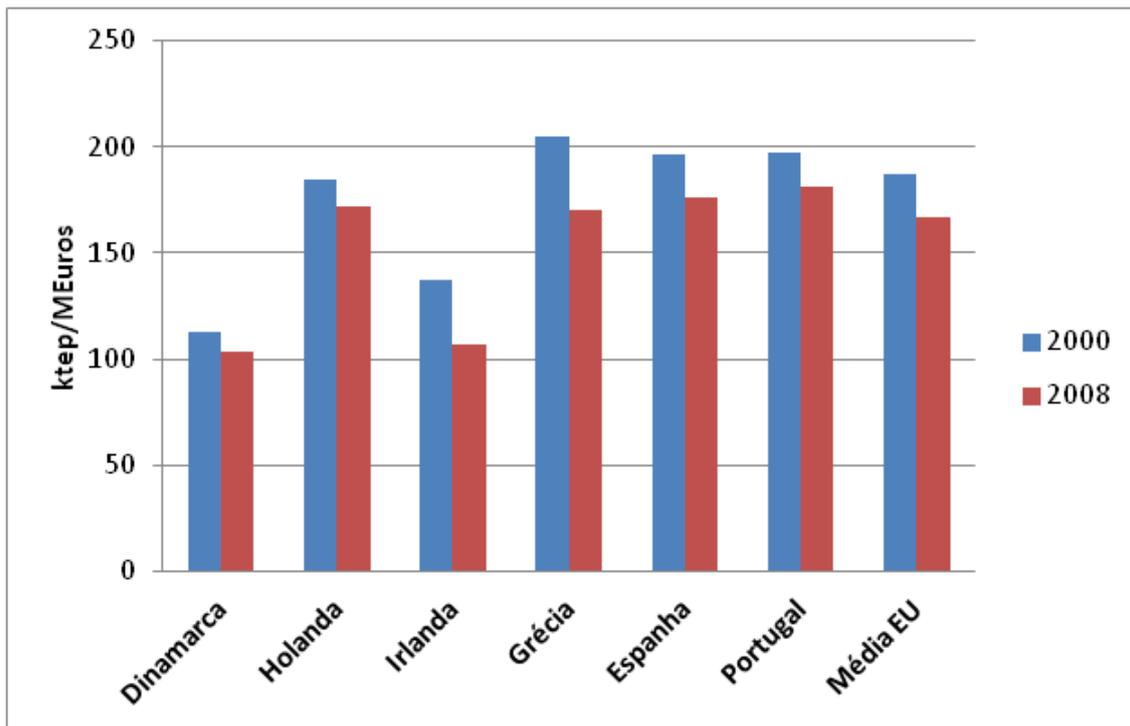


Figura 5 – Comparação da Intensidade energética de 2000 a 2008 [3]

Neste sentido, na última década a política energética nacional tem seguido uma orientação de promoção de fatores que tentam atingir a harmonia entre a energia e o ambiente. Atualmente, está em vigor uma estratégia que retrata as atuais preocupações e ambiciona a alteração do paradigma na relação entre a energia e o ambiente. Em 2010, foi publicada a Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020), aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de abril. Esta estratégia visa atingir os seguintes objetivos [6]:

1. Reduzir a dependência energética do País face ao exterior para 74% em 2020. (Em 2010 a dependência energética nacional foi de cerca de 77% [2]);
2. Garantir o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal no contexto das políticas europeias de combate às alterações climáticas, permitindo que em 2020, 60% da eletricidade produzida tenha origem em fontes renováveis (em 2010 o peso das energias renováveis na produção de eletricidade foi de 46% [6]);
3. Criar riqueza e consolidar um *cluster* energético no setor das energias renováveis e da eficiência energética, criando mais 121.000 postos de trabalho e proporcionando exportações equivalentes a 400 M€;

4. Promover o desenvolvimento sustentável criando condições para reduzir adicionalmente, no horizonte de 2020, 20 milhões de toneladas de emissões de CO₂ (em 2009 as emissões CO₂ em Portugal foram de 62 493 milhões de toneladas [3]), garantindo de forma clara o cumprimento das metas de redução de emissões assumidas por Portugal no quadro europeu e criando condições para a recolha de benefícios diretos e indiretos no mercado de emissões que serão reinvestidos na promoção das energias renováveis e da eficiência energética;
5. Criar, até 2012, um fundo de equilíbrio tarifário, que contribua para minimizar as variações das tarifas de eletricidade, beneficiando os consumidores e criando um quadro de sustentabilidade económica que suporte o crescimento a longo prazo da utilização das energias renováveis.

Assim, a ENE 2020 está assente numa convergência de prioridades no lado da oferta de energia, através da promoção das energias renováveis, e no lado da procura de energia através da promoção da eficiência energética. Tipicamente do lado da oferta de energia existem ações na ENE 2020 que se refletem na aposta nas energias renováveis, em particular na hídrica (8600 MW), na eólica (5400 MW), na solar (1500 MW), na biomassa, nas energias das ondas (250 MW), na geotérmica e no biogás. No lado da procura de energia existem ações na ENE 2020 que promovem a eficiência energética, em particular na promoção e integração da mobilidade elétrica (Programa Mobi.e) com redes inteligentes, promoção da eficiência energética em edifícios (SCE – Sistema de Certificação Energética de Edifícios), promoção da eficiência energética na indústria (SGCIE – Sistema de Gestão dos consumos Intensivos de Energia), promoção da eficiência energética no estado (ex. promoção de empresas de serviços de energia (ESEs).

2.2 Auditorias energéticas

As crises energéticas dos anos setenta serviram de alavanca para se repensar o modo com se utiliza a energia na economia [5]. Desde essa época, surgiu uma necessidade de fomentar a eficiência energética onde a auditoria energética constitui uma ferramenta essencial. Nesta ótica, a eficiência energética visa proporcionar o mesmo nível de produção de bens, serviços e de conforto, mas através de tecnologias que reduzem os consumos face a soluções convencionais.

Dentro deste enquadramento, a auditoria energética é um instrumento essencial para o conhecimento da situação energética de uma instalação, visando a deteção e avaliação das melhores soluções disponíveis para o fomento da eficiência energética.

De um modo geral, uma auditoria energética pode ser definida como um exame detalhado das condições de utilização de energia na instalação. A auditoria permite conhecer onde, quando e como a energia é utilizada, qual a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia, indicando igualmente soluções para as anomalias detetadas [7]. Esta definição é ainda complementada, por vários autores, pela introdução de parâmetros económicos nas medidas de utilização racional de energia (URE), nomeadamente, pela seriação de medidas para as anomalias detetadas em função do binómio poupança de energia e investimento associado (custo eficaz) ([5], [8] e [9]).

As auditorias energéticas podem ter carácter voluntário ou obrigatório. As primeiras são essencialmente induzidas pela necessidade de se reduzir os custos de energia nas instalações, enquanto as segundas são determinadas por imposição legal.

2.3 A auditoria energética como instrumento legal

Em Portugal, as auditorias energéticas são obrigatórias desde o início da década de oitenta pela aplicação do Regulamento da Gestão do Consumo de Energia (RGCE) [10]. Este regulamento foi operacionalizado através da Portaria n.º 359/82, de 7 de abril, onde determinadas instalações tinham a obrigação de examinar as condições em que operam relativamente à utilização de energia e elaborar um plano de racionalização do consumo de energia.

O RGCE começou a ter maior impacto em 1986 dado que era obrigatório a sua aplicação a empresas (especialmente industriais) candidatas ao financiamento a fundos de utilização racional de energia, em particular, ao Programa Específico de Desenvolvimento da Indústria Portuguesa (PEDIP I e II). No período de 1986-2000, foram executadas 787 auditorias energéticas a instalações industriais e enviadas para a Direção Geral de Energia, correspondendo a uma poupança global de 11 611 GWh (aproximadamente 25% do consumo total das instalações) [11].

A partir de 2000 e até 2006, as auditorias energéticas continuaram a ser enfatizadas em programas de incentivo à economia, nomeadamente no Programa Operacional da Economia (POE 2000-2006), em particular na medida 2.5 - Aproveitar o potencial

energético e racionalizar consumos, e na medida 3.2 - Desenvolver e modernizar as infraestruturas energéticas [12]. Embora o POE não financiasse diretamente a execução da auditoria, esta era usada como ferramenta para quantificar as poupanças de energia e justificar os investimentos associados às candidaturas. No ano de 2000, foram executadas 40 auditorias energéticas a instalações industriais no âmbito do RGCE [11].

Passado mais de 25 anos desde a sua publicação e sem qualquer revisão intermédia, o RGCE foi revogado, tendo sido em 2008 publicado um novo diploma que promove a eficiência energética no setor industrial, sendo obrigatória a execução de auditorias energéticas e consequentes planos de racionalização dos consumos de energia. Este diploma, regulado pelo decreto-lei n.º71/2008, de 15 de abril, abreviadamente designado por SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, estabelece uma nova dinâmica para as auditorias energéticas no setor industrial.

2.3.1 Regulamento da Gestão do Consumo de Energia

O RGCE, em vigor de 1986 a 2007, era aplicável a instalações que possuíssem, exclusivamente, um consumo de energia anual superior a 1000 toneladas equivalentes de petróleo¹ (tep/ano), equipamentos instalados cuja soma dos consumos energéticos nominais fosse superior a 0,5 tep/hora, ou se possuíssem pelo menos um equipamento com consumo de energia nominal superior a 0,3 tep/hora.

Para além da auditoria energética, o regulamento obrigava periodicamente a elaboração de planos de racionalização com metas estipuladas na redução do consumo de energia. A redução do consumo (M) a obter ao fim de 5 anos (período do plano de racionalização) era, no mínimo de $M = (C - K) / 2$, onde C representa o consumo específico (consumo de energia primária por unidade de produto fabricado), antes do plano de racionalização e K é um valor de referência.

Os valores de referência deveriam ser publicados regularmente de forma a manter atualizado o regulamento, tendo em atenção a evolução tecnológica e os sucessivos planos de racionalização a que as empresas iriam estar sujeitas. Caso o setor de atividade não tivesse o valor de referência publicado por Portaria, então o valor de 0,9 C era aplicado, como era o caso dos edifícios de serviços e das estações de tratamento de águas residuais.

¹ Conteúdo energético de uma tonelada de petróleo indiferenciado. O “petróleo equivalente” tem poder calorífico de 41,869 GJ/ton (10 Gcal/ton).

Conforme o setor de atividade, os consumos específicos de energia de referência (K) foram publicados pela DGEG através de vários despachos regulamentares. A tabela 1 apresenta alguns dos valores de referência e os correspondentes setores de atividade económica (CAE).

Tabela 1 – Valores dos consumos específicos de energia de referência (K)

Diploma	Setor	Valor K
Despacho n.º 9 722/2004	CAE 26 220 «Fabrico de artigos cerâmicos para usos sanitários»	400 kgep/t
Despacho n.º 2 384/2004	Classificação CAE — 17 210 — tecelagem de fio do tipo algodão	231 kgep/t
Despacho n.º 14 868/2003	CAE — 26 132 — Fabricação de vidro — Cristalaria: Capacidade diária de fusão instalada inferior ou igual a 30 t	780 kgep/t vidro bruto
	CAE — 26 132 — Fabricação de vidro — Cristalaria: Capacidade diária de fusão instalada superior a 30 t	520 kgep/t vidro bruto
Despacho n.º 26 602/2001	CAE — 17301 — Branqueamento e tingimento: Tingimento de tecidos de algodão e de fibras mista	500 kgep/t
	CAE — 17301 — Branqueamento e tingimento: Tingimento de fio de algodão e de fibras mistas	520 kgep/t
	CAE — 17303 — Acabamento de fios e tecidos: Acabamento de tecidos de algodão e de fibras mistas	270 kgep/t
Despacho n.º 23 458/2001	26401 — Fabricação de tijolos e telhas: Tijolos	40 kgep/t
	26401 — Fabricação de tijolos e telhas: Telhas	55 kgep/t

Embora a auditoria energética constituísse uma ferramenta importante, no RGCE esta não era denominada por auditoria, mas por exame das condições de utilização da energia. Assim, à luz do regulamento, a auditoria energética tinha como objetivo examinar a conceção e o estado das instalações e elaborar um plano de racionalização quinquenal. Este exame deveria seguir uma linha de atuação do trabalho nomeadamente:

- Realizar o controlo da combustão e o cálculo dos rendimentos energéticos, em particular dos geradores de calor;
- Verificar o estado das instalações de transporte e distribuição de energia;
- Verificar a existência do bom funcionamento dos aparelhos de controlo e regulação do equipamento de conversão e de utilização de energia;

- Investigar as possibilidades técnicas e económicas de valorização dos efluentes térmicos;
- Realizar balanços energéticos, em termos globais da instalação, por processo de fabrico para cada um dos equipamentos de conversão de energia;
- Determinar os consumos específicos de energia por tipo de produto.

Esta listagem de procedimentos a realizar fazia parte da metodologia que a equipa de auditores tinha que realizar na instalação, embora normalmente a profundidade de atuação fosse muito mais abrangente.

2.3.2 Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

O SGCIE é instituído com o objetivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações industriais consumidoras intensivas de energia e vem atualizar o antigo RGCE.

Dentro do enquadramento legal atual, estas instalações industriais apresentam Consumos Intensivos de Energia (CIE) quando o consumo anual de energia primária for superior a 500 tep. O enquadramento legal das instalações industriais com CIE é descrito do decreto-lei n.º 71/2008, de 15 de abril, frequentemente designado como Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, abreviadamente designado por SGCIE.

O SGCIE torna obrigatório a realização de auditorias energéticas a instalações com consumos de energia iguais ou superiores a 500 tep/ano, sendo de referir que existem dois referenciais possíveis dependendo do consumo de energia primária:

- Entre 500 e 1000 tep/ano, é obrigatória a realização de auditoria energética (passado 1 ano após o registo) – periodicidade 8 anos;
- Superior a 1000 tep/ano, é obrigatória a realização de auditoria energética (passados 4 meses o registo) – periodicidade 6 anos.

Para além destes dois regimes existe ainda o regime voluntário que é facultativo para instalações com consumos de energia inferiores a 500 tep/ano e onde é possível celebrar Acordos de Racionalização de Consumos de Energia (ARCE).

Esta legislação assume três indicadores de desempenho energético para as instalações CIE (figura 6), permitindo assim a comparação de instalações congêneres, e estabelece metas de redução de consumos (figura 7).

O primeiro indicador é a Intensidade Energética (IE), medida pelo quociente entre o consumo total de energia das instalações (onde deverá ser considerada apenas 50 % da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o valor acrescentado bruto (VAB) das atividades empresariais diretamente ligadas a essas instalações.

O segundo indicador é o Consumo Específico de Energia (CEE) que é medido pelo quociente entre o consumo total de energia (considerando apenas 50 % da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis) e o volume de produção (tonelada, m³ água tratada, entre outros exemplos).

Por fim, vem o indicador referente à Intensidade Carbónica (IC) que é medido pelo quociente entre o valor das emissões de gases de efeito de estufa resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respetivo consumo total de energia.

Indicadores de Eficiência Energética

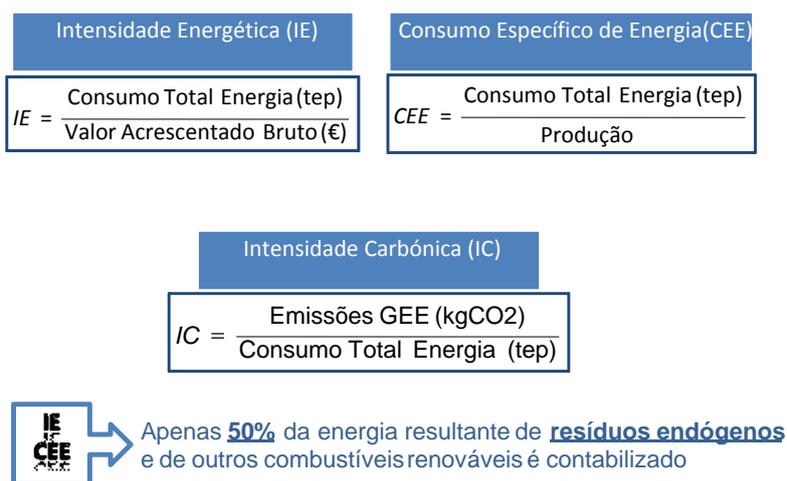


Figura 6 – Indicadores de eficiência energética previstos no SGCIE

As metas a serem atingidas pelas instalações CIE são, no mínimo, uma melhoria de 6 % dos indicadores IE e CEE em seis anos, quando se trate de instalações com consumo

intensivo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, ou melhoria de 4 % em oito anos para as restantes instalações (entre 500 a 1000 tep) e, pelo menos, a manutenção dos valores históricos de IC.

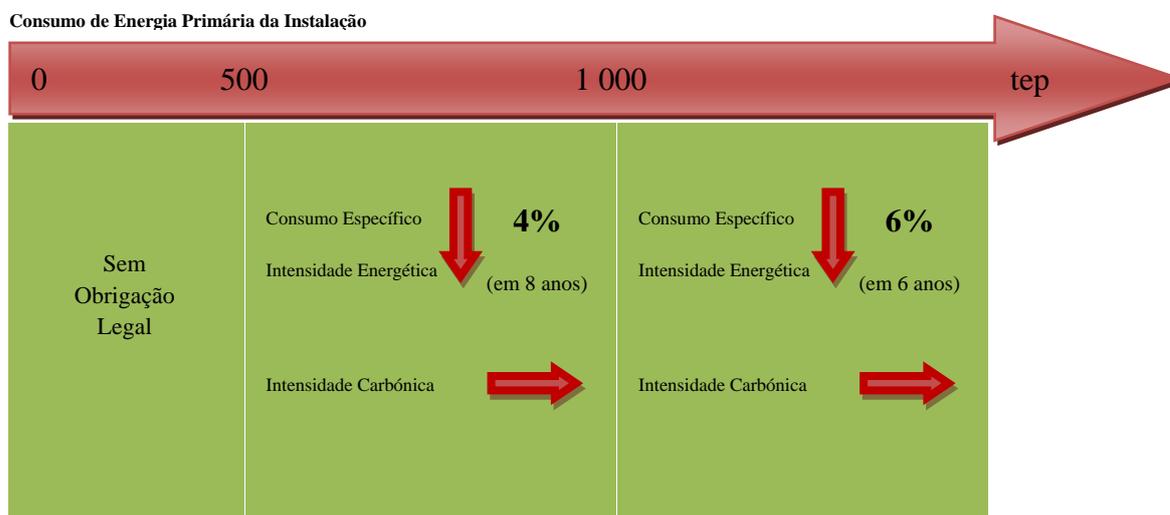


Figura 7 – Metas de desempenho energético para instalações CIE

Para além do DL 71/2008, o SGCIE vem ainda complementado com a seguinte legislação adicional:

- Requisitos de habilitação e experiência profissional a observar para a credenciação de técnicos e entidades (Portaria nº 519/2008, de 25 de junho);
- Fatores de conversão para toneladas equivalentes de petróleo (tep) relativo às várias formas de energia (Despacho nº 17313/2008, de 26 de junho);
- Elementos a ter em consideração na realização de auditorias energéticas e na elaboração de planos de racionalização do consumo de energia (Despacho nº 17449/2008, de 27 de junho).

