

Análise da Evolução da Legislação Aplicada a
Empresas Consumidoras Intensivas de Energia

Filipe Carvalho

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

novembro de 2016

Unidade Curricular de Dissertação/Projeto/Estágio do 2º ano do Mestrado em Energias
Sustentáveis

Candidato: Filipe Carvalho, N° 1101489, 1101489@isep.ipp.pt

Empresa: Smartwatt - Energy Services, S.A



Orientação Científica: Professor Doutor Roque Brandão, rfb@isep.ipp.pt

Orientação em ambiente empresarial: Engenheiro Hélder Marques,
helder.marques@smartwatt.com

Mestrado em Energias Sustentáveis

Departamento de Engenharia Mecânica



novembro de 2016

Dedicado a todos os que me acompanharam nesta jornada...

Agradecimentos

Aos meus familiares, namorada, amigos e colegas pelo apoio e por estarem sempre ao meu lado.

Ao Eng.º Roque Brandão pela orientação e disponibilidade demonstrada sempre que foi necessário.

À Smartwatt pela disponibilidade em me receber como estagiário e a todos os que lá compartilharam comigo a sua sabedoria, conhecimento e bons momentos que tornaram possível a minha evolução.

Resumo

As questões ambientais cada vez mais no topo das preocupações mundiais, aliadas à necessidade de utilização de forma sustentável dos recursos, levam a uma consequente evolução das legislações afetas aos consumos energéticos dos países.

Os consumos energéticos globais têm vindo a aumentar ano após ano devido às necessidades cada vez maiores de um planeta cujos recursos não são infinitos. O aumento dos consumos promove um consequente aumento das emissões gasosas de CO₂, que trazem inúmeras implicações já visíveis em alguns países. O caso da China é preocupante, sendo de longe o país com maiores impactos relativamente a este âmbito.

Portugal tem vindo a conseguir diminuir os seus consumos, mas ainda assim caracteriza-se por um consumidor primário de combustíveis fósseis (principalmente petróleo), o que se traduz numa dependência energética acima dos 70%, apesar dos esforços na exploração de fontes endógenas.

Com vista à promoção da eficiência energética e ao cumprimento e implementação das diretivas europeias, foram criados programas e legislação, como por exemplo a Estratégia Nacional para a Energia (ENE 2020) e o Plano Nacional para a Eficiência Energética (PNAEE).

A Agência para a Energia (ADENE) desenvolve a sua atividade no âmbito do PNAEE e é aqui que se insere o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE).

O SGCIE é um sistema que prevê que as instalações consumidoras intensivas de energia (CIE) realizem ações que promovam o aumento da eficiência energética e a redução de consumos.

Antes do SGCIE, existia o Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia (RGCE), cujo objetivo principal era o mesmo, porém datava da década de 80, ou seja já muito antigo face à atualidade e portanto carente de evolução.

Esta dissertação aborda os dois regulamentos, apontando as características de cada um e a sua aplicabilidade no meio industrial.

Posteriormente, ambos são aplicados utilizando dados reais dos consumos de duas empresas distintas permitindo assim observar quais as principais diferenças entre ambos.

Por fim, são obtidas as principais conclusões de acordo com os resultados obtidos assim como as possíveis razões que levaram às alterações encontradas.

Palavras-Chave

Energia, Consumos, Indicadores Energéticos, Redução de Consumos, Metas.

Abstract

Environmental issues increasingly at the top of global concerns, coupled with the need to use sustainable resources, lead to a consequent evolution of the legislation related to energy consumption of the countries. The global energy consumption has been increasing year after year due to the growing needs of a planet whose resources are not infinite.

The increase of the gaseous emissions of CO₂, which brings many implications are already visible in some countries. The particular case of China is troubling, it is by far the country with the largest impacts in this context.

Portugal has been able to reduce its consumption but it is still characterized by a primary consumer of fossil fuels (mainly oil), which translates into an energy dependence above 70%, despite efforts in the exploitation of indigenous sources.

In order to the energy efficiency promotion, accomplishment and implementation of European policies, programs and legislation were created such as de National Energy Strategy (ENE 2020) and the National Plan for Energy Efficiency (PNAEE).