No que diz respeito aos fatores de conversão para energia primária (tep) a legislação atribui as conversões descritas na figura 8.

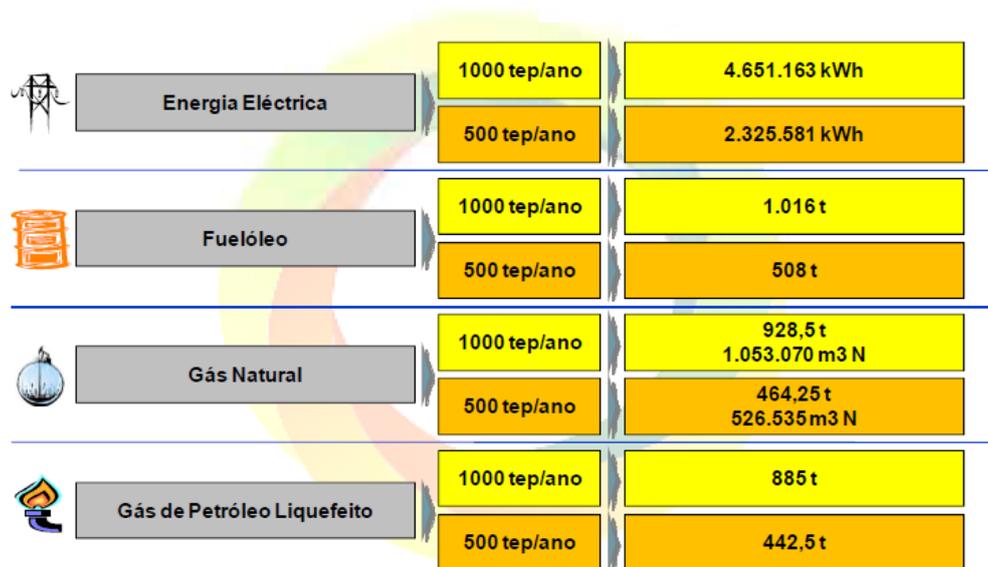


Figura 8 – Fatores de conversão de diversas formas de energia [13]

O SGCIE vem pela primeira vez atribuir estímulos ao desenvolvimento das auditorias energéticas. Consoante o tipo de instalação CIE, estes estímulos são concretizados através de incentivos diretos à realização da auditoria, a investimentos associados a equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia, e a incentivos fiscais através da isenção das taxas de imposto sobre produtos petrolíferos e energéticos (ISP).

Assim uma instalação com consumos inferiores a 1000 tep/ano e que cumpra o SGCIE pode beneficiar de uma compensação de 50 % do custo da auditoria energética, até ao teto máximo de € 750, e 25 % dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia, até ao limite de € 10 000.

Caso a instalação apresente consumos iguais ou superiores a 1000 tep, então com o cumprimento do SGCIE pode beneficiar unicamente de 25 % dos investimentos realizados em equipamentos e sistemas de gestão e monitorização dos consumos de energia, até ao limite de € 10 000.

Em ambos os patamares de consumo de energia, estas contrapartidas podem ainda ser majoradas em 15% e 25% caso se trate de instalações que consumam apenas gás natural e renováveis, respetivamente.

Para além dos incentivos financeiros diretos, existem ainda benefícios às empresas cumpridoras do SGCIE através de incentivos fiscais. Estes incentivos foram fixados em

Portaria [14] e o seu montante depende do produto energético que a instalação utilize. Na tabela 2 são exemplificados os valores dos incentivos fiscais previstos no SGCIE.

Tabela 2 – Valores dos incentivos fiscais no ISP previstos no SGCIE

Produto Energético	Taxa de ISP aplicável (€)
<u>Carvão e Coque</u> – Classificados pelos códigos NC 2701, 2702 e 2704	€ 4,26 por 1000 kg
<u>Coque de petróleo</u> – Classificado pelo código NC 2713	€ 4,26 por 1000 kg
<u>Fuelóleo com teor de enxofre inferior ou igual a 1 %</u> - classificado pelo código classificado pelos códigos NC 2710 19 63 a 2710 19 69	€ 15,65 por 1000 kg
<u>Gases de petróleo</u> classificados pelo código NC 2711	€ 7,99 por 1000 kg

Atualmente, para além das 201 instalações que ainda se encontram registadas no âmbito do RGCE, o SGCIE conta com 681 novas instalações registadas como CIE, perfazendo no total 882 instalações onde está em vigor um plano de racionalização dos consumos de energia. Destas instalações, 65%, estão no intervalo de consumos superiores a 1000 tep enquanto as restantes são instalações compreendidas no intervalo entre 500 a 1000 tep [15].

2.4 Tipos de auditorias energéticas

Existem várias condicionantes para aplicar um determinado modelo de auditoria energética. Muitas destas condicionantes estão relacionadas com o tipo de instalação a auditar, escolha dos gestores da instalação, preço, tempo da intervenção, entre outras. Algumas entidades dividem as auditorias energéticas em dois grandes modelos: preliminares e exaustivas [15]. No entanto, existem outras entidades que adicionam a estes modelos outras dimensões nomeadamente o âmbito da intervenção e o objetivo que a auditoria deve cumprir [8] [16] [17].

O âmbito da intervenção de uma auditoria pode abranger uma determinada área ou processo de fabrico, ou abranger a instalação na sua globalidade. Conforme a sua experiencia, a equipa auditora pode ainda fazer a escolha de incidir numa determinada área de forma a maximizar o potencial de poupança. A profundidade de uma auditoria está relacionada com a metodologia aplicada, e normalmente relacionada com o custo e o tempo da intervenção.

Normalmente, uma auditoria energética pode estar centrada nas áreas onde se podem obter poupanças de energia, ou numa determinada área de forma a identificar medidas de utilização racional de energia e a sua consequente implementação. Ou seja, a intervenção da auditoria energética procura apresentar medidas generalizadas de poupança ou medidas pormenorizadas de poupança numa determinada área ou processo de fabrico. A figura 9 ilustra as várias dimensões que se poderão desenvolver numa auditoria energética.

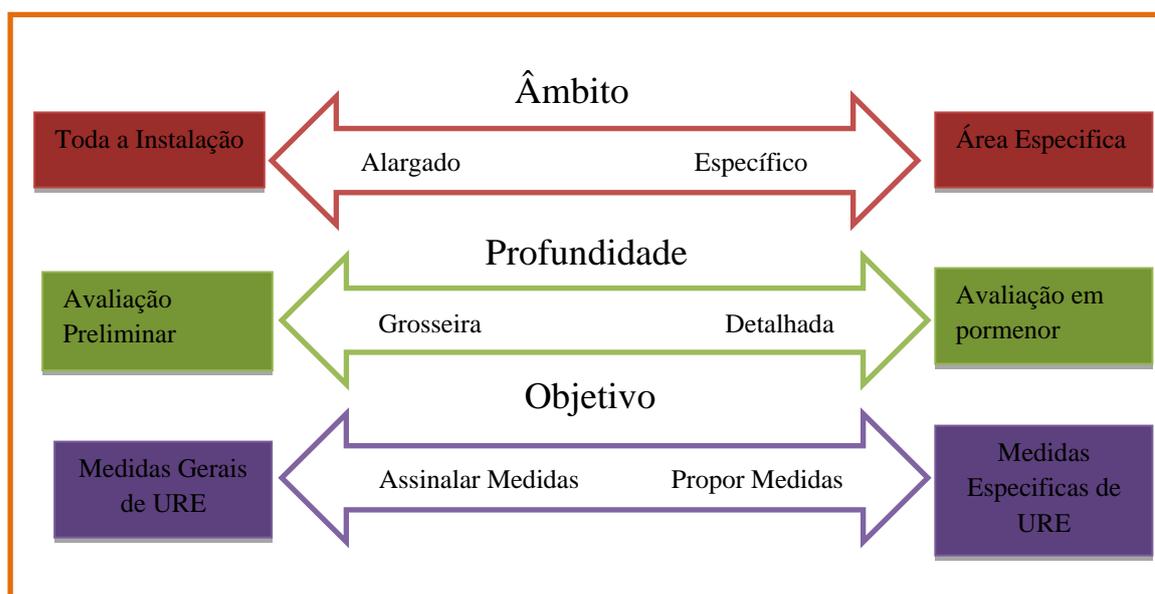


Figura 9 – Dimensões de intervenção das auditorias energéticas

De acordo com estas várias possibilidades de intervenção nas auditorias energéticas, a *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE), definiu três tipos de auditorias energéticas de acordo com os níveis de compromisso [14].

- **Nível 1** - Auditoria energética de revisão
É utilizada em instalações onde os sistemas que consomem energia são bastante simples e cujas áreas de potenciais medidas de poupança de energia são conhecidas antecipadamente;
- **Nível 2** - Auditoria energética preliminar
É utilizada em locais de grande dimensão da indústria transformadora. Proporciona uma visão global do consumo real de energia, na sua totalidade, e define as áreas de consumo significativo de energia. Além disso, realça os fatores de poupança mais óbvios e as áreas onde são necessárias auditorias suplementares de segunda fase.
- **Nível 3** - Auditoria energética específica
É dedicada num sistema específico de utilização energética (caldeira, sistema de ar comprimido, etc.) que providencia medidas técnicas detalhadas para uma melhoria em termos de eficiência energética, envolvendo orçamentos precisos e estimativas ao nível da conservação energética e de custos.

A figura 10 apresenta os temas tratados pelos níveis de auditorias anteriores. É importante enfatizar que não existe uma fronteira definida entre estes níveis de auditorias e cada uma dos níveis apresentados fornece diversos graus de detalhe das medidas de poupança propostas. Tipicamente uma auditoria de nível 2 é aplicável a todas as instalações e permite obter medidas com um bom grau de detalhe.



Figura 10 – Temas tratados pelos níveis de auditorias energéticas (Adaptação [15])

2.5 Metodologia de intervenção

Uma auditoria energética deve ser executada por um técnico reconhecido e que tenha experiência técnica na área onde a auditoria se irá desenvolver. Este técnico é denominado por auditor energético e coordena uma equipa de auditoria que inclui pessoal interno à instalação (ao nível da gestão, operação e manutenção, entre outros) e pessoal externo à instalação, frequentemente pertencente à empresa que executa a auditoria.

Dentro dessa equipa será concertada uma metodologia de intervenção que irá depender dos processos que estão envolvidos na instalação, bem como, do nível e objetivos de auditoria que se pretende desenvolver. Normalmente, a metodologia a desenvolver consiste num normativo básico de intervenção que irá ser moldado e direcionado à realidade da instalação a auditar.

Tipicamente a metodologia a seguir para a execução de uma auditoria deve compreender uma sequência compreendida em quatro grandes fases: preparação da auditoria, intervenção no local, tratamento da informação e realização do relatório (figura 11).

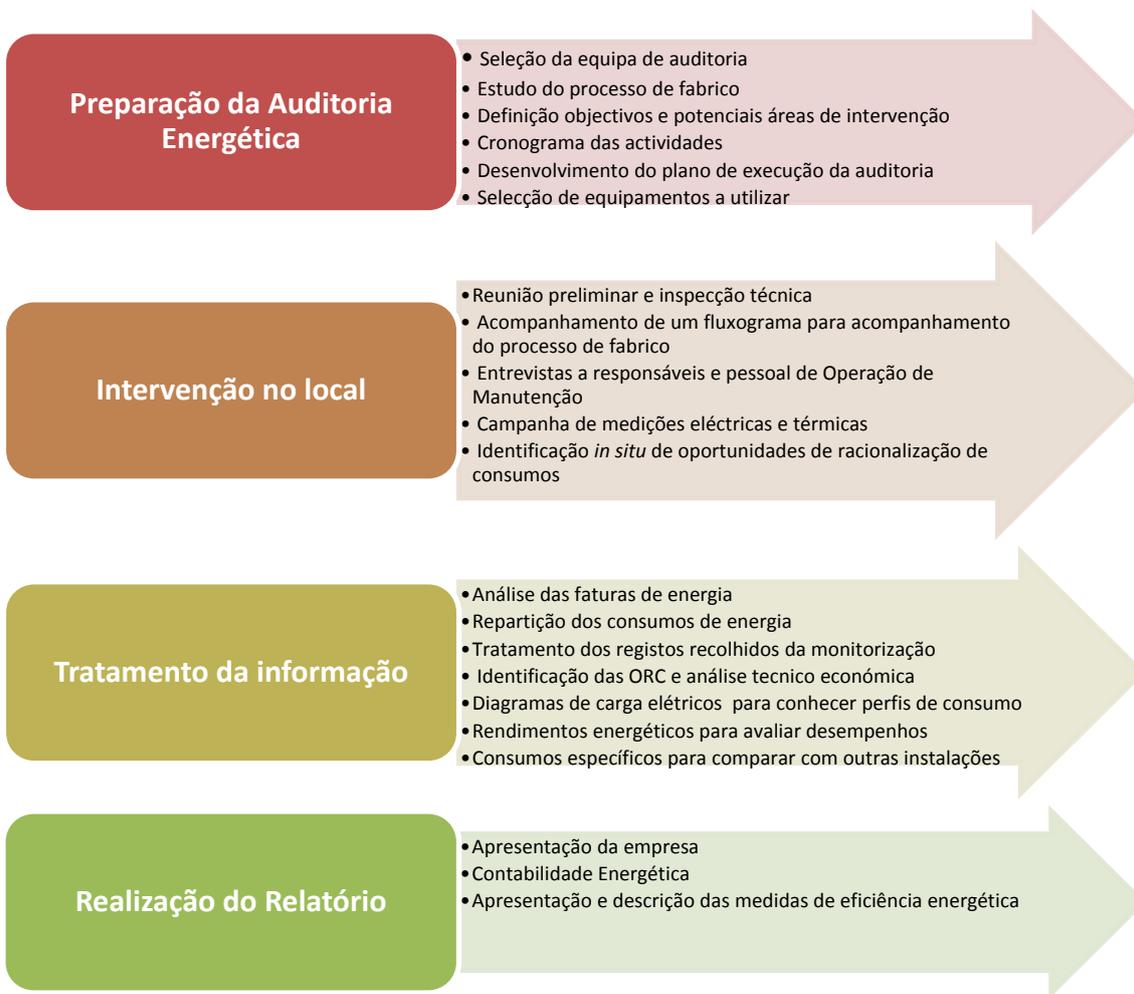


Figura 11 – Procedimento de realização de auditorias energéticas

2.5.1 Preparação da auditoria

Na primeira fase deve ser reunida a informação de forma a cumprir os objetivos traçados para a auditoria, nomeadamente quais as fronteiras em que a auditoria irá incidir (Por exemplo Nível 1, 2 ou 3). Para tal é conveniente a realização de uma reunião preliminar com os elementos responsáveis da instalação de forma a conhecer os intervenientes e clarificar e expor os objetivos da auditoria, respetivo cronograma das atividades e a metodologia a utilizar. Eventualmente, nesta fase poderá ser realizado um inquérito sobre a instalação de forma a se obter informações preliminares. Também é conveniente realizar um plano para a execução da auditoria, com documentos de trabalho e *check lists* de modo a maximizar a produtividade no trabalho de campo a desenvolver em seguida.

Outro aspeto fundamental para se realizar uma auditoria com sucesso é o estudo e análise do processo ou processos de produção envolvidos desde a matéria-prima ao

produto, tendo em atenção as tecnologias energéticas envolvidas e o estado de arte das mesmas. Normalmente, nesta fase é também solicitada informação acerca das faturas de energia dos últimos anos, produção da empresa por produto, manuais de operação e manutenção, características técnicas dos equipamentos consumidores de energia, entre outra documentação relevante.

2.5.2 Intervenção no local

A segunda fase é iniciada com a primeira visita da equipa auditora à instalação onde se percorre a instalação com recurso a um esquema dos equipamentos ou linhas de processo de forma a analisar onde e como é utilizada a energia na instalação. Por vezes acontece que muitas instalações não possuem este esquema devidamente organizado e atualizado, sendo assim necessário a sua construção no decorrer da visita ao local.

No local, seguindo o plano realizado anteriormente a equipa de auditoria deverá inspecionar os principais equipamentos realizando medições pontuais e procurando identificar Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC). É boa prática que esta visita seja acompanhada de elementos internos da empresa de forma a clarificar alguns detalhes ou procedimentos de operação e manutenção na instalação. Nesta fase também se realizam medições e registo das principais grandezas elétricas e térmicas utilizando um conjunto de equipamentos portáteis que a equipa deve possuir. Estas medições devem ser realizadas de forma estratégica e direcionada para identificar ORC de forma a minimizar a utilização de equipamentos de medição.

Nesta fase a coordenação e experiência do chefe de equipa da auditoria é crucial para bom desenvolvimento da auditoria. Muitas das vezes a visita da equipa pode ser realizada em grupos separados por função (por exemplo vertente elétrica e vertente térmica), ou por área de intervenção (central térmica, posto de transformação, central de ar comprimido, entre outros) e o chefe de equipa tem a responsabilidade de articular estes elementos de forma a minimizar o tempo de intervenção e maximizar a alocação dos equipamentos.

2.5.3 Tratamento da informação recolhida

Depois da análise no local, é efetuado o tratamento da informação recolhida na fase 1 e 2, bem como, a avaliação e quantificação das principais ORC. Normalmente, o tratamento da informação é subdividido na análise das faturas de energia,

nomeadamente dos respetivos regimes contratuais e custos, repartição dos consumos de energia por fonte e tipo de utilização, análise da produção e sua articulação com os consumos de energia. Nesta fase também são analisados os dados recolhidos da monitorização, nomeadamente os fluxos de energia (diagramas de *Sankey*), balanços energéticos aos principais consumidores, diagramas de carga elétricos (global e parciais), determinação de rendimentos energéticos e elaboração de consumos específicos.

Conforme o objetivo da auditoria, é ainda realizada nesta fase a avaliação das principais ORC, nomeadamente pela análise técnico e económica das alterações propostas. É salientado que as alterações propostas devem ser consensuais, numa primeira fase entre a equipa da auditoria e, numa segunda fase, entre esta e os membros de gestão da instalação. Normalmente, nesta fase é frequente a equipa de auditoria apresentar os resultados de consultas elaboradas a empresas para a quantificação dos investimentos apresentados nas ORC.

2.5.4 Relatório de auditoria

Por fim, na quarta fase é realizado um relatório de auditoria onde é apresentado e organizado em forma sintética a informação básica da empresa e do seu processo de fabrico, a sua contabilidade energética e o respetivo exame energético da instalação, com a descrição de medidas e a quantificação das economias de energia a obter. Esta quantificação é frequentemente seriada, sendo iniciada nas oportunidades com maior grau de custo eficácia, muitas das vezes materializada pela apresentação de tempos de retorno do investimento mais baixos.

Um relatório de auditoria energética pode apresentar um índice baseado em seis capítulos (tabela 3) [21].

O relatório é iniciado com um sumário executivo que seja sintético e direcionado para a situação atual, as propostas formuladas e seu impacto no consumo de energia.

O segundo capítulo deve fornecer um enquadramento da instalação, do seu processo de fabrico, dos principais equipamentos consumidores de energia e a sua produção. Neste capítulo são apresentadas as peças desenhadas da instalação, fotografias dos equipamentos elétricos e mecânicos, uma descrição das utilizações de energia e sistemas de operação e manutenção.

O terceiro capítulo reflete normalmente a contabilidade energética da instalação, através da exposição dos elementos sobre os vários aspetos relacionados com os consumos e gestão de energia. Neste capítulo é recorrente a apresentação sob forma gráfica os consumos por forma de energia, a eletricidade auto produzida, os sistemas de cogeração, a gestão de energia e os problemas de conservação de energia.

O quarto capítulo apresenta o exame da instalação e respetivas ORC. Neste ponto são estudadas e listadas as oportunidades técnicas de conservação de energia, sendo posteriormente analisadas economicamente de forma a serem seriadas. Cada ORC deve ser complementada com a poupança estimada, o custo estimado e o tempo de retorno simples². Também deve ser acompanhada de um resumo das oportunidades detetadas e apresentados os cálculos que levam a quantificação das poupanças.

O quinto capítulo é dedicado às recomendações de operação e manutenção (O&M) e sua articulação na eficiência energética. Este capítulo pode ser facultativo, embora seja importante o enfatizar dado que por vezes são observadas ORC de baixo custo que se relacionam com a O&M da instalação e que favorecem a eficiência dos equipamentos e o seu tempo de vida.

Por fim, no sexto capítulo são incluídos os anexos com toda a documentação de suporte de informação que seja mencionada no relatório e que não seja adicionada no seu corpo principal. Esta documentação inclui as peças desenhadas da instalação, fotografias e inventário dos equipamentos analisados no levantamento energético (por ex. iluminação, motores elétricos, geradores de calor, transformadores, entre outros).

² Tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado iguala o valor desse investimento.

Tabela 3 – Descrição sintética do relatório de auditoria energética

Capítulo	Descrição
Sumário executivo	
Descrição da instalação/processo de fabrico	Ficha de identificação da empresa Fluxograma e descrição do processo produtivo Produtos finais e subprodutos
Contabilidade energética	Análise das faturas de energia elétrica Consumos por forma de energia Eletricidade auto produzida Sistemas de cogeração
Exame da instalação e respetivas ORC	Análise dos principais equipamentos consumidores de energia Descrição dos equipamentos e medições efetuadas Balanços de Energia Consumos específicos por equipamento Comentários e eventuais ORC Análise técnico económica das ORC
Recomendações de operação e manutenção	Inventariação das ORC e seu impacto na O&M Impacto das ORC na redução dos custos de O&M
Anexos	Peças desenhadas Inventário de equipamentos (iluminação, força motriz, transformação de energia, geradores de calor)

2.6 Metodologia praticada para a realização das Auditorias Energéticas

A metodologia praticada para a realização das auditorias energéticas às ETARs segue uma sequência definida no SGCIE, nomeadamente com o enquadramento definido no Despacho n.º 17449/2008, de 27 de junho. Este Despacho define que a realização da auditoria energética deverá incidir sobre a conceção e o estado das instalações, devendo ser recolhidos os elementos necessários à elaboração do plano de racionalização do consumo de energia, bem como à subsequente verificação do cumprimento deste.

A auditoria energética deverá assim cumprir os seguintes objetivos:

- A. Quantificar os consumos energéticos (por instalação global e principais secções e ou equipamentos) e a sua importância no custo final do(s) produto(s);
- B. Efetuar uma inspeção visual dos equipamentos e ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias;
- C. Esclarecer como é transformada a energia e quais os seus custos;
- D. Efetuar um levantamento e caracterização detalhada dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo com maior peso em termos de potência instalada, quer elétrica, quer térmica;
- E. Obter diagramas de carga elétricos (DCE) dos sistemas considerados grandes consumidores de eletricidade;
- F. Determinar a eficiência energética de geradores de energia térmica eventualmente existentes, pelos métodos das perdas ou direto;
- G. Verificar o estado das instalações de transporte e distribuição de energia;
- H. Verificar a existência do bom funcionamento dos aparelhos de controlo e regulação do equipamento de conversão e utilização de energia;
- I. Realizar balanços de massa e energia aos principais equipamentos consumidores de energia térmica;
- J. Determinar consumos específicos de energia durante o período de realização da auditoria, para posterior comparação com os valores médios mensais e anuais e deteção de eventuais variações sazonais;
- K. Determinar o quociente entre o consumo energético total e o valor acrescentado bruto (kgep/VAB) da atividade empresarial diretamente ligada à instalação consumidora intensiva de energia, bem como, o consumo específico de energia (kgep/unidade de produção);
- L. Identificar e quantificar as possíveis áreas onde as economias de energia são viáveis, como resultado das situações encontradas/anomalias detetadas e medições efetuadas;
- M. Definir intervenções com viabilidade técnico e económica, conducentes ao aumento da eficiência energética e ou à redução da fatura energética;
- N. Definir as linhas orientadoras para a implementação ou melhoria de um esquema operacional de gestão de energia.

Em suma, para cumprir os objetivos definidos no referido Despacho é necessário uma fusão de trabalho de campo com trabalho de gabinete, que culminará num relatório que obedece a uma sequência definida no ponto 2.5, a qual será explorada em detalhe no capítulo seguinte.

3 Caso de Estudo

3.1 Descrição da instalação/processo de fabrico

Para o conjunto das ETARs auditadas foi realizada uma descrição detalhada da instalação, com especial ênfase para os processos de tratamento, sendo estes divididos em duas grandes linhas de tratamento: a linha líquida e a linha sólida. Nesta descrição, e sempre que possível, é efetuado um enquadramento com os consumos de energia associados.

3.1.1 Fase líquida

O processo de tratamento é iniciado na obra de entrada onde o efluente sofre um pré tratamento. No pré tratamento o efluente é elevado para uma cota superior através de meios mecânicos (ex. parafusos de Arquimedes) ou graviticamente sendo depois gradado mecanicamente através de crivos e, posteriormente, sujeito a um processo físico de desarenamento e desengorduramento. Nesta fase inicial os principais consumos de energia têm como origem os motores elétricos (bombas e acionamentos) e os sistemas de ar comprimido.



Figura 12 – Pormenor dos sistemas de tratamento

A segunda fase de tratamento começa com a decantação primária, onde é feita uma separação física sólido/líquido. As lamas decantadas são extraídas por bombas e encaminhadas para os espessadores gravíticos. A parte líquida segue para o tanque de equalização que serve, simultaneamente, para limitar o caudal efluente ao tratamento biológico e para regularizar as cargas afluentes. De modo a manter em suspensão as matérias sólidas residuais e, também, a homogeneizar e arejar as águas residuais, cada um dos tanques está equipado com sistemas de agitação. Nesta fase os principais

consumos de energia têm como origem os motores elétricos através de bombas e acionamentos, nomeadamente os agitadores.



Figura 13 – Detalhe dos sistemas de decantação primária

Na terceira fase é efetuado um tratamento biológico de lamas ativadas através de tanques de arejamento, decantadores secundários, recirculação de lamas e extração de lamas. Nos tanques de arejamento é efetuado, em presença de oxigénio, a degradação da matéria orgânica por microrganismos aeróbios. Em seguida a água tratada é separada da lama ativada de forma a ser reutilizada. Esta recirculação é efetuada por um sistema de bombagem, sendo o excesso de lamas biológicas direcionado para o processo de flotação. Esta fase é a que tipicamente apresenta uma maior intensidade de consumo de energia, dado que o processo de arejamento é efetuado por potentes unidades de produção de ar com elevado caudal a baixa pressão (frequentemente designados por sobrepressores) e, no processo de recirculação de lamas, os acionamentos elétricos possuem potências elevadas e tempos de funcionamento alargados.



Figura 14 – Pormenor de sobrepressores dos tanques de arejamento

A quarta fase, denominada de tratamento de afinação, consiste num tratamento de filtração e, normalmente, numa desinfeção através de luz ultravioleta (ver figura seguinte), seguindo a água tratada para os cursos naturais de água.



Figura 15 – Pormenor de sistemas de filtração e desinfeção UV

3.1.2 Fase Sólida

Na fase sólida, as lamas provenientes do tratamento biológico são tratadas através de um processo químico de separação sólido líquido (flotação) por hipoclorito de cálcio. Também as lamas provenientes do decantador primário são espessadas e misturadas com as lamas provenientes da flotação, sendo estas denominadas lamas mistas. As lamas mistas são condicionadas em silos através de cal hidratada. Posteriormente estas lamas são direcionadas para um digestor onde se inicia o processo de digestão anaeróbia mesofílica (digestão a uma temperatura aproximada de 35 °C) para que as lamas sejam estabilizadas. Paralelamente à linha de lamas, nas quatro ETAR auditadas é efetuado o aproveitamento do biogás gerado na digestão anaeróbica de lamas para produção de eletricidade e calor (cogeração), que servem para satisfazer uma parte das necessidades elétricas e térmicas da instalação. Este biogás antes de ser utilizado como combustível é armazenado em gasómetros (ver figura seguinte).



Figura 16 – Pormenor de biodigestores e gasómetros

É salientado que as lamas na digestão devem ser mantidas, tanto quanto possível, a uma temperatura constante na ordem dos 35 °C, sendo por isso necessário as aquecer.

O biogás produzido durante a digestão é tratado para remoção de impurezas e armazenado num gasómetro, sendo valorizado por intermédio da sua queima em motores integrados numa instalação de cogeração. Estes motores permitem converter em energia elétrica e térmica parte da energia proveniente da combustão do biogás. O calor produzido é aproveitado para o aquecimento da água que mantém a temperatura nos digestores. Quando o sistema de cogeração não for suficiente para satisfazer todas as necessidades térmicas, são instaladas caldeiras auxiliares que utilizam gás natural para aquecimento da água que vai circular nos permutadores de calor referidos. Normalmente estes sistemas auxiliares são utilizados unicamente como reserva.



Figura 17 – Pormenor de sistemas de cogeração

Numa fase final as lamas são desidratadas mecanicamente por centrifugadores de forma a reduzir a percentagem de água e são depois transportadas para aterro.

3.2 Contabilidade energética

Um dos resultados da preparação da auditoria energética é a obtenção das faturas de energia das instalações que serão posteriormente analisadas na fase de tratamento da informação. Para o caso das ETARs auditadas os consumos de energia estão maioritariamente associados à eletricidade e, só residualmente, ao gás natural.

A contabilidade energética tem início com a análise das faturas de energia, nomeadamente na contabilização de consumos, custos associados e verificação da adequação do contrato de fornecimento de energia elétrica ao perfil de funcionamento da instalação.

No que diz respeito à contabilização dos consumos é normalmente apresentada uma desagregação conforme descrito na tabela seguinte.

Tabela 4 – Exemplo dos consumos anuais de energia numa ETAR

Meses	Energia Elétrica		Gás Natural		Energia Primária
	kWh	tep	m ³	tep	tep
Janeiro	547.920	117,80	-	-	117,80
Fevereiro	572.602	123,11	-	-	123,11
Março	543.021	116,75	-	-	116,75
Abril	554.350	119,19	791,00	0,76	119,94
Mai	536.088	115,26	-	-	115,26
Junho	547.054	117,62	3.471,00	3,32	120,93
Julho	517.469	111,26	-	-	111,26
Agosto	536.423	115,33	269,00	0,26	115,59
Setembro	498.890	107,26	-	-	107,26
Outubro	504.295	108,42	150,00	0,14	108,42
Novembro	529.878	113,92	-	-	113,92
Dezembro	504.464	108,46	358,00	0,34	108,80
TOTAL	6.392.454	1.374,38	5.039,00	4,81	1.379,05

Nesta tabela resumo é normalmente apresentada a conversão das unidades de energia apresentadas na fatura em energia primária (tep). À luz do SGCIE, os fatores de conversão são definidos no Despacho n.º 17313/2008, de 26 de junho de 2008, sendo para o caso da energia elétrica de $1 \text{ kWh} = 215 \times 10^{-6} \text{ tep}$ e para o gás natural considerada uma massa volúmica média de $0,8404 \text{ kg/m}^3$ e um fator de conversão de $1,077 \text{ tep/t}$.

3.2.1 Análise de faturas de energia elétrica

A análise de faturas de energia elétrica fornece um conjunto de informações acerca de como e quando é consumida a energia elétrica na instalação. A análise desta informação permite otimizar o tarifário e verificar se existem penalidades associadas a baixos fatores de potência.

Otimização do tarifário de energia elétrica

Para uma instalação se encontre no regime regulado é possível realizar a verificação se o tarifário de fornecimento de energia elétrica é o mais adequado ao perfil de consumo.

De um modo geral, o tarifário de energia elétrica apresenta preços variáveis consoante a hora do dia. Esta variabilidade procura ajustar o preço da energia em função da oferta e sua procura ao longo das horas do dia de um ano. Atualmente o sistema tarifário em Portugal, aplica preços variáveis de acordo com o nível de tensão, utilização da potência e o período tarifário.

No que diz respeito ao nível de tensão o sistema tarifário diferencia os preços da tensão de acordo com os seguintes níveis de tensão: Baixa Tensão (BT), Média Tensão (MT), Alta Tensão (AT) e Muito Alta Tensão (MAT). Estes níveis de tensão estão de acordo com as necessidades de funcionamento das instalações e são diferenciados de acordo com a tabela seguinte.

Tabela 5 – Repartição dos níveis de tensão no sistema tarifário nacional

Nível de Tensão	Intervalo de Tensão
Baixa Tensão (BT) Baixa Tensão Normal (BTN) ≤41,4 kW Baixa Tensão Especial (BTE) ≥ 41,4 kW	até 1 kV
Média Tensão (MT)	superior a 1 kV e inferior a 45 kV
Alta Tensão (AT)	superior a 45 kV e inferior a 110 kV
Muito Alta Tensão (MAT)	superior a 110 kV

Pelas características dos equipamentos elétricos instalados e consumos associados, é verificado que nas ETARs auditadas o nível apresentado é de média tensão (MT).

No que diz respeito à utilização da potência, o sistema tarifário nacional define 3 tipos de utilizações: Curtas Utilizações (CU), Médias Utilizações (MU) e Longas Utilizações (LU). A diferença entre estes 3 tipos de utilizações é atribuída ao número de horas anuais de funcionamento da instalação, dado que na utilização mais intensiva é cobrado um preço inferior da energia e um preço mais elevado do nível de potência que é contratada.

O período horário existente no tarifário depende de uma associação entre as horas do dia e, em algumas tarifas, do trimestre que a energia é consumida. O facto de haver uma diferenciação por trimestre é devido às perdas existentes nas redes consoante a época do ano e condições climatéricas associadas. Esta diferenciação só é efetuada a consumidores partir do nível de média tensão (inclusive).

Tabela 6 – Repartição dos níveis de tensão no sistema tarifário nacional

Período	Mês
Período I	1 janeiro a 31 de março
Período II	1 abril a 30 de junho
Período III	1 julho a 30 de setembro
Período IV	1 outubro a 31 de dezembro

Para além da repartição trimestral do preço de energia ao longo do ano, o sistema tarifário nacional também faz uma repartição do preço de energia ao longo do dia, ou seja, dependendo do tipo de contrato existem 1, 2, 3 ou 4 períodos horários. Estas tarifas são vulgarmente conhecidas por simples, bi horárias, tri horárias e tetra horárias, respetivamente. De um modo geral estes períodos horários são divididos em horas de vazio e horas fora de vazio. Nas horas de vazio existe a possibilidade de a tarifa de dividir em horas de vazio normal (HVN) e super vazio (HSV). No que diz respeito às horas fora de vazio estas podem ser divididas em horas de ponta (HP) e horas cheias (HC). Assim a tarifa bi horária é dividida em horas de vazio e horas fora de vazio. A tarifa tri horária é dividida em horas de ponta (HP), horas cheias (HC) e horas de vazio (HV). Já a tarifa tetra horária possui horas de ponta (HP), horas cheias (HC), horas de vazio normal (HVN) e horas de super vazio (HSV).

Para além deste aspeto, o tarifário ainda se divide nos dias da semana em dois ciclos: o ciclo diário e o ciclo semanal. A diferença entre os ciclos consiste num cenário de preço

da energia elétrica constante ao longo de uma semana completa (ciclo diário) ou preços diferenciados (mais reduzidos) ao fim de semana (ciclo semanal).

A tabela 7 faz um resumo das possibilidades de períodos horários consoante os níveis de tensão.

Tabela 7 – Repartição dos níveis de tensão no sistema tarifário nacional

Nível de Tensão	N.º períodos horários
AT	4
MT	4
BTE	4
BTN tri horárias	3
BTN bi horárias	2
BTN simples ($\leq 20,7$ kVA)	1
BTN simples ($\leq 2,3$ kVA)	1
BTN (iluminação pública)	1

A tabela seguinte apresenta o esquema tarifário em 2012 para um nível de média tensão, que usualmente é utilizado em instalações do tipo ETAR e que apresentem consumos intensivos de energia.

Tabela 8 – Tarifas de venda de energia elétrica em MT

TARIFA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM MT		PREÇOS	
Termo tarifário fixo		(EUR/mês)	(EUR/dia)*
		48,06	1,5759
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia)*
Tarifa de longas utilizações	Horas de ponta	8,983	0,2945
	Contratada	1,397	0,0458
Tarifa de médias utilizações	Horas de ponta	9,064	0,2972
	Contratada	1,271	0,0417
Tarifa de curtas utilizações	Horas de ponta	13,977	0,4582
	Contratada	0,495	0,0162
Energia activa		(EUR/kWh)	
Tarifa de longas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1191
		Horas cheias	0,0911
		Horas de vazio normal	0,0579
		Horas de super vazio	0,0541
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,1229
		Horas cheias	0,0937
		Horas de vazio normal	0,0602
		Horas de super vazio	0,0560
Tarifa de médias utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1253
		Horas cheias	0,0945
		Horas de vazio normal	0,0589
		Horas de super vazio	0,0552
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,1321
		Horas cheias	0,0950
		Horas de vazio normal	0,0623
		Horas de super vazio	0,0578
Tarifa de curtas utilizações	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,1981
		Horas cheias	0,1037
		Horas de vazio normal	0,0664
		Horas de super vazio	0,0621
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,1985
		Horas cheias	0,1034
		Horas de vazio normal	0,0666
		Horas de super vazio	0,0622
Energia reactiva		(EUR/kvarh)	
	Fornecida	0,0226	
	Recebida	0,0169	

* RRC art. 184.º, n.º 3

No sentido de avaliar se o conjunto de possibilidades existentes no tarifário se adequa ao perfil de consumo da instalação é utilizado o simulador da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). Neste simulador são introduzidas as 12 últimas faturas de energia elétrica, sendo obtida uma análise detalhada no sentido de verificar se o contrato atual é o mais adequado ao perfil de consumo. Na figura 18 é apresentado o *output* do simulador que resume a sua aplicação a uma das ETARs auditadas.