The Association of Energy (ADENE) develops its activity under the PNAEE and this is where the Management System of Intensive Energy Consumptions (SGCIE) inserts. The SGCIE is a system which predicts that the energy intensive consuming facilities (CIE) perform actions that promote the increase of energy efficiency and the reduction of consumption.

Before SGCIE, there was the Management Regulation of Energy Consumption (RGCE) which provides exactly the same but dated from the 80s, that is already too old to face today and so lacking of evolution.

This dissertation addresses the two regulations, pointing out the characteristic of each one and their applicability in industry. Subsequently, both are applied using real data from two different companies consumptions, allowing to observe what are the main differences between them.

Finally, the main conclusions are obtained trying to match the obtained results to the possible reasons that lead the changes.

Keywords

Energy, Consumption, Energy Indicators, Reduce Consumption, Tar

Declaração

José Filipe Rocha Carvalho, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas, com identificação da fonte.

1 de Novembro de 2016



Jose Filipe Rocha Carvalho

Assinatura

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2. OBJETIVOS	1
1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PANORAMA ENERGÉTICO E ANÁLISE DA LEGISLAÇÃO ASSOCIADA AO CONSUMO ENERGÉTICO EM PORTUGAL.....	5
2.1. PANORAMA GLOBAL E NACIONAL.....	5
2.2. ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A ENERGIA	10
2.3. PLANO NACIONAL PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	11
2.4. CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS	13
2.5. CONSUMO ENERGÉTICO NA INDÚSTRIA	14
2.6. CONSUMO ENERGÉTICO NOS TRANSPORTES.....	15
2.7. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO ESTADO	16
3. AUDITORIAS ENERGÉTICAS	17
3.1. CONCEITO E APLICAÇÃO	17
3.2. TIPOS DE AUDITORIAS	19
3.3. METODOLOGIA DA AUDITORIA ENERGÉTICA	20
3.4. EQUIPAMENTOS A UTILIZAR	22
3.5. RELAÇÃO ENTRE OS INTERVENIENTES	22
4. EVOLUÇÃO DA LEGISLAÇÃO APLICADA ÀS EMPRESAS CONSUMIDORAS INTENSIVAS DE ENERGIA	25
4.1. O REGULAMENTO GERAL DE CONSUMOS DE ENERGIA	25
4.1.1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO	26
4.1.2. PROCESSOS DO RGCE	26
4.1.3. PLANOS DE RACIONALIZAÇÃO DE CONSUMOS DE ENERGIA	27
4.1.4. CONTROLO DE EXECUÇÃO E PROGRESSO DO PRCE	29
4.2. O SISTEMA DE GESTÃO DE CONSUMOS INTENSIVOS DE ENERGIA	29
4.2.1. ÂMBITO DE APLICAÇÃO	30
4.2.2. PROCESSOS E OBJETIVOS	30
4.2.3. AUDITORIAS NO ÂMBITO DO SGCIE.....	31
4.2.4. PLANOS DE RACIONALIZAÇÃO DE ENERGIA (PREN)	31
4.2.5. RELATÓRIOS DE EXECUÇÃO E PROGRESSO	33

4.2.6.	PENALIDADES	33
5.	CASOS DE ESTUDO	35
5.1.	PROCEDIMENTO DE CÁLCULO ADOTADO	35
5.2.	ÂMBITO DE ATIVIDADE DAS EMPRESAS	36
5.3.	FATORES DE CONVERSÃO	36
5.3.1.	FATORES DE CONVERSÃO DE ACORDO COM O RGCE	37
5.3.2.	FATORES DE CONVERSÃO DE ACORDO COM O SGCIE	37
5.4.	ANÁLISE DA EMPRESA A	38
5.4.1.	PRODUÇÃO, VAB E CONSUMOS	38
5.4.2.	INDICADORES E METAS DE ACORDO COM CADA PLANO	40
5.4.3.	INDICADORES E METAS DE ACORDO COM A ANÁLISE ADAPTADA	43
5.5.	ANÁLISE DA EMPRESA B	45
5.5.1.	PRODUÇÃO, VAB E CONSUMOS	45
5.5.2.	INDICADORES E METAS DE ACORDO COM CADA PLANO	47
5.5.3.	INDICADORES E METAS DE ACORDO COM A ANÁLISE ADAPTADA	50
6.	CONCLUSÕES	53
	ANEXO A. FATORES DE CONVERSÃO – SGCIE.....	61
	ANEXO B. CÁLCULOS REFERENTES À ANÁLISE PRÁTICA DA EMPRESA A	65
	ANEXO C. CÁLCULOS REFERENTES À ANÁLISE PRÁTICA DA EMPRESA B	73