Identificação da simulação:

 Localização: Continente
 Nível de tensão: MT

Dados de consumo anual

Potência contratada [kW]	863	Energia Activa [kWh]	382 300
Potência em horas de ponta [kW]	631	Horas de ponta:	1450 716
		Horas cheias:	948 464
Energia reactiva [kvarh]		Horas de vazio normal:	541 964
Indutiva (fora de vazio):	104 149	Horas de super vazio:	
Capacitiva (vazio):	0		

Tarifas do Comercializador de Último Recurso



Mês de consumo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Potencia (kW)													(média)
Contratada	972	972	972	972	972	972	881	801	748	698	698	698	863
Horas de Ponta	972	972	972	378	972	413	441	486	748	419	386	408	631
Energia ativa (kWh)													(soma)
Horas de Ponta	37 021	40 872	32 592	25 307	23 869	27 266	27 777	30 642	28 712	25 122	44 350	38 770	382 300
Horas Cheias	106 010	112 262	92 201	126 259	119 342	130 015	139 789	145 600	135 257	122 289	114 488	107 204	1450 716
Horas de Vazio Normal	79 116	81 140	70 393	83 501	94 970	78 431	71 826	92 322	66 281	70 245	69 363	90 876	948 464
Horas de Supervazio	44 519	44 476	37 158	47 182	47 035	45 818	47 240	53 064	42 260	41 294	45 874	46 044	541 964
Energia reactiva (kvarh)													(soma)
Indutiva (fora de vazio)	17 999	31 867	9 470	18 062	13 219	9 298	3	39	18	10	362	3 802	104 149
Capacitiva (vazio)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Faturação (euros)													
MT LU	31 193	32 337	28 505	27 409	32 604	27 938	28 721	31 474	30 371	25 217	26 697	26 825	349 291
MT MU	31 868	33 058	29 088	27 974	33 220	28 516	29 319	32 173	30 993	25 851	27 424	27 517	356 999
MT CU	40 460	42 003	37 114	32 383	40 443	33 233	34 336	37 829	37 601	31 132	33 896	33 788	434 219
Faturação relativa às tarifas de acesso às redes, incluídas nas tarifas de venda a clientes finais (euros)													
Parcela relativa ao acesso às redes	13 041	13 277	12 417	9 051	13 304	9 313	9 510	10 331	11 287	8 622	8 693	8 947	127 793

Simulação realizada em 8 Março 2012

Simulador de facturação das tarifas de energia eléctrica, v2011.1, © ERSE, 2012

Figura 18 – Output do simulador da ERSE para uma ETAR auditada

Do conjunto das auditorias realizadas é verificado que todas as instalações possuem o contrato de fornecimento de energia elétrica otimizado. Das quatro ETARs auditadas o contrato existente é de Média Tensão, com uma tarifa de Longas Utilizações, tetra horária e ciclo semanal.

3.2.2 Consumos e custos por forma de energia

Numa auditoria energética é comum realizar, com base na contabilização anual dos consumos e custos existentes nas faturas de energia, uma análise mensal dos consumos e custos por forma de energia com o objetivo de analisar como e quando é consumida a energia.

Tal como foi referido, as instalações auditadas apresentam consumos de eletricidade e, residualmente, gás natural. Com base na análise das faturas de energia elétrica os

consumos são apresentados normalmente de forma desagregada de acordo com a figura que se segue.

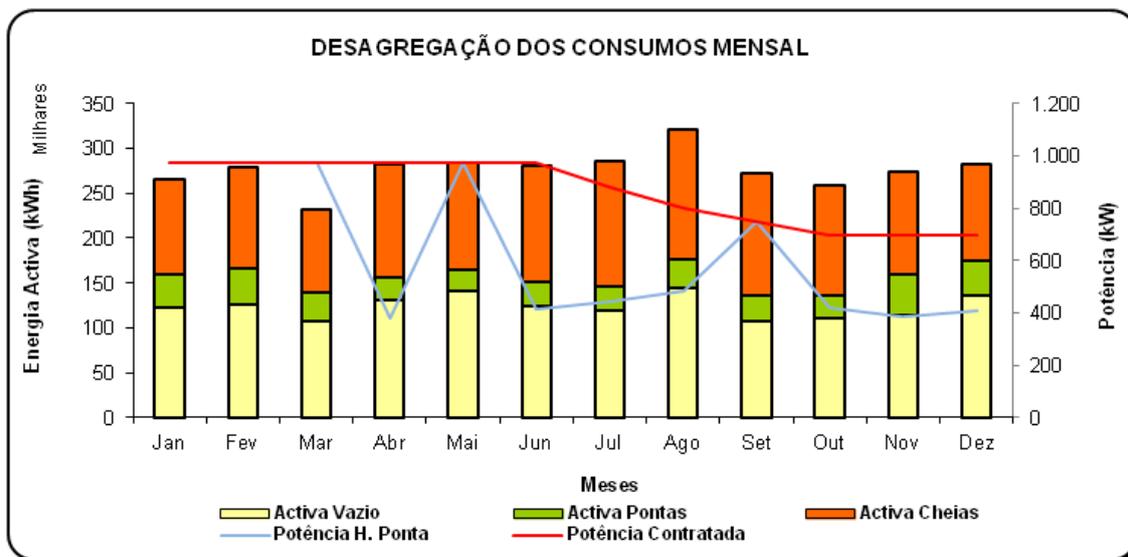


Figura 19 – Exemplo da desagregação dos consumos de energia eléctrica numa ETAR

Esta desagregação permite analisar a evolução anual dos consumos de energia eléctrica por tipo de horas e a potência tomada e contratada na instalação, com o objetivo de analisar e identificar a causa da existência de consumos anormais no período em causa.

Para além desta análise é também comum apresentar a desagregação anual por tipo de horas de consumo de energia eléctrica. No caso das ETARs auditadas é apurado que, em termos médios, a repartição horária do consumo de energia eléctrica é de cerca de 10% em Horas de Ponta, 45% em Horas Cheias, 30% em Horas de Vazio Normal e 15% em Horas de Super Vazio (figura 22). Esta análise tem como objetivo alertar os responsáveis das instalações para dar preferência ao consumo de alguns equipamentos em períodos horários onde o custo de energia eléctrica apresenta valores mais baixos, como é o caso das horas de vazio.

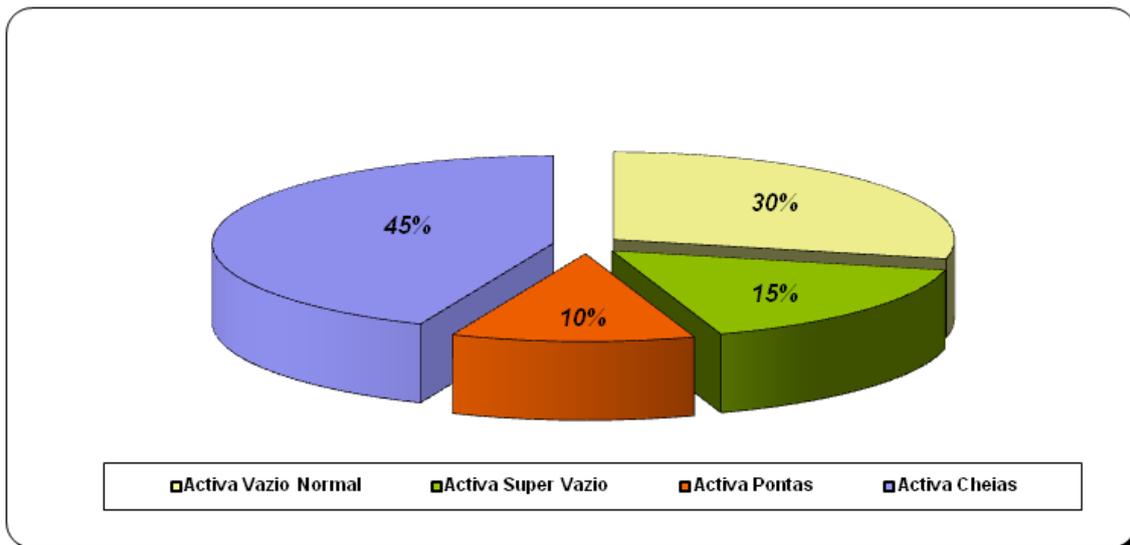


Figura 20 – Desagregação anual por tipo de horas de consumo de energia elétrica

Para além da análise da evolução dos consumos, também é analisada o custo de energia elétrica da instalação durante um ano, permitindo assim estimar o custo médio do kWh e analisar a evolução dos custos associados à energia elétrica. A figura 23 ilustra a evolução mensal dos custos de energia numa ETAR.

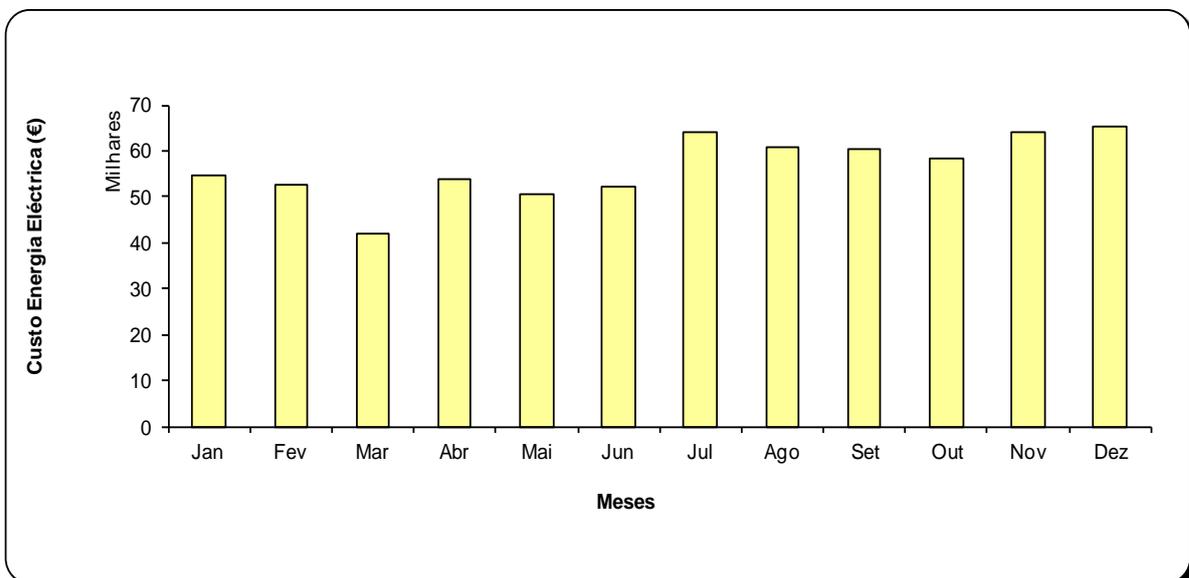


Figura 21 – Evolução do custo de energia elétrica numa ETAR auditada

A tabela seguinte mostra os custos médios de energia para as quatro ETARs auditadas. É destacado que o ano de referência desta análise é de 2009, pelo que os atuais valores serão superiores, dado ao aumento registado no preço da energia elétrica.

Tabela 9 – Custo unitário energia elétrica nas ETARs auditadas (2009)

	Custo unitário energia elétrica (c€/kWh)
ETAR 1	7,96
ETAR 2	7,36
ETAR 3	7,73
ETAR 4	7,79

Com base na tabela acima é verificado que em 2009 o custo unitário de energia elétrica ronda os 7 a 8 cêntimos de euro por cada kWh consumido.

3.2.3 Auto produção de energia

Grande parte das ETARs existentes apresenta a produção combinada de calor de energia elétrica, ou seja cogeração. Estes sistemas são instalados para o aproveitamento energético do biogás proveniente dos digestores anaeróbios, produzindo por um lado energia elétrica que é injetada na rede elétrica interna das ETARs, reduzindo assim o consumo de energia elétrica comprada ao comercializador. Por outro lado, o sistema produz calor que é utilizado no aquecimento de lamas dos digestores substituindo praticamente a totalidade do consumo de energia térmica proveniente de geradores de calor, normalmente alimentados a gás natural.

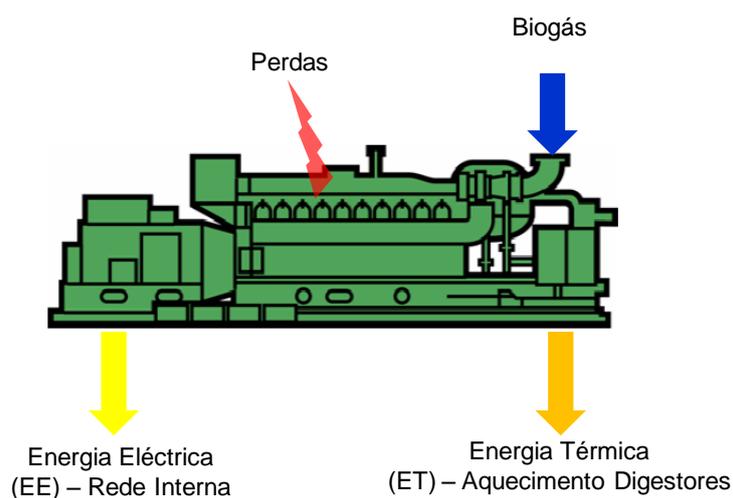


Figura 22 – Esquema simplificado de um sistema de cogeração de uma ETAR

Do universo das ETARs auditadas é verificada a existência de sistemas de cogeração em todas as instalações. Da análise efetuada às quatro instalações estes sistemas são

caracterizados por possuírem motores de combustão interna alimentados a biogás cuja potência mecânica varia entre os 140 – 760 kW. Os sistemas de cogeração existentes permitem a produção de energia elétrica para a rede interna das ETARs, garantindo cerca de 10 – 30% das necessidades energéticas das instalações auditadas. Na tabela 10 é apresentado o resumo dos consumos de energia e a contribuição dos sistemas de cogeração no consumo total de energia.

Tabela 10 – Resumo dos sistemas de cogeração existentes

	Potência motor cogeração (kW)	Produção eletricidade anual cogrador (GWh)	Consumo total eletricidade (GWh)	produção cogradores (%)	Horas equivalentes anuais de produção sistema cogeração (horas)
ETAR A	342	1,67	3,32	33%	4 883
ETAR B	760	2,66	11,43	23%	3 500
ETAR C	140	0,60	6,99	9%	4 286
ETAR D	200	0,84	2,88	29%	4 200

Em termos de horas equivalentes de produção é determinado que os sistemas de cogeração conseguem em média funcionar cerca de metade das horas anuais (8 760 horas), o que demonstra a importância da existência de sistemas de cogeração na exploração das ETARs.

Para além de produzir internamente energia elétrica para a rede evitando parcialmente a sua compra, a existência de cogeração permite ainda reduzir os custos de energia elétrica na instalação. Assim, é verificado que a existência dum articulação da produção de energia elétrica baseada num esquema de prioridade de funcionamento das unidades de cogeração nas horas mais caras (horas de ponta e horas cheias), permite reduzir o custo médio de compra de energia ao comercializador. A figura 25 mostra a evolução da potência em função do tempo durante uma semana resultante das medições executadas na auditoria energética.

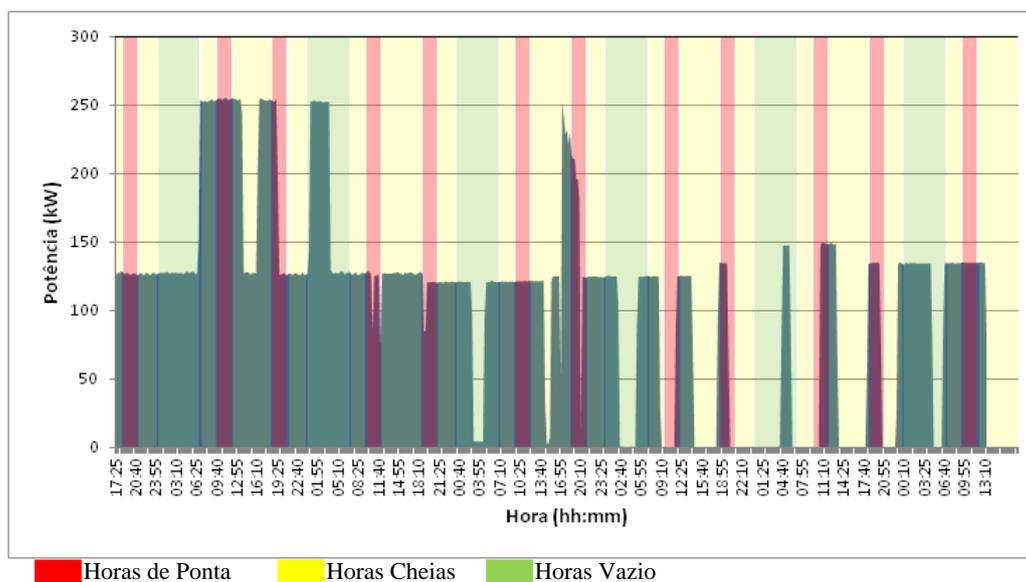


Figura 23 – Evolução da potência elétrica do cogrador de uma ETAR auditada

Com base nesta figura é apurado que sempre que possível a instalação dá prioridade ao funcionamento das unidades de cogeração em períodos onde a tarifa de compra é mais elevada. Esta ação permite reduzir o custo médio de aquisição de energia à rede e consequentemente o custo unitário de tratamento de água residual.

3.2.4 Indicadores de Eficiência Energética

Os indicadores de eficiência energética (IEE) determinados para as instalações auditadas tiveram em consideração o enquadramento legal do SGCIE em que elas estavam abrangidas. Assim, como ficou expresso na secção 2.3.2, os IEE considerados foram o Consumo Específico de Energia (CEE), a Intensidade Energética (IE) e a Intensidade Carbónica (IC).

Tabela 11 – Resumo dos indicadores de eficiência energética calculados

Indicador	ETAR A	ETAR B	ETAR C	ETAR D	MÉDIA
Consumo Específico - CEE [kgep/m ³]	0,05	0,10	0,12	0,11	0,10
Intensidade Energética - IE [tep/VAB]	0,174	0,319	0,410	0,497	0,350
Intensidade Carbónica - IC [tCO ₂ eq/tep]	2,19	2,19	1,68	2,19	2,06

Do universo das ETARs auditadas é verificado que o consumo médio específico de energia (CEE) é de 0,10 kgep/m³ de água tratada, a intensidade energética média é de 0,350 tep/VAB e a intensidade carbónica é de 2,06 tCO₂eq/tep.

Realizando uma comparação do consumo médio específico de 0,10 kgep/m³ (45 kWh/m³) das instalações auditadas verificado que este indicador está próximo dos valores de instalações congéneres. De acordo com um estudo da Universidade de Lund [22], é verificado que o consumo específico em duas ETARs no município de Malmo apresentava, num período de análise de 12 anos, consumos específicos que se situavam num intervalo de 35 a 45 kWh/m³.

Em relação aos indicadores de intensidade energética e de intensidade carbónica não foram encontrados referências bibliográficas que sejam coerentes. O primeiro indicador apresenta a lacuna em termos de comparabilidade, dado que a determinação do VAB entra em consideração com diversas metodologias de cálculo dos parâmetros financeiros da empresa, que podem assumir variações de país para país.

Desta forma o indicador consumo específico é o que se assume como o mais proveitoso a nível de gestão dado que poderá monitorizar a eficiência global da instalação e ser comparável com outras instalações congéneres.

³ 1 GWh – 215 tep

3.3 Exame das instalações e respetivas ORC

O exame das instalações e identificação das Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC) resultam de um conjunto de atividades de descrição, medição e análise dos equipamentos e redes de distribuição associadas aos principais consumidores de energia das ETARs. Para além destas atividades é também usual nesta fase determinar um conjunto de indicadores de forma a avaliar e comparar o desempenho das instalações com outras congéneres.

3.3.1 Análise dos principais equipamentos consumidores de energia

Para o conjunto das ETARs auditadas é verificado através das potências instaladas, medições efetuadas e tempos de funcionamento diários que os principais sistemas consumidores de energia estão associados ao sistema de ar de processo (sobrepresores) e acionamentos elétricos, nomeadamente os sistemas de bombagem e os sistemas de desodorização.

Sistemas de ar de processo

Nas instalações auditadas o sistema de ar de processo é o que se apresenta como maior consumidor de energia. Este sistema apresenta a função de fornecer ar com elevado caudal e baixa pressão para produzir micro bolhas para os tanques de arejamento que corresponde à fase de tratamento biológico.

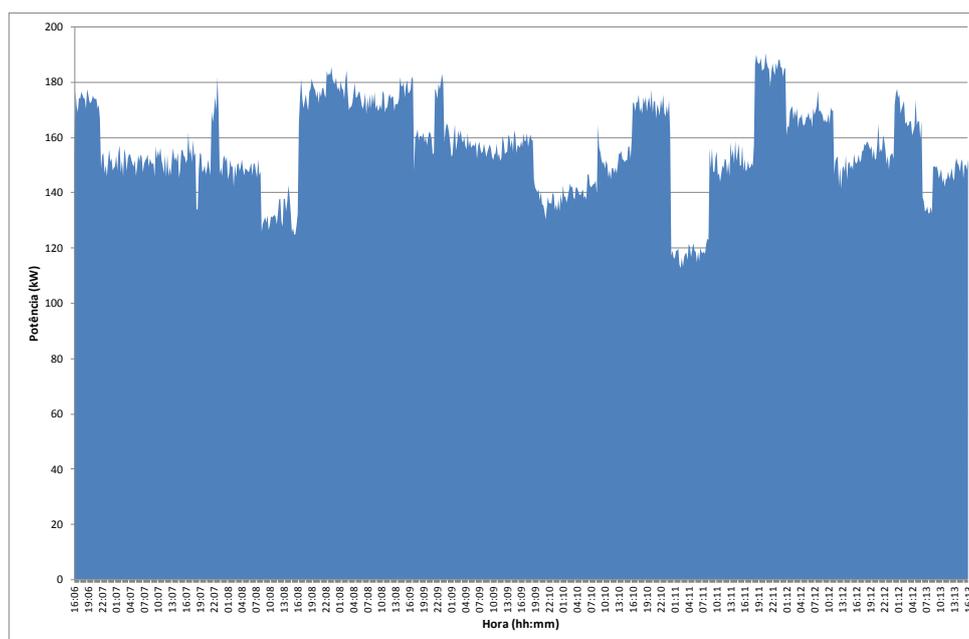


Figura 24 – Evolução da potência elétrica em função do tempo para um sistema de ar de processo

Na figura anterior é reconhecida a importância destes equipamentos no consumo global de energia elétrica da instalação. Nesta ETAR, em particular, é verificado que a potência máxima registada no sistema de ar de processo é cerca de 40% da potência tomada da instalação (440 kW).



Figura 25 – Aspetto dos sobrepressores existentes numa ETAR auditada

De uma forma geral, neste domínio, as oportunidades de racionalização dos consumos são baseadas na otimização do controlo dos sistemas de arejamento. Tipicamente, nas ETARs auditadas, os compressores são controlados automaticamente em função dos valores medidos pelas sondas de oxigénio dissolvido (sistema *on/off*) instaladas nos tanques aeróbios, ou através de temporização. É salientado que estes sistemas funcionam entre 15 a 20 horas diárias, tendo a sua operação em consideração os períodos diários dos diferentes tarifários de energia, minimizando o funcionamento dos compressores durante os períodos diurnos de pico dos tarifários de energia e maximizando o seu funcionamento durante o período de vazio e de horas cheias.

Uma das oportunidades de eficiência energética detetadas é a introdução de um controlo variável do caudal de ar de insuflação através da variação de velocidade do motor elétrico do sobrepressor. A variação da velocidade do motor será em função de um sinal proporcional à concentração de oxigénio dissolvido, o que permite obter economias significativas de energia na instalação, dado que as concentrações de oxigénio necessárias para o processo variam consoante a carga orgânica do efluente, sendo que esta também pode variar consoante a hora do dia e a estação do ano.

Acionamentos elétricos

Tipicamente os acionamentos elétricos em instalações do tipo ETAR tem como origem os sistemas de bombagem e de desodorização.

Os sistemas de bombagem, quer pela potência instalada nos motores quer pelos tempos de funcionamento, possuem consumos de energia elevados numa ETAR, só ultrapassados pelos sistemas de arejamento (sobrepessores). As bombas de acionamento elétrico apresentam aplicações que vão desde a elevação do efluente na entrada para uma quota superior à movimentação de lamas na fase sólida do processo de tratamento. Tipicamente as ineficiências detetadas no trabalho de auditoria nos sistemas de bombagem estão relacionados com a seleção da bomba, mudanças nas condições de funcionamento (projeto *vs.* realidade), ou a expectativa de que a bomba irá operar eficientemente sobre uma ampla gama de condições de funcionamento. Uma das soluções de eficiência energética propostas é baseada na utilização de variadores eletrónicos de velocidade (VEV) em sistemas de bombagem.



Figura 26 – Detalhe de um motor elétrico com VEV existente numa ETAR auditada

No caso específico de uma ETAR auditada, foi verificado que o motor que acionava uma das bombas da linha líquida deveria ser controlado por um VEV. Este motor de indução, apresentava uma potência nominal de 30 kW. Na figura 29, é apresentado o perfil do consumo de energia resultante das medições efetuadas na auditoria energética

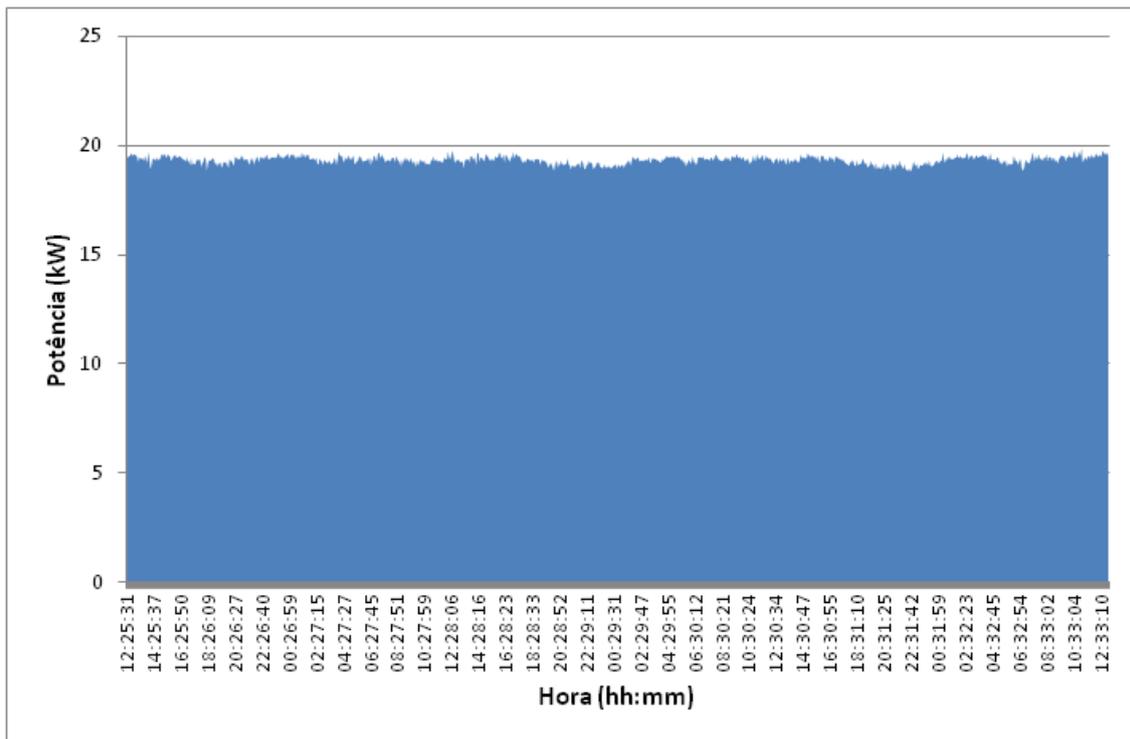


Figura 27 – Evolução da potência de um motor elétrico de uma eletrobomba em função do tempo

Tomando como variável de entrada um controlo baseado num regime de carga de 90% das 00h00 às 07h00 e de 100% nas restantes horas permitirá obter economias de energia significativas.

Tabela 12 – Economia de energia com VEV (simulação *software* WEG)

Aplicação: Eletrobomba da linha líquida	
Regime de funcionamento: 365 dias/ano	
PERFIL DE FUNCIONAMENTO DA ELETROBOMBA	
Caudal (%)	Tempo de Operação Diário (h/dia)
100	17
90	7
80	0
70	0
60	0
50	0
CARACTERISTICAS DO MOTOR ONDE SE IMPLEMENTA A VARIAÇÃO DE VELOCIDADE (VEV)	
Potência do Motor	30 kW
Rendimento (100%)	87 %
INVESTIMENTO E ECONOMIAS	
Valor da energia	0,08 €/kWh
Investimento	2.000 €
Economia anual	17.621 kWh
	1.410 €
Tempo de retorno	17 Meses

Este caso específico expresso na tabela 13, traduz o exemplo prático do potencial de economia de energia associado à introdução de VEV em sistemas de bombagem. Em grande parte dos casos a aplicação destes equipamentos geram poupanças de energia que amortizam os investimentos em períodos inferiores a um ano.

Os VEV são conversores eletrónicos e são utilizados para adaptar a velocidade do motor eléctrico à variação das cargas mecânicas existentes. No caso dos sistemas de bombagem, estes adaptam a velocidade do motor acoplado à uma bomba de modo a coincidir com as condições de escoamento, permitindo assim diminuir o consumo de energia eléctrica associada. Para além deste aspeto a aplicação de VEV não se resume unicamente a economias de energia. Estes equipamentos proporcionam outros

benefícios, como por exemplo, a redução das pontas de potência/limitação dos picos de corrente (proporcionadas pelos arranques progressivos suaves que permitem efetuar), o aumento do tempo de vida do motor, em consequência da redução de choques mecânicos e do maior tempo de vida da parte mecânica e a melhoria do fator de potência.

Para além da utilização de VEV outra solução de eficiência energética em acionamentos elétricos está relacionada com a atualização tecnológica ao nível dos motores elétricos. Atualmente o Comité Europeu de fabricantes de Máquinas Elétricas e eletrónica de Potência (CEMEP) define três classes possíveis de eficiência para os motores elétricos: IE3 – motores de eficiência superior, IE2 – Motores de alta eficiência e IE1 – motores de eficiência *standard*. A figura 30 ilustra a comparação das eficiências energéticas para estas classes de motores.

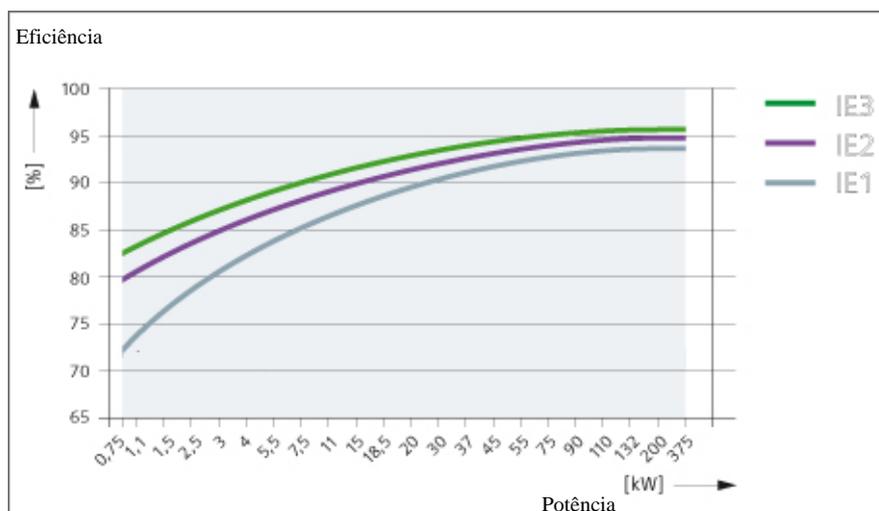


Figura 28 – Comparação das eficiências das várias classes de motores

Para a análise das economias de energia associadas à substituição de motores de alta eficiência foram propostas nas ETARs auditadas um conjunto de medidas para a sua aplicação em sistemas de bombagem e de ventilação. Em seguida é apresentada a aplicação desta solução para o motor do ventilador do sistema de desodorização da linha líquida.



Figura 29 – Pormenor de um motor do sistema de desodorização numa ETAR

O motor que aciona o ventilador da desodorização (figura 31) apresenta uma potência nominal de 30 kW é do tipo IE1, funcionando 24 horas/dia durante 365 dias por ano. Substituição deste motor por um de eficiência superior (IE3), apresenta as seguintes poupanças.

Tabela 13 – Economia de energia resultante da substituição da classe de eficiência

Solução Atual – Motor classe eficiência IE1	
Potência do Motor (kW)	30
N.º Horas funcionamento diárias	24
N.º Dias de funcionamento por ano	365
Rendimento do motor IE1 (%)	90,1%
Solução Atual – Motor classe eficiência IE3	
Potência do Motor (kW)	30
N.º Horas funcionamento diárias	24
Rendimento do motor IE1 (%)	93,9%
N.º Dias de funcionamento por ano	365
Investimento (€)	660
Economias de Energia e Tempos de Retorno do Investimento	
Economia resultante da substituição IE3 por IE1 (kWh)	9 986
Custo da energia (€/kWh)	0,08
Economia resultante da substituição IE3 por IE1 (Euros)	799
Tempo de Retorno (anos)	0,8

Através da aplicação de um caso real identificado numa ETAR auditada é concluído, através da tabela 14, que a sua substituição gera uma economia de energia capaz de

amortizar o retorno em cerca de oito meses, o que é normalmente se indicado no trabalho de auditoria como uma medida de implementação prioritária.

3.3.2 Análise de outros consumos de energia

Outros consumos analisados nas auditorias energéticas realizadas, são devidos aos sistemas não diretamente associados ao processo de tratamento, ou sistemas auxiliares, como é o caso da iluminação, produção de água quente sanitária, ar comprimido, entre outros.

Iluminação

No caso dos sistemas associados à iluminação é verificado que nas ETARs existe uma forte predominância de lâmpadas fluorescentes tubulares nas áreas dedicadas ao processo (tratamento) e nas zonas administrativas. Da caracterização efetuada às ETARs é notado que estas lâmpadas apresentam configurações de armaduras simples ou duplas com lâmpadas fluorescentes (\varnothing 26mm) com potências de 58W e 36W, estando, em algumas instalações, ligadas durante grande parte do tempo de operação da ETAR. Tipicamente os balastos usados são ferromagnéticos, existindo oportunidades de racionalização de consumos pela substituição destes balastos por eletrónicos. Na tabela seguinte é dado um exemplo de uma análise das oportunidades detetadas numa ETAR pela substituição de balastos ferromagnéticos por eletrónicos.

Tabela 14 – Economias de energia resultantes da alteração para balastos eletrónicos

LFT T8 36W

Lâmpadas (No.)	Potência unitária do sistema (W)	Horas/ano	Consumo (kWh/ano)	Custo Anual de Energia (€)	Custo dos Balastos (€)	Vida Útil (h)
Solução Observada - Balastos convencionais para lâmpadas fluorescentes tubulares de 36W						
600	43.8	3,650	95,922	7,414.77	6.61	6,000
Solução Proposta - Balastos eletrónicos para lâmpadas fluorescentes tubulares de 36W						
600	37.0	3,650	81,030	6,263.62	12.43	17,000
Energia Poupada (kWh/ano)		14,892				
Custos evitados (€/ano)		1,151.15				

Pela análise da tabela 15, e tendo em consideração que o custo médio de mercado de um balastro eletrónico para cada LFT de 36 W é cerca de 12,5 € por unidade, é estimado que o investimento total ronda os 7.500 €. Caso se opte por alterar todos os balastos das LFT existentes na ETAR, esta solução apresenta um período de retorno simples do investimento da ordem dos 6 anos.

Aquecimento de águas quentes sanitárias

No universo das ETARs auditadas é verificado que o aquecimento de águas quentes sanitárias para banhos dos operadores é efetuado na totalidade por termoacumuladores elétricos. Nestas situações, a introdução de energias renováveis, em particular os sistemas solares térmicos, geram economias de energia que poderão ajudar a instalação a reduzir os seus consumos de energia. Dadas as características específicas do consumo de água quente nas ETARs auditadas (normalmente 6-8 operadores) a introdução de uma bateria de coletores solares térmicos dimensionados para satisfazer estes consumos é penalizada pelos parâmetros financeiros associado a este investimento.