Índice de Figuras

Figura 1 - Distribuição mundial do consumo de energia por tipo. Fonte:[2].....	6
Figura 2 - Evolução das emissões de CO ₂ nas nações mais emissoras (Gt). Fonte: [4]	7
Figura 3 - Evolução e distribuição de consumos pelas nações. Fonte:[5]	7
Figura 4 - Evolução da dependência energética em Portugal (%). Fonte:[7].....	8
Figura 5 - Consumo de energia primária em Portugal. Fonte:[9].....	8
Figura 6 - Síntese global dos impactos do PNAEE 2016 - Poupança Energia Primária (tep)[11].....	12
Figura 7 - Processo de metodologia referente a uma auditoria à frota automóvel	15
Figura 8 - Diagrama sequencial das fases de uma auditoria energética.....	20
Figura 9 - Esquema sequencial dos processos referentes ao RGCE.....	27
Figura 10 - Esquema ilustrativo das fases do SGCIE.....	31
Figura 11 - Indicadores a calcular durante o PReN	32
Figura 12 - Penalidades a aplicar em caso de não cumprimento do ARCE.....	34
Figura 13 - Comparação dos consumos energéticos totais (tep)	39
Figura 14 - Evolução do consumo energético total na empresa A segundo cada regulamento	42
Figura 15 - Evolução do consumo específico de energia na empresa A segundo cada regulamento	42
Figura 16 - Evolução do consumo energético total na empresa A segundo cada regulamento de acordo com a análise adaptada.....	44

Figura 17 - Evolução do consumo específico de energia na empresa A segundo cada regulamento de acordo com a análise adaptada	44
Figura 18 - Comparação dos consumos totais na empresa B (tep)	46
Figura 19 - Evolução do consumo energético total na empresa B segundo cada regulamento	49
Figura 20 - Evolução do consumo específico de energia na empresa B segundo cada regulamento.....	49
Figura 21 - Evolução do consumo energético total na empresa B segundo cada regulamento de acordo com a análise adaptada	51
Figura 22 - Evolução do consumo específico de energia na empresa B segundo cada regulamento de acordo com a análise adaptada	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Eixos principais da ENE 2020.Fonte:[14]	11
Tabela 2 - Áreas e Programas do PNAEE 2016 [15].....	12
Tabela 3 - Fórmulas para cálculo de metas de acordo com o RGCE	29
Tabela 4 - Metas de redução para CIE <1000 tep	32
Tabela 5 - Metas de redução para CIE \geq 1000 tep.....	33
Tabela 6 - Fatores de conversão para combustíveis líquidos	37
Tabela 7 - Fatores de conversão para combustíveis gasosos.....	37
Tabela 8 - Valores de equivalência a utilizar nos cálculos	37
Tabela 9 - Fatores de conversão segundo o SGCIE.....	38
Tabela 10 - VAB e produção da empresa A em 2015	38
Tabela 11 - Consumos anuais da empresa B em 2015.....	38
Tabela 12 - Comparação de consumos RGCE vs SGCIE.....	39
Tabela 13 - Dados gerais para aplicação de planos na empresa A	40
Tabela 14 - Evolução do consumo específico de energia e consumo energético total no âmbito do RGCE na empresa A	41
Tabela 15 - Evolução dos indicadores no âmbito do SGCIE na empresa A	41
Tabela 16 - Evolução do consumo energético no âmbito do SGCIE na empresa B	41
Tabela 17 - Dados gerais para aplicação de planos na empresa A de acordo com a análise adaptada.....	43

Tabela 18 - Evolução do consumo específico de energia e do consumo energético total no âmbito do RGCE na empresa A de acordo com a análise adaptada	43
Tabela 19 - VAB e produção da empresa B em 2015	45
Tabela 20 - Consumos anuais da empresa B em 2015	45
Tabela 21 - Comparação de consumos RGCE vs SGCIE	46
Tabela 22 - Dados gerais para aplicação de planos na empresa B.....	47
Tabela 23 - Evolução do consumo específico de energia e do consumo energético total no âmbito do RGCE na empresa B	48
Tabela 24 - Evolução dos indicadores na empresa B no âmbito do SGCIE.....	48
Tabela 25 - Evolução do consumo energético total no âmbito do SGCIE na empresa B ...	48
Tabela 26 - Dados gerais para aplicação de planos na empresa B de acordo com a análise adaptada.....	50
Tabela 27 - Evolução do consumo específico de energia e do consumo energético total no âmbito do RGCE na empresa B de acordo com a análise adaptada.....	50