Em seguida é ilustrado um exemplo de uma simulação do desempenho de um sistema solar térmico numa ETAR auditada, recorrendo ao programa *SolTerm v5.0*⁴. Esta simulação tem em conta os seguintes pressupostos para a análise:

- Localização da instalação: Lisboa (Latitude 38,7°N, Longitude 9,1°W);
- Consumo diário de água quente: 300 l/dia;
- Temperatura de regulação de água quente: 45° C;
- Coletor solar plano (padrão): 3 módulos planos com coeficientes de perdas térmicas: 3,8 W/m²/K e rendimento ótico: 71,5%;
- Orientação dos coletores solares: Sul, 48°;
- Energia de apoio: energia elétrica: 0,08 €/kWh.

Com base na simulação no programa *SolTerm* é estimado que o desempenho energético para o sistema proposto é o apresentado na tabela 16.

⁴ *SolTerm* é um programa de análise de desempenho de sistemas solares, através de simulação numérica de balanços energéticos ao longo de um ano de referência, e especialmente concebido para as condições climáticas e técnicas de Portugal. Este programa foi concebido pelo LNEG e é frequentemente utilizado para realizar a análise de desempenho de sistemas solares térmicos.

Tabela 15 – Balanço energético mensal e anual para 12 m² de coletores solares

Meses	Rad. Horiz kWh/m ²	Rad. Inclín kWh/m ²	Fornecido kWh	Desperdiçado kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	63	110	257	-	519	364
Fevereiro	81	119	259	-	459	319
Março	118	144	293	-	497	299
Abril	156	159	315	-	460	178
Maió	197	176	338	-	465	126
Junho	207	172	327	-	440	124
Julho	228	195	382	-	465	49
Agosto	210	202	410	-	476	5
Setembro	148	171	371	-	481	80
Outubro	107	150	331	-	497	188
Novembro	73	123	281	-	492	298
Dezembro	60	109	261	-	519	377
Anual	1.648	1.830	3.826	-	5.771	2.406

De acordo com o quadro acima se podem concluir que este sistema consegue fornecer ao longo do ano uma fração solar de 66%, i.e., o sistema solar fornece mais de metade das necessidades energéticas para AQS da instalação.

Em termos económicos, foram considerados os seguintes parâmetros operacionais e económicos do sistema:

- Tempo de vida da instalação: 20 anos;
- Componente fixa do preço: 300 €;
- Componente variável do preço: 600 €/m² de coletor;
- Preço total do sistema: 4.500 €;
- Valor das renovações: 1,0 % do preço do sistema;
- Manutenção anual: 0,1 % do preço do sistema;
- Valor residual em fim de vida: 0,0 % do preço do sistema;
- Fonte de energia convencional: energia elétrica;
- Preço da energia convencional: 0,08 €/kWh;
- Energia convencional deslocada: 3.826 kWh/ano.

Com base nesta simulação, é verificado que o produto da deslocação da energia convencional (3.826 kWh/ano) com o seu custo unitário (0,08 €/kWh) gera uma poupança de cerca de 300 € anuais. Ora esta poupança comparada com o investimento associado (4.500€) implica que o investimento apresentará um tempo de retorno simples de 15 anos, o que indicia uma baixa atratividade económica associada a este investimento.

Podemos observar que, embora o cenário acima apresentado não seja o mais atrativo, a integração de sistemas solares térmicos poderá em outras instalações ser mais interessante em particular se estas tiverem como energia convencional o gás (Propano ou Natural) cujo custo unitário de energia útil é superior ao que apresenta a energia elétrica nas instalações auditadas.

Sistemas de ar comprimido

O ar comprimido utilizado nas ETARs auditadas tem como objetivo o acionamento dos comandos pneumáticos dos diversos sistemas associados ao processo tratamento. Estas unidades de produção de ar comprimido estão localizadas tipicamente nos diversos estágios do tratamento e apresentam motores elétricos para a compressão do ar cujas potências variam dos 5 aos 15 kW.



Figura 30 – Aspeto de diversas unidades de compressão existentes

Estes sistemas são caracterizados por uma unidade de produção associada a um depósito a pressões típicas de 10 bar, existindo algumas unidades de secagem de ar. As medidas de eficiência energética de maior incidência detetadas estão relacionadas com a existência de condensados nos depósitos associados a uma baixa frequência de purga manual de condensados. Para além deste aspeto, pode ser verificado que em algumas instalações que a rede de distribuição de ar comprimido apresentava ligeiras fugas (em particular junto dos comandos pneumáticos) o que gera ineficiências tanto a nível da operacionalidade do sistema como de desnecessários consumos de energia

3.3.3 Resumos das ORC detetadas

De forma a fornecer uma visão abrangente das oportunidades de racionalização dos consumos detetados nas auditorias energéticas é apresentado uma síntese das medidas que foram propostas e aprovadas para o cumprimento da legislação em vigor. É salientado que todas as medidas foram consubstanciadas num plano de racionalização dos consumos de energia, sendo também, apresentadas e validadas pelos responsáveis da gestão da empresa. Posteriormente, estas medidas foram analisadas e aprovadas pela DGEG quer ao nível das economias de energia quer ao nível dos investimentos associados.

Deste modo para a ETAR A foram identificadas as seguintes oportunidades de racionalização dos consumos.

Tabela 16 – Resumo da ORC identificadas na ETAR A

Oportunidades de Racionalização dos Consumos	Poupança			Investimento [€]	Tempo Retorno [anos]
	tep	€	tCO2		
A1 Otimização do controlo do sistema de desodorização da linha líquida – Variação de Velocidade	6,0	2.215	13,1	1.340	<u>0,6</u>
A2 Otimização do controlo do sistema de desodorização da linha líquida – Motor Elétrico de Alta Eficiência (IE 3)	1,3	470	2,8	659	<u>1,4</u>
A3 Correção do Fator de Potência	1,1	395	2,3	-	-
A4 Substituição de Balastros Convencionais por Balastros Eletrónicos	0,9	334	2,0	2.623	7,9
A5 Introdução de aproveitamento solar térmico para AQS	2,7	914	5,8	12.400	13,6
A6 Ampliação de funcionalidades de gestão de energia no Sistema de Gestão Técnica	17,9	6.148	39,1	15.000	<u>2,4</u>
A7 Ações de formação dos colaboradores sobre URE – Utilização Racional de Energia	7,1	665	15,6	6.000	9,0
TOTAL	36,9	11.141	80,6	38.022	-

Do mesmo modo, para a ETAR B, foram identificadas as seguintes oportunidades de racionalização dos consumos.

Tabela 17 – Resumo da ORC identificadas na ETAR B

Oportunidades de Racionalização dos Consumos	Poupança			Investimento [€]	Tempo Retorno [anos]
	tep	€	tCO2		
B1 Otimização do sistema de arejamento do tratamento biológico	82,99	28.566	181,4	50.500	<u>1,8</u>
B2 Substituição de Balastros Convencionais por Balastros Eletrónicos	2,92	1.004	6,4	5.620	5,6
B3 Introdução de aproveitamento solar térmico para AQS	1,63	562	3,6	7.600	13,5
B4 Ações de formação dos colaboradores sobre URE – Utilização Racional de Energia	16,33	1.519	35,7	4.800	<u>3,2</u>
TOTAL	103,87	31.650	227,1	68.520	-

Para a ETAR C, as oportunidades de racionalização dos consumos detetadas foram as apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 18 – Resumo da ORC identificadas na ETAR C

Oportunidades de Racionalização dos Consumos	Poupança			Investimento [€]	Tempo Retorno [anos]
	tep	€	tCO2		
C1 Otimização do sistema de arejamento dos 8 Biofiltros	49,49	17.792	108,2	50.000	<u>2,8</u>
C2 Ampliação de funcionalidades de gestão de energia no sistema de Gestão Técnica	28,29	2.631	61,8	15.000	5,7
C3 Ações de formação dos colaboradores sobre URE – Utilização Racional de Energia	37,72	3.509	82,5	6.000	<u>1,7</u>
C4 Substituição de Balastros Convencionais por Balastros Eletrónicos	3,20	1.151	7,0	7.500	6,5
C5 Introdução de aproveitamento solar térmico para AQS	0,82	296	1,8	4.500	15,2
C6 Correção do fator de potência	11,95	4.298	26,1	12.000	<u>2,8</u>
TOTAL	131,47	29.677	287	95.000	-

Por fim, para a ETAR D, foram identificadas as seguintes oportunidades de racionalização dos consumos.

Tabela 19 – Resumo da ORC identificadas na ETAR D

Oportunidades de Racionalização dos Consumos	Poupança			Investimento [€]	Tempo Retorno [anos]
	tep	€	tCO2		
D1 Substituição de Balastros Convencionais por Balastros Eletrónicos	3,99	1.373	8,7	5.620	4,1
D2 Substituição de lâmpadas VM de 125W por lâmpadas VSAP de 100W.	0,43	156	0,9	220	1,4
D3 Introdução de aproveitamento solar térmico para AQS	0,82	306	1,8	4.500	14,7
D4 Ações de formação dos colaboradores sobre URE – Utilização Racional de Energia	6,19	576	13,5	4.800	8
TOTAL	11,44	2.411	25,0	15.140	-

Realizando uma análise das ORC identificadas nas quatro ETARs auditadas, é verificado que a otimização do sistema de arejamento dos tanques biológicos (B1e C1) é a que apresenta maior impacto em termos de poupanças de energia. Por exemplo, na ETAR B esta medida permite atingir poupanças na ordem dos 80% das poupanças globais identificadas na instalação sendo o tempo de retorno estimado de 1,8 anos. Dado o impacto na redução do consumo de energia e o tempo de retorno associado a esta medida é aconselhado que em instalações congéneres seja dada uma especial atenção a estes equipamentos.

Outro aspeto a salientar são as oportunidades de racionalização associadas às ações de formação dos colaboradores dado que estas potencialmente permitem atingir reduções elevadas. Este aspeto é ainda reforçado em instalações do tipo das ETARs onde a intervenção humana (colaboradores internos) é elevada, nomeadamente no controlo do processo de tratamento e também nos aspetos relacionados com a manutenção dos equipamentos.

No que diz respeito à integração de energias renováveis, nomeadamente na introdução de sistemas solares térmicos para aquecimento de águas, é apurado que as poupanças de energia são apazíveis, apresentando no entanto tempos de retorno elevados. A razão está relacionada com o facto de as instalações serem alimentadas maioritariamente (ou em exclusivo) por energia elétrica o que gera um custo unitário de energia na ordem dos 7-8 c€/kWh o que comparando com investimento associado gera tempos de retorno simples pouco atraentes em termos financeiros.

4 Conclusões

As auditorias energéticas a ETARs constituem uma importante ferramenta para a promoção da sua eficiência energética. A auditoria energética é a sustentação técnica de qualquer iniciativa para a eficiência energética, quer ao nível dos edifícios, quer ao nível da indústria, quer mesmo ao nível de conceitos inovadores para serviços energéticos, como é o caso das empresas de serviços energéticos.

O presente relatório de atividade profissional teve como objetivo relatar detalhadamente a experiência adquirida na execução de auditorias energéticas e a sua articulação com as competências específicas no domínio da energia e do ambiente.

O relatório de atividade profissional foi organizado em duas grandes secções.

Na primeira secção, que corresponde aos pontos 1. e 2., é efetuado um enquadramento técnico sobre a temática da energia e do ambiente e sobre a temática das auditorias energéticas. No que diz respeito à temática da energia e do ambiente é efetuado um desenvolvimento sobre a sua importância para a redução das emissões de GEE e a sua influência sobre o desenvolvimento económico nacional. Portugal, como membro da EU-27, possui na sua generalidade atividades económicas que apresentam um elevado impacto sobre o meio ambiente. Embora muitas políticas no domínio da eficiência energética têm vindo a ser promovidas nas últimas duas décadas, Portugal continua a possuir uma elevada dependência energética de países com regimes pouco estáveis e uma baixa competitividade energética refletida pela elevada intensidade energética das suas atividades económicas. Comparativamente com alguns países da EU, é observado um maior consumo de energia para produzir a mesma unidade de produção, o que se reflete na competitividade dos nossos produtos quer a nível nacional quer a nível internacional.

As auditorias energéticas são apresentadas como uma forma de promoção da eficiência energética, dado que estas constituem uma ferramenta preciosa para que os responsáveis pelas instalações conheçam onde, como e quando ocorrem os seus consumos de energia. Para além deste aspeto, a própria auditoria preconiza, de uma forma ativa, soluções tecnicamente viáveis para otimização desses consumos. É observado que na legislação existente as auditorias energéticas em grandes consumidores estão enquadradas como instrumento legal desde a década de oitenta, com o RGCE, tendo este regulamento sido atualizado em 2008 pelo SGCIE. Neste relatório, são analisadas também as

metodologias existentes para a realização de auditorias energéticas é verificado que, dentro dos principais procedimentos realizados, a fase de preparação e intervenção no local são de extrema importância dado que permitem explorar eficazmente e no menor tempo possível as oportunidades de eficiência energética numa instalação, ou seja permitem, numa dada instalação, ir diretamente aos processos e equipamentos que apresentam maior potencial de economias.

Na segunda secção, a que corresponde ao ponto 3., é efetuada a apresentação de um caso de estudo. Este caso de estudo reflete a atividade profissional e competências adquiridas na realização de quatro auditorias energéticas a ETARs. Nesta secção é relatada a intervenção existente nas instalações que vai desde a metodologia adotada, a descrição dos principais equipamentos e processos até à análise técnico e económica das medidas de eficiência energética mais frequentes neste tipo de instalações. Neste sentido, é constatado que no conjunto das auditorias realizadas as oportunidades de melhoria da eficiência energética identificadas estão relacionadas com os sistemas de controlo do ar de processo, nos acionamentos (bombas, ventiladores), nos sistemas de iluminação, na produção de águas quentes sanitárias e no ar comprimido. Tipicamente, nestas duas primeiras medidas identificadas, as soluções técnicas preconizadas passam pela instalação de sistemas de variação eletrónica de velocidade e na introdução de motores elétricos mais eficientes (IE3). Nos sistemas de iluminação, é verificado que as soluções técnicas passam pela instalação de iluminação mais eficiente, particularmente com lâmpadas de fluorescência associadas a balastros eletrónicos. Na produção de águas quentes sanitárias, é verificado que a oportunidade de melhoria da eficiência energética é devida à integração de energias renováveis, nomeadamente com a implementação de coletores solares térmicos. Por fim, nos sistemas de ar comprimido foram identificadas fugas e a existência de condensados nos depósitos de acumulação, pelo que as medidas de eficiência energética passam por uma adequada manutenção destes sistemas.

No caso de estudo, é verificado que os indicadores de eficiência energética determinados nas quatro instalações auditadas estão dentro dos valores de referência em termos do Consumo Específico apresentando valores médios de 45 kWh (0,10 kgep) por m³ de água tratada. Em termos de intensidade energética e de intensidade carbónica é verificado que estas instalações apresentam valores médios de 0,35 kgep/VAB e 2,06 tCO₂eq/tep.

É também detetado com elevada frequência a existência de penalizações por parte do comercializador de rede elétrica por haver o consumo de energia reativa. Nos dias de hoje e após campanhas massivas de sensibilização, esta penalização já não faz sentido em instalações com consumos intensivos dado que a amortização do investimento é muito baixa. Face a esta importância, é dada uma especial atenção à análise de faturas de energia elétrica das instalações (que inclui a análise da energia reativa), sendo esta uma forma de reduzir os custos de energia da instalação e também uma forma de empenhar e motivar os responsáveis das instalações para a importância do trabalho da auditoria energética.

Em suma, o presente relatório estando apoiado na temática das auditorias energéticas, procura realizar um enquadramento técnico e científico nos domínios da energia e do ambiente, procurando sempre realizar uma demonstração das competências adquiridas ao longo da vida profissional do candidato.

5 Referências Bibliográficas

- [1] European Environment Agency, "Energy and environment report 2008," European Environment Agency, Copenhagen, 2008.
- [2] Direção Geral de Energia e Energia, "Energia em Portugal - Principais Números," DGEG, Lisboa, 2011.
- [3] Eurostat, Eurostat Pocket books - Energy, Transport and Environment Indicators, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011.
- [4] International Energy Agency, "Energy Policies of IEA Countries - Portugal 2009 Review," IEA, Paris, 2008.
- [5] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento (MEID), "Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020)," MEID, Lisboa, 2010.
- [6] Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid y Comunidad de Madrid, "Manual de Auditorias Energeticas," Imprenta Modelo, S.L., Madrid, 2003.
- [7] ADENE - Agência para a Energia, "Eficiencia Energética na Indústria," ADENE, Lisboa, 2004.
- [8] K. L. e. C. Caspar, "SAVE-project AUDIT II: Topic Report- Energy Audit Models," Motiva, Filandia, 2005.
- [9] "Diretiva 2006/32/CE relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos," *Jornal Oficial da União Europeia*, vol. L114, p. 68, 2006.
- [10] Decreto-lei nº 58/82 de 26 de fevereiro, 1982.
- [11] ADENE - Agencia para a Energia, "SAVE II Project Audit II - Country Report Portugal," Lisboa, 2002.
- [12] Programa Operacional da Economia (POE), "Quadro Comunitário de Apoio III," Programa Operacional da Economia 2000-2006, julho 2000. [Online]. Available: <http://www.qca.pt/publicacoes/download/poe.pdf>. [Acedido em 16 dezembro 2011].
- [13] Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, 2008.
- [14] Portaria1530/2008, de 29 de dezembro, 2008.

- [15] ADENE - Agência para a Energia, "Auditorias Energéticas: quadro legal, qualificação de auditores e resultados práticos para as empresas," in *Sessão da Plataforma Tecnológica de Torres Vedras sobre "Auditorias Energéticas"*, Torres Vedras, 2011.
- [16] ADENE - Agência para a Energia, "Manual Eficiência Energética na Indústria," ADENE, Lisboa, 2004.
- [17] K. Melikidze, "Energy Audit Manual," New Applied Technology, Efficiency And Lighting, EUA, 2010.
- [18] Energy Efficiency Office, "Guidelines on Energy Audit," Hong Kong Special Administrative Region, 2007.
- [19] R. a. A.-C. E. American Society of Heating, "Capítulo 32 Energy Management," in *ASHRAE Handbook*, ASHRAE, 1991.
- [20] Microgrid Energy, "Microgrid Energy," [Online]. Available: <http://microgridenergy.com/the-difference-between-ashrae-level1-2-3-energy-audits/>. [Accessed 19 dezembro 2011].
- [21] P. W. J. Y. Albert Thumann, *Handbook of Energy Audits 7th Ed.*, The Fairmont Press, Inc., 2008.
- [22] A. Å. Joakim Rydh, "Energy Conservation in Wastewater Treatment Operation— a Case Study at Sjölanda and Klagshamn WWTPs," 2007.

6 Descrição Detalhada do CV

6.1 Percurso académico

6.1.1 Estudos de Pós Graduação

2006 – 2007: Conclusão do programa MBA – *Master in Business Administration*, no Instituto Superior Economia e Gestão (ISEG), com a qualificação de Bom.

2002 – 2003: Conclusão da pós graduação em Economia Regional e Desenvolvimento Local, na Faculdade de Economia da Universidade do Algarve, com a qualificação de 14 valores.

6.1.2 Estudos de licenciatura pré Bolonha

2000. Conclusão da Licenciatura (pré Bolonha) realizada na Universidade de Évora em Engenharia de Processos e Energia, Ramo de Energia e Ambiente, com média final de 14 valores.

O trabalho final de curso consistiu na “Utilização de Veículos Elétricos na distribuição Postal em Évora” e foi efetuado na empresa CTT – Correios de Portugal. Este projeto resultou numa parceria estabelecida entre Universidade de Évora, CCE – Centro para a Conservação de Energia (atualmente ADENE – Agência para a Energia) e os CTT – Correios de Portugal, que se revelou muito positiva, do ponto de vista pessoal e profissional.

6.2 Atividade profissional

6.2.1 CEEETA-ECO, Consultores em Energia

2007: Ingresso como gestor de projetos na CEEETA-ECO, Consultores em Energia.

Funções desempenhadas: Chefe de projetos desta consultora e tenho como principais responsabilidades a coordenação e execução técnica da componente de auditorias energéticas nas áreas dos edifícios, indústria e transportes.

Apresentação do CEEETA-ECO

O CEEETA-ECO tem por objeto a prestação de serviços de consultoria à Comissão Europeia, a Administração Pública Portuguesa, a empresas públicas em Portugal, a

empresas de energia, a empresas do setor dos serviços e das finanças, a fundos de investimento, e a empresas do setor industrial.

Resumo da atividade profissional desenvolvida no CEEETA-ECO

De seguida é apresentado um resumo do trabalho desenvolvido no CEEETA-ECO, Consultores em Energia, Lda.

Para sistematizar e permitir uma melhor leitura e compreensão do perfil profissional desenvolvido ao longo dos cerca de quatro anos de colaboração no CEEETA-ECO, é apresentado uma repartição das atividades desenvolvidas de acordo com as áreas temáticas de eficiência energética em edifícios, na indústria, nos transportes, energias renováveis e valorização energética de recursos locais, mobilidade urbana sustentável/elétrica, planeamento energético e divulgação, educação e sensibilização para a eficiência energética e energias renováveis.

A. Eficiência Energética em Edifícios

Realização cerca de duas dezenas auditorias energéticas a edifícios no âmbito do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar interior de Edifícios (SCE). A minha participação neste trabalho foi o desenvolvimento técnico da auditoria energética e recomendação das medidas de utilização racional de energia na instalação. Neste âmbito, realizei as seguintes auditorias energéticas:

- EDIFÍCIO SEDE DA DST – DOMINGOS SILVA TEIXEIRA, SA, JUNHO 2011
- EDIFÍCIO BYSTEEL, JUNHO 2011
- EDIFÍCIO SEDE DA SIDERURGIA NACIONAL - SEIXAL, DEZEMBRO 2009
- EDIFÍCIO SEDE DA SIDERURGIA NACIONAL - MAIA, DEZEMBRO 2009
- EDIFÍCIO DO CENTRO CIÊNCIA VIVA DE SINTRA, JULHO DE 2009
- EDIFÍCIO DO COMPLEXO ESCOLAR EB1 ERICEIRA, JANEIRO 2010
- EDIFÍCIO SEDE DA ÁGUAS DO AVE, SA, MAIO 2007
- BIBLIOTECA MUNICIPAL DE BARCELOS, OUTUBRO 2009
- PAVILHÃO GIMNODESPORTIVO DE BARCELOS, OUTUBRO 2009
- .EDIFÍCIO DA ESCOLA PROFISSIONAL DE TECNOLOGIA E GESTÃO DE BARCELOS, NOVEMBRO 2009

- ESTÁDIO DE BARCELOS (GIL VICENTE), NOVEMBRO 2009
- PISCINA MUNICIPAL DE BARCELOS, DEZEMBRO 2009
- EDIFÍCIO DOS PAÇOS DE CONCELHO DE BARCELOS, DEZEMBRO 2009
- PAVILHÃO DE CAMPO (BARCELOS), DEZEMBRO 2009
- PAVILHÃO MULTIUSOS DE GUIMARÃES, JULHO 2009
- ESCOLA BÁSICA STA. LUZIA (GUIMARÃES), JULHO 2009
- ESCOLA BÁSICA RIBEIRA (GUIMARÃES), JULHO 2009
- CASA DA CULTURA DA TROFA, AGOSTO 2009
- ESCOLA DA GUARDA (GNR QUELUZ), FEVEREIRO 2010
- COMPLEXO DESPORTIVO E DE LAZER DE MELGAÇO ESTÁDIO / GIMNODESPORTIVO, ABRIL 2008
- PISCINAS MUNICIPAIS DE MONÇÃO, ABRIL 2008
- PISCINAS MUNICIPAIS DE PAREDES DE COURA, ABRIL 2008
- PISCINAS MUNICIPAIS DE VALENÇA, ABRIL 2008
- PISCINAS MUNICIPAIS DE VILA NOVA DE CERVEIRA, ABRIL 2008

B. Eficiência Energética na Indústria

Realização de auditorias energéticas ao abrigo do SGCIE — Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, publicada no decreto-lei nº 71/2008, de 15 de abril de 2008. Técnico responsável pela auditoria e pelo controle da execução e do progresso do Plano de Racionalização dos Consumos de Energia (PRCE). Neste âmbito fui responsável pelo desenvolvimento das seguintes auditorias energéticas:

- CENTRAL DE BETUMINOSO DA DST – DOMINGOS SILVA TEIXEIRA, SA.
- TAGREGADOS - CENTRAL DE PRODUÇÃO DE AGREGADOS DA DST – DOMINGOS SILVA TEIXEIRA, SA.
- ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS DE BRAGA (PONTE DO BICO)
- ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DE FROSSOS (BRAGA)
- ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS BEIROLAS (LISBOA), JULHO 2010
- ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS CHELAS (LISBOA), AGOSTO 2010

- ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS FRIELAS (LISBOA), SETEMBRO 2010
- ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS SÃO JOÃO DA TALHA, SETEMBRO 2010

ESTUDO SOBRE A VALORIZAÇÃO DE ELETRICIDADE PRODUZIDA POR COGERAÇÃO – ETAR DE BEIROLAS, CHELAS E FRIELAS

Estudo de análise económica da produção de energia elétrica com recurso à cogeração das ETARs de Beiroelas, Chelas e Frielas, nomeadamente a comparação do regime de autoconsumo, produtor consumidor e injeção integral na rede elétrica. A minha participação foi como membro da equipa consultora, as tarefas por mim desenvolvidas estiveram dedicadas na análise económica dos vários cenários e apoio técnico à equipa projetista de instalações elétricas

DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS A INSTALAÇÕES

Objetivo: Este trabalho visa identificar oportunidades de poupança de energia ou de redução da fatura energética nesta instalação, através de uma análise às condições de consumo de energia em determinadas áreas específicas dessa instalação. A minha participação neste diagnóstico foi o trabalho de campo através da instalação de analisadores de energia elétrica e levantamento energético, bem como, a subsequente identificação de medidas de racionalização dos consumos e custos de energia e realização dos correspondentes relatórios. Neste âmbito desenvolvi os seguintes diagnósticos:

- ETAR DE ÉVORA, JANEIRO 2007
- ETA DE MONTE NOVO, FEVEREIRO 2007
- ETAR DE ALFÂNDEGA DA FÉ, JULHO DE 2007
- DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO À ETAR DE VALPAÇOS, JULHO DE 2007
- DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DA ETAR DE CASTELO DE VIDE, MARÇO 2007

ESTUDO PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA E DA FATURA ENERGÉTICA NAS ESTAÇÕES TRANSMISSORAS DA TMN, MARÇO 2007

Objetivo: Este trabalho teve como objetivo caracterizar os equipamentos e as condições de funcionamento das estações transmissoras (BTS), de forma a estabelecer o cenário de

base de referência para a avaliação do impacto de eventuais medidas de racionalização de consumos. A minha participação neste diagnóstico foi o trabalho de campo através da realização de auditorias energéticas a um conjunto de BTS e a análise de viabilidade para a implementação de sistemas de microgeração utilizando recursos renováveis como é o caso da solução solar elétrica – fotovoltaica, eólica e os sistemas híbridos que se apresentam como uma combinação dos sistemas anteriores. Dentro deste âmbito, explorei o estado de arte de tecnologias de microgeração, dando ênfase à aplicação de pilhas de combustível para a produção de energia elétrica em sistemas de *backup*.

C. Eficiência Energética nos Transportes

Realização de cerca de duas dezenas auditorias energéticas de acordo com Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Setor dos Transportes (RGCE), publicada no decreto-lei n.º 58/82, de 26 fevereiro e respetiva Portaria 228/90, de 27 de março. Nestes trabalhos assumi a responsabilidade técnica pela auditoria e controle da execução e do progresso do Plano de Racionalização dos Consumos de Energia. Neste âmbito foram desenvolvidas as seguintes auditorias energéticas:

- FROTA DE TRANSPORTES DA ALGAR, RESÍDUOS SÓLIDOS, SA
- FROTA DE TRANSPORTES DA MECI
- FROTA DE TRANSPORTES DA AGERE
- FROTA DE TRANSPORTES DA THYSSEN KRUP
- FROTA DE TRANSPORTES DA ATLANTIC FERRIES
- FROTA DE TRANSPORTES DA MTS METRO SUL DO TEJO

AÇÃO DE FORMAÇÃO EM ECO CONDUÇÃO

Objetivo: Formador de uma ação de formação sobre eco condução para motoristas do Estado, desenvolvida pelo INA – Instituto Nacional de Administração.

D. Energias Renováveis e valorização energética de recursos locais

ESTUDO DE VIABILIDADE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM LOCAIS REMOTOS PARA A EMPRESA ÁGUAS DO NORTE ALENTEJANO

Objetivo: Este projeto de investigação e desenvolvimento apoiado pelo Fundo de Apoio à Inovação (Ministério da Economia e Inovação) tem como objetivo o estudo, desenvolvimento e teste de soluções e protótipos pré industriais para a gestão ativa e inteligente de redes elétricas com grande penetração de microgeração e veículos elétricos. A minha participação foi como membro da equipa consultora, as tarefas por mim desenvolvidas estiveram relacionadas com a construção de cenários de penetração de veículos elétricos no mercado nacional e a análise prospetiva dos modelos de negócio associados à disponibilização de pontos de carga dos veículos elétricos e seu impacto na definição de cenários de avaliação de impactos na exploração da rede elétrica.

ESTUDO DE VIABILIDADE DE SECAGEM TÉRMICA DE LAMAS PARA A EMPRESA ÁGUAS DO NORTE ALENTEJANO

Objetivo: Este projeto tem como propósito analisar as diferentes opções técnicas e tecnológicas possíveis de secagem, nomeadamente a secagem solar, e os custos a elas associados. A minha participação foi o desenvolvimento de todas as tarefas do estudo, nomeadamente o levantamento do enquadramento legislativo deste resíduo a nível nacional, levantamento dos atuais processos de secagem térmica, levantamento do mercado de secagem solar e análise técnico económica de um sistema de secagem solar para a empresa.

ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR TÉRMICA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUAS SANITÁRIAS NAS ETAR DE SANTA CRUZ E CHARNECA PARA A EMPRESA ÁGUAS DO OESTE, JUNHO 2007

Objetivo: Este projeto realizou um estudo de viabilidade técnico e económica para a implementação de sistemas de aquecimento das águas sanitárias por energia solar térmica das ETARs da Charneca e de Santa Cruz. A minha participação neste projeto foi o levantamento das necessidades energéticas bem como o dimensionamento dos sistemas solares térmicos recorrendo ao *software SolTerm*.

ESTUDO DE VIABILIDADE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS (6 LOCAIS) PARA A EMPRESA ÁGUAS DO CENTRO ALENTEJO, SETEMBRO 2007

Objetivo: Este estudo tem como intuito analisar a viabilidade técnica e económica de soluções de utilização de energia solar fotovoltaica para a alimentação de pequenas cargas elétricas que se encontrem em locais remotos, nomeadamente em pontos afastados da rede elétrica, que são compostas por pequenos equipamentos, como por exemplo caudalímetros, bombas doseadoras entre outros. Este documento descreve na sua parte inicial a tecnologia solar fotovoltaica, bem como os possíveis cenários de enquadramento face aos regimes legais em vigor, remetendo para a segunda parte a caracterização dos cenários, descrição das soluções possíveis e respetiva análise de viabilidade. A minha participação consistiu na execução integral do estudo nomeadamente do levantamento no terreno dos locais com maior potencial e consequente análise técnico e económica dos sistemas fotovoltaicos a implementar.

AVALIAÇÃO TÉCNICO E ECONÓMICA DE SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO PARA A EMPRESA ALLIANCE, FEVEREIRO 2008

Objetivo: Este trabalho teve como objetivo definir os locais com maior potencial para a introdução de sistemas de microgeração nos condomínios geridos pela empresa *Alliance*. A minha participação neste trabalho foi a caracterização e otimização dos sistemas tipo, a análise da produtividade e respetiva avaliação de rentabilidade dos sistemas.

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÓMICA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO EDIFÍCIO SEDE DA FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN (FCG), SETEMBRO 2008

Objetivo: Este estudo tem como objetivo identificar o potencial de produção fotovoltaica disponível no edifício sede da FCG, mas também caracterizar os investimentos e avaliar a sua viabilidade, face ao quadro legal vigente. São assim de elementos de apoio à decisão, neste domínio do solar fotovoltaico, que poderão ser úteis para perspetivar investimentos no atual momento ou então a curto ou médio prazo. A minha participação neste trabalho foi a avaliação do recurso solar face aos constrangimentos de área e a criação de diversos cenários de produtividade de energia elétrica de acordo com a tecnologia fotovoltaica a utilizar (mono/policristalino, *thin-film*), tendo em conta a maximização energética e a otimização arquitetónica.

ELABORAÇÃO DE PROJETO E APOIO AO LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA DE ORIGEM FOTOVOLTAICA EM MODO DE AUTO

CONSUMO PARA O CONVENTO DOS CAPUCHOS (SINTRA), OUTUBRO DE 2008

Objetivo: Este projeto contou com o dimensionamento de um sistema fotovoltaico autónomo para a alimentação elétrica do Convento dos Capuchos. A minha participação neste trabalho foi a configuração e dimensionamento do sistema fotovoltaico, produção expectável e dos seus custos atualizados. Para além desta atividade, tive a cargo a coordenação do projeto de execução do sistema fotovoltaico com a equipa projetista e a coordenação dos trâmites administrativos com vista ao licenciamento da central fotovoltaica ao abrigo da legislação em vigor.

ESTUDO DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM CENTROS COMERCIAIS, MAIO 2008

Objetivo: Este estudo tem como objetivo assessorar um investidor nacional na tomada de decisão para o investimento em centrais fotovoltaicas em centros comerciais. O estudo analisa em detalhe a organização do setor fotovoltaico em diversos países, nomeadamente na composição da tarifa de venda de energia (*feedintariff*) e realiza um levantamento do potencial de produção de energia no universo das unidades comerciais em 6 países (Espanha, Itália, Grécia, Turquia, Roménia e Alemanha) e desenvolve modelos de negócio e parcerias aplicáveis nestes países. Para além destas atividades o estudo contou com um estudo de caso num centro comercial em Portugal. A minha participação neste trabalho foi a análise da componente tarifas aplicáveis e licenciamentos necessários para a implementação dos sistemas fotovoltaicos, bem como, a análise de investimento nos diversos países, com a quantificação do Valor Atualizado Líquido (VAL) e Taxas Internas de Rentabilidade (TIR) dos projetos.

PLANO ESTRATÉGICO PARA A ENERGIA E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS DE VALE DO MINHO

Objetivo: Este documento tem como objetivo apoiar a Agenda Local 21 e fazer uma análise da situação energética em Portugal e na região abrangida pela Comunidade Intermunicipal do Vale do Minho e estabelecer estratégias ao nível dos temas da energia e das alterações climáticas para os cinco municípios aderentes, contribuindo assim para a constituição de uma comunidade sustentável. A minha participação foi realizar a caracterização do Vale do Minho, em termos de oferta e procura de energia, bem como,

a definição de estratégias e ações a desenvolver no âmbito da promoção da eficiência energética e das energias renováveis.

MATRIZ ENERGÉTICA DO VALE DO MINHO

Objetivo: Este documento tem como objetivo apoiar a Agenda Local 21 e servir de ferramenta para a identificação de oportunidades no domínio da eficiência energética e consequentemente na diminuição das emissões de Gases com efeito de Estufa (GEE) nos municípios pertencentes à comunidade intermunicipal do Vale do Minho (Melgaço, Monção, Paredes de Coura, Valença, Vila Nova de Cerveira). A minha participação foi realizar a caracterização dos consumos de energia nos municípios pertencentes à comunidade intermunicipal e estabelecimento de diversos indicadores energéticos de forma a tornar os municípios comparáveis em termos energéticos.

E. Mobilidade Urbana Sustentável/Mobilidade Elétrica

PERITO DO PROGRAMA DE CAPITALIZAÇÃO DO INTERREG IV C – TRANSPORTES SUSTENTÁVEIS (2012-2013)

Objetivo: Esta função tem como objetivo avaliar os projetos europeus financiados pelo INTERREG IVC no domínio dos transportes sustentáveis de forma a analisar e implementar o programa de capitalização do INTERREG IVC. Este trabalho decorre a nível europeu e é coordenado pelo AEIE-GECOTTI Grupo de Interesse de Transfronteiriço do Espaço Económico Europeu, com sede em Lille, França.

REALIZAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE MOBILIDADE ELÉTRICA DE ALMADA, SETEMBRO DE 2009

Objetivo: Este plano tem como objetivo apoiar o município de Almada na criação da rede piloto para a mobilidade elétrica. Todo o âmbito deste plano municipal vem ao encontro dos objetivos traçados para o Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal, nomeadamente do seu carácter experimental e procura fornecer informação ao município sobre várias soluções tecnológicas, de serviço e de negócio que estão associados à mobilidade elétrica. As tarefas por mim desenvolvidas estiveram relacionadas com a análise estratégica da oferta e procura de veículos elétricos e localização dos locais de carga dos veículos. Para além destas tarefas o meu

envolvimento abrangeu a dinamização das ações de participação pública do plano e as metodologias de controlo da execução do plano.