Nomenclatura

Siglas/Acrónimos

ADENE	–	<i>Agência para a Energia</i>
AE	–	<i>Auditoria Energética</i>
ARCE	–	<i>Acordo de Racionalização dos Consumos Energéticos</i>
CEE	–	<i>Consumo Específico de Energia</i>
CIE	–	<i>Consumidor Intensivo de Energia</i>
CTE	–	<i>Consumo Total de Energia</i>
DDC	–	<i>Diagramas de Carga</i>
D.L.	–	<i>Decreto-Lei</i>
ECO.AP	–	<i>Programa de Eficiência Energética na Administração Pública</i>
ENE	–	<i>Estratégia Nacional para a Energia</i>
ESCO	–	<i>Energy Service Companies</i>
ESE	–	<i>Empresa de Serviço de Energia</i>
GEE	–	<i>Gases com Efeito de Estufa</i>
IE	–	<i>Intensidade Energética</i>
IC	–	<i>Intensidade Carbónica</i>
kgpe	–	<i>Quilograma Equivalente de Petróleo</i>
PNAEE	–	<i>Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética</i>

PNAER	–	<i>Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis</i>
PRCE	–	<i>Plano de Racionalização de Consumos de Energia</i>
PREN	–	<i>Plano de Racionalização dos Consumos de Energia</i>
PRI	–	<i>Período de Retorno de Investimento</i>
QAI	–	<i>Qualidade do Ar Interior</i>
RCCTE	–	<i>Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios</i>
RCESE	–	<i>Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios</i>
RECS	–	<i>Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços</i>
REH	–	<i>Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação</i>
REP	–	<i>Relatório de Execução e Progresso</i>
RGCE	–	<i>Regulamento de Gestão do Consumo de Energia</i>
RPA	–	<i>Relatório de Progresso Anual</i>
SCE	–	<i>Sistema Nacional de Certificação Energética</i>
SGCIE	–	<i>Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia</i>
tep	–	<i>Tonelada Equivalente de Petróleo</i>
VAB		<i>Valor Acrescentado Bruto</i>

1. Introdução

1.1. Contextualização

A presente dissertação, Análise da Evolução da Legislação Aplicada a Empresas Consumidoras Intensivas de Energia, foi elaborada de acordo com dados reais dos consumos provenientes da realização de duas auditorias a duas empresas de áreas de atividade distintas, no âmbito do estágio realizado no segundo semestre do presente ano em ambiente profissional.

De forma a manter o sigilo profissional e a confidencialidade necessária, ambas as empresas manter-se-ão no anonimato, sendo denominadas por Empresa A e Empresa B.

1.2. Objetivos

O objetivo desta dissertação visa realizar uma análise à evolução da legislação nacional aplicada no âmbito estratégico dos consumos de energia da indústria portuguesa, consubstanciada atualmente no Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), apresentando quais as diferenças entre a presente legislação e a anterior e

analisando quais os aspetos com maior significância e as possíveis razões das alterações observadas.

Esta análise tem por base a utilização de dados obtidos através da realização de duas auditorias distintas, uma correspondente a uma indústria de fabrico e comércio de embalagens e outra a correspondente a uma indústria de peleteria, curtimento e acabamento de peles.

A cada indústria será aplicada cada uma das legislações e com isso pode-se observar diferenças patentes a cada um dos regulamentos aplicáveis, desde os fatores de conversão aplicáveis a cada caso, os desvios resultantes nos cálculos e as metas a que estariam obrigadas cada empresa.

1.3. Organização da dissertação

A presente dissertação divide-se em seis capítulos

- **1 – Introdução** – É contextualizada a temática dos consumos energéticos e eficiência energética assim como o objetivo e organização da dissertação.
- **2 – Contextualização do Panorama Energético e Análise da Legislação Associada ao Consumo Energético em Portugal** – A situação energética do país e do mundo é referenciada e explicada resumidamente e são identificadas e apresentadas as legislações mais importantes no âmbito da política energética em Portugal.
- **3 – Auditorias energéticas** – Neste tópico existe uma abordagem relativa ao processo da auditoria energética propriamente dito, sendo focado principalmente os objetivos das auditorias, os tipos de auditorias energéticas existentes e o processo pelo qual uma auditoria deve passar.
- **4 – Evolução da legislação aplicável ao estudo de caso** – É apresentada a antiga legislação referente a consumidores intensivos de energia obsoleta e a mais recente que é utilizada atualmente, assim como os tópicos mais importantes de cada uma.
- **5 – Estudo de casos** – Aqui surgem apresentadas as indústrias abordadas como estudo de caso e a sua devida análise de acordo com os tipos de legislação utilizados,

conforme os dados de reais provenientes de anteriores auditorias, para análise das mesmas legislações

- **6 – Conclusões** – As conclusões obtidas após a análise do estudo de caso são enumeradas neste tópico.

2. Contextualização do Panorama Energético e Análise da Legislação Associada ao Consumo Energético em Portugal

2.1. Panorama global e nacional

A energia é essencial para o desenvolvimento económico, social e ambiental e para a evolução e melhoria da qualidade de vida nos países. Pode ser definida como a “capacidade de realizar trabalho, sendo encontrada em várias formas e estados como o químico, térmico,

elétrico, mecânico, gravitacional, nuclear, radiante, som e movimento” [1]. Pode ser armazenada ou convertida, dependendo da sua aplicação.

O avanço económico, tecnológico e social dos países industrializados despoletou um consumo crescente de energia que tem sido satisfeito pelo recurso a combustíveis de origem fóssil como o petróleo, o gás natural e cada vez mais o carvão [2]. Em 2014, os consumos globais de energia atingiram quase 13.000 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep) como retrata a Figura 1:

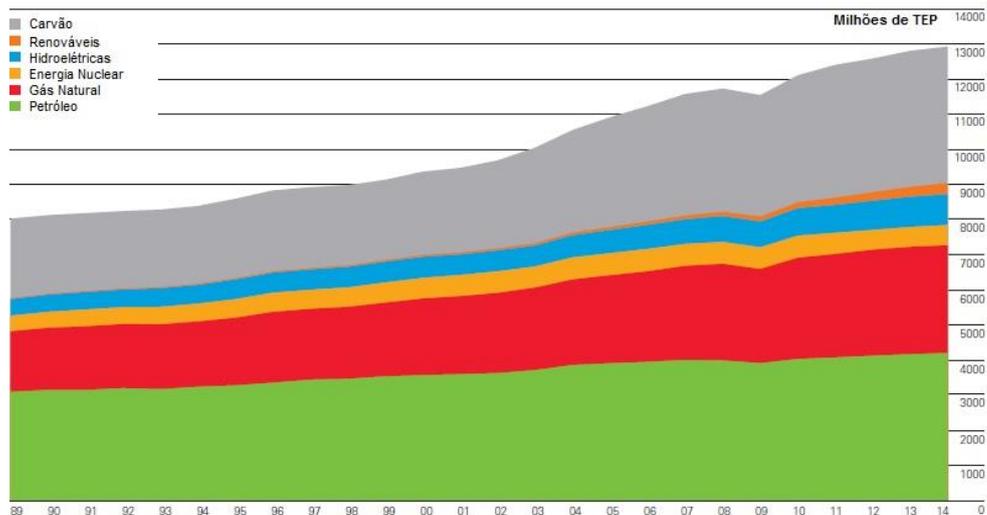


Figura 1 - Distribuição mundial do consumo de energia por tipo. Fonte:[2]

Com uma matriz energética mundial tão dependente dos combustíveis fósseis, existe grande emissão de gases com efeito de estufa (GEE) com impacto na temperatura do planeta e potenciando alterações climáticas [3].

Nos últimos anos tem-se assistido a uma mudança de paradigma na distribuição de consumos e emissão de CO₂ mundial pelas nações, como se pode verificar na Figura 2 e Figura 3. Apesar da economia chinesa crescer a olhos vistos, com ela têm aumentado também os consumos e as emissões de CO₂, ficando de parte as preocupações obrigatórias face ao impacto nocivo das mesmas no planeta [4][5].