PARTICIPAÇÃO NO PROJETO REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS (REIVE), JUNHO 2009

Objetivo: Este projeto de investigação e desenvolvimento apoiado pelo Fundo de Apoio à Inovação (Ministério da Economia e Inovação) tem como objetivo o estudo, desenvolvimento e teste de soluções e protótipos pré industriais para a gestão ativa e inteligente de redes elétricas com grande penetração de microgeração e veículos elétrico. A minha participação foi como membro da equipa consultora, as tarefas por mim desenvolvidas estiveram relacionadas com a construção de cenários de penetração de veículos elétricos no mercado nacional e a análise prospetiva dos modelos de negócio associados à disponibilização de pontos de carga dos veículos elétricos e seu impacto na definição de cenários de avaliação de impactos na exploração da rede elétrica

ASSESSORIA TÉCNICA NO DOMÍNIO DA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL AOS PARQUES DE SINTRA – MONTE DA LUA, ABRIL 2008

Objetivo: Esta assessoria foi desenvolvida em 3 fases e teve como objetivo apoiar a empresa no desenvolvimento de ações de mobilidade sustentável. A primeira fase consistiu na com a análise estratégica de veículos elétricos de transporte de passageiros (visitantes) no Parque e Palácio da Pena. A segunda fase consistiu no apoio técnico no processo de *procurement* de um mini autocarro elétrico e posteriormente, acompanhar a sua implementação no serviço com o objetivo de satisfazer as necessidades operacionais e melhorar a qualidade de serviço existente. A terceira fase consistiu no apoio à construção de um caderno encargos com a identificação dos critérios de seleção para o processo de compra pública. A minha participação neste trabalho foi a coordenação de todas as atividades envolvidas nesta assessoria.

F. Planeamento energético

PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO ENERGIA PORTUGAL 2011

Objetivo: Este estudo tem como objetivo realizar uma atualização da caracterização do setor energético em Portugal, nomeadamente aos aspetos relacionados com a oferta e procura de energia e os relacionados com a energia e ambiente. As tarefas por mim

desenvolvidas estiveram relacionadas com a componente da oferta de energia em Portugal e a utilização de energia em diversos setores económicos de atividade.

PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO SOBRE AS MEDIDAS E POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PORTUGAL - PCTE – PÓLO DE COMPETITIVIDADE E TECNOLOGIA DA ENERGIA - ENERGYIN

Objetivo: Este estudo tem como objetivo conduzir a um *roadmap* das tecnologias de eficiência energética que leve à definição de linhas de ação para a implementação de estratégias que permitam ultrapassar as barreiras que têm impedido a afirmação da eficiência energética como um vetor fundamental da política energética no atual enquadramento socioeconómico do país, contribuindo assim para o desenvolvimento de um *cluster* empresarial na área da eficiência energética em Portugal. As tarefas por mim desenvolvidas estiveram relacionadas com a análise dos diversos programas de incentivo à eficiência energética, nomeadamente à inventariação das medidas de eficiência energética em termos de investimento e poupança no sentido de construir uma curva de custo das medidas técnicas em função do seu potencial de poupança energética (*Supply Curves for Conserved Energy*).

PLANO DE GESTÃO DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO NORTE (PGRH-NORTE), SETEMBRO 2011

Objetivo: Este instrumento de planeamento tem como objetivo fornecer uma abordagem integrada para a gestão dos recursos hídricos, dando coerência à informação para a ação e sistematizando os recursos necessários para cumprir objetivos. Este Plano de Gestão, em conjunto com a promoção de outras ações e iniciativas, será uma das bases para o cumprimento dos desígnios da ARH do Norte, I.P., de proteção das componentes ambientais das águas e de valorização dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos, na sua área de jurisdição. A minha participação foi como membro da equipa consultora, as tarefas por mim desenvolvidas estiveram relacionadas com a análise da componente de energia do plano, nomeadamente a caracterização e diagnóstico energético das regiões hidrográficas e a recomendação de medidas para a promoção de energias renováveis e eficiência energética.

ESTUDO PORTUGUESE RENEWABLE ENERGY MARKET – PV INVESTORS PERSPETIVE, MARÇO 2011

Objetivo: Este estudo tem como objetivo assessorar um investidor estrangeiro na tomada de decisão para o investimento em centrais fotovoltaicas em Portugal. O estudo, executado em língua inglesa, analisa em detalhe a organização do setor energético nacional, nomeadamente na composição da *feedintariff* para a tecnologia fotovoltaica e procura identificar as principais oportunidades e ameaças no atual sistema legislativo das energias renováveis em Portugal. A minha participação neste trabalho foi a análise da componente de política energética para o setor e o levantamento do atual mercado de energia fotovoltaica em Portugal.

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE COGERAÇÃO DO TAGUSPARK, OUTUBRO 2008

Objetivo: Este estudo tem como objetivo analisar o sistema de cogeração do *TagusPark*, com o objetivo de avaliar o seu funcionamento atual numa perspetiva de custo-benefício e estudar possibilidades de maximizar a remuneração da energia elétrica produzida. A minha participação neste trabalho foi a avaliação energética do sistema de cogeração, o balanço económico da instalação da cogeração, o enquadramento legal da instalação de cogeração e a construção de cenários de otimização económica de acordo o regime de remuneração existente (DL 186/95) e o sistema de venda integral à rede elétrica (DL 313/2001).

PROJETO DE ALTERAÇÃO E LICENCIAMENTO DO SISTEMA DE LIGAÇÃO À REDE ELÉTRICA DO GRUPO DE COGERAÇÃO DO TAGUSPARK, NOVEMBRO 2008

Objetivo: O objetivo deste projeto foi o de efetuar o projeto elétrico para injetar a energia elétrica na rede pública, de acordo com o permitido pela atual licença de estabelecimento. Para a sua concretização foi feito o desenvolvimento de um projeto de alterações do atual esquema de ligação de energia elétrica, bem dos procedimentos administrativos necessários junto da DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia, e da EDP – Energias de Portugal. A minha participação neste trabalho foi a coordenação da equipa projetista e os estabelecimentos de contactos com as entidades licenciadoras.

G. Divulgação, Educação e sensibilização para a eficiência energética e energias renováveis

PARTICIPAÇÃO NO PROJETO ILUMINAÇÃO 100% EFICIENTE NA REGIÃO AUTÓNOMA DOS AÇORES, NO ÂMBITO DO PLANO DE PROMOÇÃO DA EFICIÊNCIA NO CONSUMO (PPEC 2009-2010), DA EDA – ELETRICIDADE DOS AÇORES

Objetivo: O objetivo desta medida é o de fomentar a redução do consumo de energia elétrica no setor doméstico da Região Autónoma dos Açores (RAA) através da promoção da substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas energeticamente eficientes (lâmpadas fluorescentes compactas). As tarefas por mim desenvolvidas estiveram relacionadas com o impacto da medida na redução do consumo de energia na RAA.

PARTICIPAÇÃO NO PROJETO AUDITORIA ENERGÉTICA A EDIFÍCIOS ESCOLARES, NO ÂMBITO DO PLANO DE PROMOÇÃO DA EFICIÊNCIA NO CONSUMO (PPEC 2009-2010), DA EDA – ELETRICIDADE DOS AÇORES

Objetivo: Este projeto tem como objetivo melhorar a eficiência no consumo de energia elétrica no Arquipélago dos Açores. As tarefas por mim desenvolvidas estiveram relacionadas com o acompanhamento geral do projeto e desenvolvimento das tarefas relacionadas com a produção de conteúdos de uma brochura informativa e um manual de eficiência

6.2.2 Associação Portuguesa do Veículo Elétrico, APVE

Em março de 2004 ingressei como Gestor de Projeto na Associação Portuguesa do Veículo Elétrico, de onde saí em 2007.

Apresentação da APVE

A Associação Portuguesa do Veículo Elétrico (APVE) é uma associação sem fins lucrativos, de âmbito nacional, criada em 1999, que tem como missão a promoção de uma ampla utilização de veículos com propulsão elétrica, (a Bateria, Híbrido e a Pilha de Combustível) integrada numa política de transportes e mobilidade sustentável.

Resumo da atividade profissional desenvolvida a APVE

Na APVE, tive como principais responsabilidades o desenvolvimento, e numa segunda fase também a gestão, de projetos nacionais e internacionais no domínio da mobilidade elétrica. Tive também a responsabilidade da coordenação técnica e administrativa da associação respondendo diretamente ao Conselho de Administração.

Atualmente, possuo as responsabilidades pela coordenação das Comissões Técnicas de Normalização (CT) sendo o Secretário das CT 146 - Veículos Rodoviários Tração Elétrica e CTE 69 - Sistemas Elétricos para Veículos Elétricos Rodoviários. Nestas funções tenho a responsabilidade de coordenar o desenvolvimento das atividades de normalização, interligação entre os membros das comissões e representação internacional no CEN - Comité Europeu de Normalização e no CENELEC - Comité Europeu de Normalização Eletrotécnica.

Participação em Projetos

Participação técnica na monitorização e acompanhamento no Projeto de Demonstração de Autocarros Elétricos em Frota de Transporte Público Urbano, financiado pelo IMTT Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres, I.P

Participação técnica no projeto FCT POSI/EEA-ESE/61174/2004 “Unidade de Produção de Energia para Fontes de Energias Renováveis recorrendo ao Hidrogénio”

Gestão de Projetos e Elaboração de Candidaturas

Gestão do projeto APVE – Organismo de Normalização Setorial financiado pelo PRIME - Programa de Incentivos à Modernização da Economia

Elaboração de candidaturas aos programas PRIME e SAVE no domínio dos transportes e da mobilidade sustentável.

6.2.3 Agência Regional de Energia e Ambiente do Algarve, AREAL.

Em 2000, fui convidado a participar na criação da AREAL coadjuvando o seu Diretor Geral na implementação da agência energia em termos técnicos e de gestão. Neste sentido desenvolvi as seguintes atividades:

Coordenação do projeto comunitário na área da eficiência energética e das energias renováveis no Algarve (Programa Comunitário SAVE *Specific Actions for Vigorous Energy Efficiency*)

Formação de equipas de auditorias energéticas na agência.

Representação da agência em seminários nacionais e internacionais.

Desenvolvimento de estudos de viabilidade técnica e económica para implementação de energias renováveis (energia solar térmica em piscinas e eletrificação de montes isolados no Algarve com recurso a energia fotovoltaica).

Organização do sistema de análise e otimização da faturação de energia elétrica nos 16 municípios do Algarve

6.2.4 Centro para a Conservação de Energia (atualmente ADENE).

Após concluir a minha licenciatura pré Bolonha, ingressei como técnico no Centro para a Conservação de Energia, entidade que foi posteriormente transformada na atual ADENE, Agência para a Energia.

No âmbito deste projeto realizei como técnico as seguintes auditorias energéticas:

- HOTEL DA BALEEIRA, Sagres;
- HOTEL APARTAMENTO ALMAR, Albufeira
- HOTEL BAIA, Monte Gordo
- JOPER – Equipamentos Agrícola, S.A., Torres Vedras;
- HUGAL Indústria de Calçado, Lda., Benedita;
- LOURITEX Metalomecânica, Lda., Lourinhã;
- JOALPE – Indústria de Expositores, S.A, Tortosendo;
- FACERIL – Fábrica de Cerâmica do Ribatejo SA, Chamusca
- CERÂMICA DO SALVADORINHO SA, Abrantes;
- SIFUCEL – Sílicas Lda., Rio Maior.

6.3 Publicações

De seguida é feita uma listagem dos trabalhos publicados em co-autoria:

- Duarte Sousa, Antonio Roque, Claudio Casimiro, “*Analysis and Simulation of a System Connecting Batteries of an Electric Vehicle to the Electric Grid*”, III International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives ([IEEE POWERENG 2011](#)), Malaga - Espanha, maio 2011.
- Duarte de Mesquita e Sousa, António Eusébio Velho Roque, Claudio Casimiro, “*Economic aspects related to the installation of photovoltaic modules in a camping car*”, EVS 24 The 24th International battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, 2011.
- Duarte de Mesquita e Sousa, António Eusébio Velho Roque, Claudio Casimiro, “*Camping Car with Self Power Generation*”, 2nd International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives”, 2011, IEEE ISBN: 978-1-4244-4611-7.
- Duarte de Mesquita e Sousa, Claudio Casimiro, Jorge Manuel Garcia Esteves, “*Some aspects of joining photovoltaic micro-generation systems with plug-in hybrid electric vehicles*”, EVS 24 The 24th International battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, 2011.
- António Roque, Duarte Sousa, Cláudio Casimiro: “*Economic analysis of using micro-generation systems on board of a camping in an Iberian context*”, 7th International Conference on the European Energy Market ([EEM'10](#)), Madrid, Spain, 2010, IEEE ISBN: 978-1-4244-6838-6.
- Cláudio Casimiro, André Marques, “Auditorias Energéticas a ETARs”, PCEEE Portugal em Conferência para uma Economia Energeticamente Eficiente, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, junho 2010.
- António Roque, Duarte Sousa, Cláudio Casimiro: “*Technical and economical analysis of a micro hydro plant - a case study*”, 7th International Conference on the European Energy Market ([EEM'10](#)), Madrid, Spain, 2010, IEEE ISBN: 978-1-4244-6838-6.
- A. Roque, D. M. Sousa, C Casimiro, “*Economic aspects related with the installation of a micro-generation system on board of a camping car*”, 2nd International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, POWERENG, 18-20 março 2009.

- Cláudio Casimiro, Jorge Esteves, Robert Stüssi, Duarte de Mesquita e Sousa, [“Implications for EV in Portugal from the new European CO2 emissions limits”](#), 23rd International Electric Vehicle Symposium and Exposition (EVS 23), Anaheim, CA, USA, 2-5 dezembro 2007.
- Duarte Sousa, Cláudio Casimiro, Inês Santos, Jorge Esteves, Maria José Resende e Robert Stüssi, *“Plug in Hybrid Electric Vehicles in an enterprise: a proposal and the factors to increase the use”*, European Ele-Drive Conference, Bruxelas, maio 2007.

6.4 Participação ou representações

Associado da APVE Associação Portuguesa do Veículo Elétrico.

Associado da COGEN Associação Portuguesa para a Eficiência Energética e Promoção da Cogeração.

6.5 Outras competências

6.5.1 Competências Técnicas

Listo, de seguida, outros cursos que frequentei ao longo da minha carreira profissional.

Ano:2012

Formação em Sistemas de Gestão de Energia – Norma ISO 50 001:2011.

Formador: SGS Portugal.

Ano: 2008

Curso de Liderança de Equipas.

Formador: Academia da Força Aérea.

Ano: 2005

Formação para Organismos de Normalização sectorial (ONS).

Formador: IPQ Instituto Português da Qualidade.

Ano: 2002

Curso de Projetista de Equipamento Solar Térmico.

Formador: INETI, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial.

Ano: 2000

Formação Pedagógica de Formadores.

Formador: INIS, Lda.

Ano: 1999

Formação em Jovens Empreendedores 99

Formador: ANJE Associação Nacional de Jovens Empresários

6.5.2 Competências de Gestão

Ao longo dos meus 15 anos de experiência profissional desenvolvi competências na gestão financeira e administrativa das entidades onde tendo exercido atividade profissional e dos projetos em que estou envolvido.

Tive oportunidade de desenvolver a minha capacidade de comunicação, análise, liderança e de gestão de conflitos, procurando antecipar problemas e introduzir melhorias nos processos e atividades em que estou envolvido.

Neste domínio da minha atividade profissional, sou confrontado com a necessidade de tomar decisões rápidas e, por vezes, com poucos elementos de base, o que me obriga a ter um bom conhecimento dos processos em curso e capacidade para antecipar os resultados das minhas decisões.

Tenho iniciativa, sou dinâmico e gosto de trabalhar em equipa. Procuro sempre motivar a minha equipa a trabalhar para conseguir atingir os objetivos que nos propusemos alcançar. Acompanho o trabalho desenvolvido por cada um dos técnicos, sistematizando as diversas tarefas que o constituem e dando orientações para a sua boa execução. Para garantir a boa execução dos projetos é necessária uma boa condução dos processos e assegurar o necessário grau de envolvimento de todas as partes e serviços implicados, através de uma boa comunicação.

ANEXOS

- **Anexo 1** - Reconhecimento como técnico habilitado para a realização de Auditorias Energéticas e elaboração de Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn) e dos respectivos Relatórios de Execução e Progresso (REP) no âmbito do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE)
- **Anexo 2** - Reconhecimento como técnico habilitado para a realização de Auditorias Energéticas e elaboração de Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn) e dos respectivos Relatórios de Execução e Progresso (REP) no âmbito do Regulamento para a Gestão dos Consumos de Energia para o Setor dos Transportes (RGCEST)
- **Anexo 3** - Reconhecimento como Auditor para Realização de Auditorias Energéticas às Instalações de Cogeração



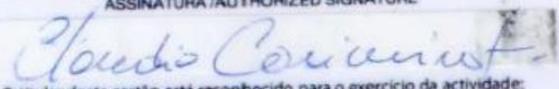
sgcie
SISTEMA DE GESTÃO DOS
CONSUMOS INTENSIVOS DE ENERGIA

**Cláudio José
da Silva Casimiro**
TÉCNICO RECONHECIDO
TR-0034
Data de Validade: 10-07-2013



Este cartão é pessoal e intransmissível. A quem encontrar este cartão pode-se o favor de contactar a ADENE (tel.: 214 722 800)

ASSINATURA / AUTHORIZED SIGNATURE



O titular deste cartão está reconhecido para o exercício da actividade:

Técnico auditor energético autor de planos de racionalização e de relatórios de execução e progresso (Portaria nº519/2008, de 25 de Junho), no âmbito do

SGCIE - Sistemas de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
(Decreto-Lei nº71/2008, de 15 de Abril)





MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DO EMPREGO

Direcção-Geral de Energia e Geologia

TÉCNICO EXAMINADOR DAS CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO
DE ENERGIA E AUTOR DE PLANOS DE RACIONALIZAÇÃO
Sector dos Transportes

INSCRIÇÃO N.º RGCEST/TR-001

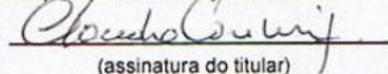
Válido até 2013-11-13

Nome: Cláudio José da Silva Casimiro

B.I. n.º 10302481

Emitido em 2006-04-21

Arq.º de Identificação: Lisboa


(assinatura do titular)

O DIRECTOR-GERAL



Reconhecido para o(s) seguintes(s) subclasse(s)
da Classificação CAE:

- 49100 – Transportes Interurbano de passageiros por caminhos de ferro..
- 49391 – Transporte Interurbano em autocarros.
- 50300 – Transportes de passageiros por via navegáveis interiores.
- 50400 – Transportes de mercadorias por via navegáveis interiores.
- 53100 – Actividades postais sujeitas a obrigações do serviço universal.
- 53200 – Outras actividades postais e *courier*.