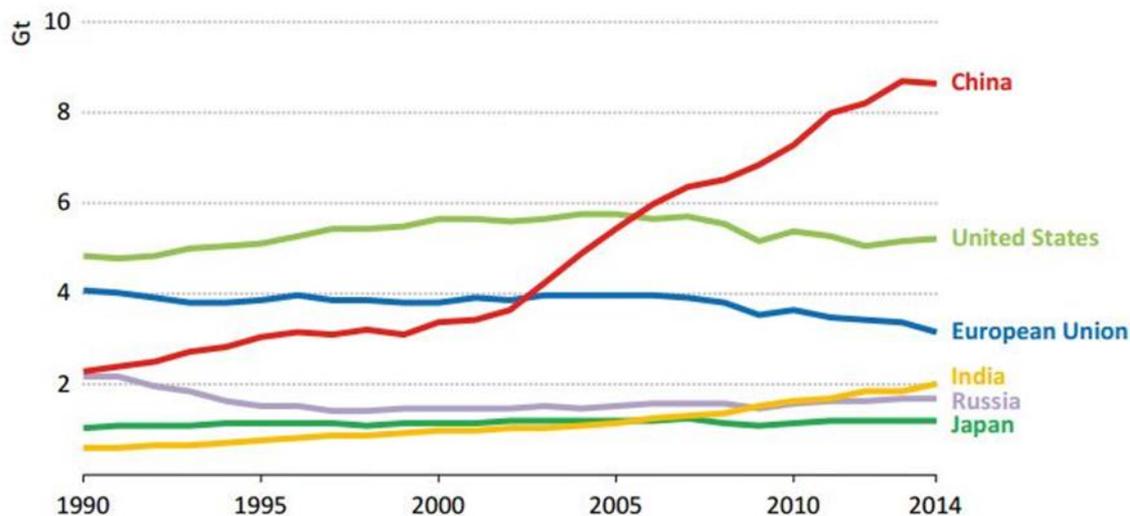


Figura 2 - Evolução das emissões de CO₂ nas nações mais emissoras (Gt). Fonte: [4]

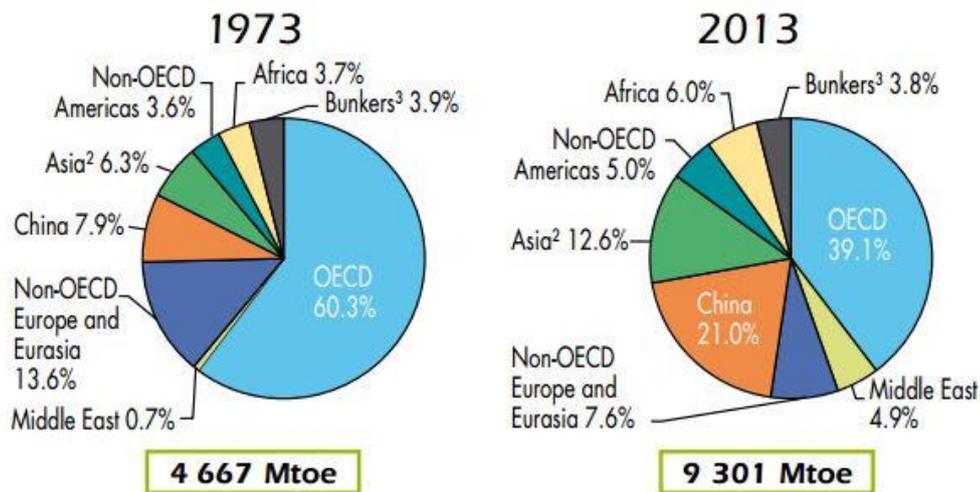


Figura 3 - Evolução e distribuição de consumos pelas nações. Fonte:[5]

No caso específico de Portugal, o país é caracterizado por uma reduzida produção primária de energia, resultante da não existência de combustíveis fósseis e da não produção de energia nuclear. A produção existente está totalmente associada a energias renováveis [6]. Esta situação estrutural dá origem a um elevado nível de dependência energética (Figura 4), aspeto também observado em outros países da União Europeia (UE) [7].

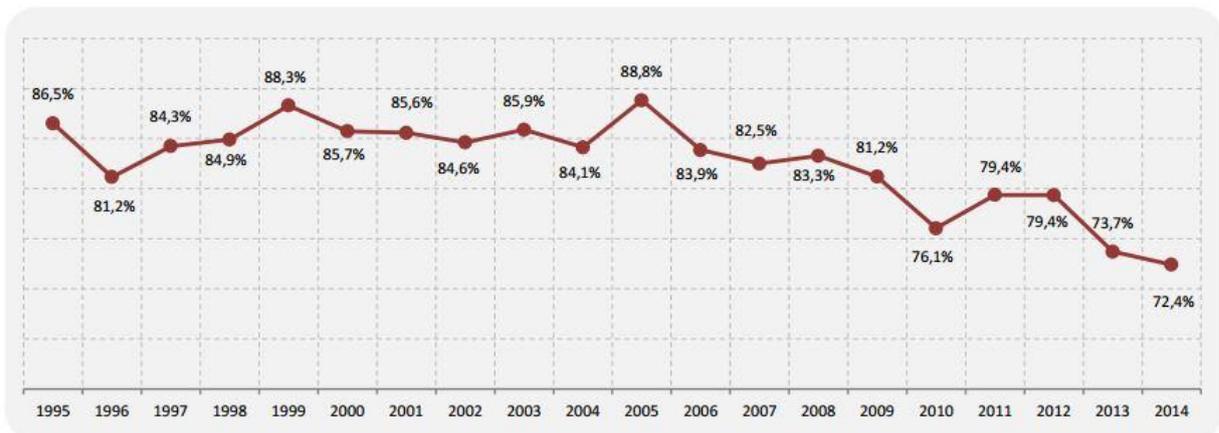


Figura 4 - Evolução da dependência energética em Portugal (%). Fonte:[7]

O choque petrolífero de 1973 teve como consequência o aumento da percepção da dependência e das fragilidades do país, quer ao nível da segurança do abastecimento quer das flutuações dos preços dos combustíveis fósseis. “O embargo ao fornecimento de combustíveis afetou fortemente o país, o que fez emergir a consciência da necessidade estratégica de assegurar o acesso às fontes de energia” [8].

Esta dependência energética do país tem sofrido oscilações, no entanto é possível observar uma notória evolução positiva, tendo baixado cerca de 14% desde 1995 até 2014. O resultado positivo está diretamente relacionado com as políticas impostas pela UE que foram adotadas pelo país, assim como a utilização cada vez maior de fontes endógenas.

Observando o consumo de energia primária por tipo de fonte energética, a Figura 5 corrobora que por um lado os consumos globais de energia primária têm vindo a diminuir e por outro que o petróleo e derivados têm sido a fonte energética mais utilizada ao longo dos anos.

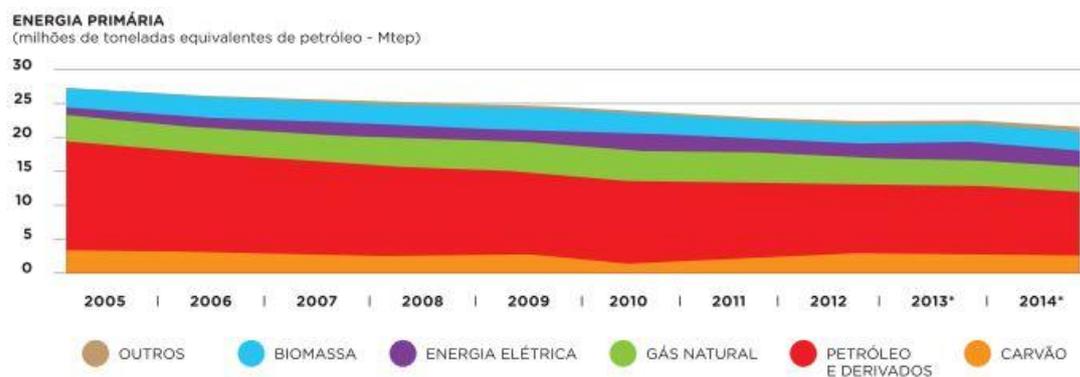


Figura 5 - Consumo de energia primária em Portugal. Fonte:[9]

Devem ser estudadas e aplicadas formas de inverter os cenários descritos até aqui, relativos às dependências e aos consumos energéticos de maneira a não prejudicar o desenvolvimento das nações.

Neste âmbito torna-se importante mencionar a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020) e o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) no caso português, devidamente explorados no ponto seguinte.

A ENE 2020 definiu objetivos que deveriam ser atingidos até 2020 destacando-se o compromisso de redução de 20% do consumo de energia primária, relativamente aos níveis de 1990.

Em Outubro de 2014, no âmbito do quadro de ação da UE relativo ao Pacote “Energia e Clima” para 2030, foi estabelecida a meta não vinculativa de redução do consumo de energia de pelo menos 27% em relação às projeções do consumo futuro de energia. [9]

Não obstante a evolução registada ao nível das políticas nacionais de eficiência energética, a Comissão Europeia decidiu que devido às dificuldades patentes no cumprimento do objetivos relativos à eficiência energética era o quadro jurídico desta temática necessitaria de reformulações. [10]

Surge então o Plano Nacional para a Eficiência Energética. O PNAEE abrange seis áreas específicas, nomeadamente, Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura, contemplando diversas medidas de promoção da eficiência energética para atingir as metas propostas para 2016 e 2020.

Para 2020, o PNAEE fixa o objetivo geral de redução de 25% do consumo de energia primária e um objetivo específico para a Administração Pública de redução de 30%. [11]

O PNAEE e o Plano de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) foram revistos de forma integrada, permitindo trabalhar ambos os planos em conjunto, tendo, por base o alinhamento dos respetivos objetivos em função do consumo de energia primária. [12]

Ora, estas políticas nacionais e europeias devem possuir instituições cujos objetivos sejam a tradução da legislação em atos práticos, avaliação da sua aplicabilidade e realizar a execução dessas políticas. Neste âmbito torna-se necessário mencionar a Direção Geral de Energia e Geologia, cujo objetivo é “contribuir para a conceção, promoção e avaliação das políticas

relativas à energia e aos recursos geológicos, numa ótica do desenvolvimento sustentável e de garantia da segurança do abastecimento”.[13]

2.2. Estratégia Nacional para a Energia

A Estratégia Nacional para a Energia é o elemento mais estruturante da política energética portuguesa e foi aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 29 a 15 de Abril de 2010.

Também denominada ENE 2020, possui como principais objetivos, de acordo com o documento referido acima:

- Reduzir a dependência energética do País face ao exterior para 74 % em 2020;
- Garantir o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal no contexto das políticas europeias de combate às alterações climáticas - 60 % da eletricidade produzida e 31 % do consumo de energia final tenham origem em fontes renováveis; redução de 20% do consumo de energia final nos termos do Pacote Energia-Clima 20-20-20;
- Reduzir em 25 % o saldo importador energético com a energia produzida a partir de fontes endógenas;
- Criar riqueza e consolidar um *cluster* energético no sector das energias renováveis em Portugal;
- Desenvolver um *cluster* industrial associado à promoção da eficiência energética;
- Promover o desenvolvimento sustentável criando condições para o cumprimento das metas de redução de emissões assumidas.

Deve ainda incidir nomeadamente sobre cinco eixos principais:

Tabela 1 - Eixos principais da ENE 2020.Fonte:[14]

<p>1 - Agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Competitividade para os mercados energéticos e para a economia portuguesa, crescimento económico redução da dependência energética e financeira do País
<p>2 - Aposta nas energias renováveis</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diversificação da carteira de energias renováveis apostando em tecnologias já maduras; • Agilização dos procedimentos para a atribuição de potência a projetos de demonstração em novas tecnologias.
<p>3 - Promoção da eficiência energética</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Maior aposta na eficiência no setor dos transportes (veículos com motor elétrico p.ex.); • Reforço das medidas com maior potencial de redução do consumo para o horizonte de 2020 em habitação, indústria e Estado; • Desenvolvimento do setor das energy saving companies (ESCO's).
<p>4 - Garantia da segurança de abastecimento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Promoção da continuidade de uma política de diversificação do mix energético; • Desenvolvimento de novas interligações com Espanha para transporte de eletricidade e gás natural.
<p>5 - Sustentabilidade da estratégia energética</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de fundo de equilíbrio tarifário; • Maior competitividade no setor das renováveis (fim da tarifa de venda ao consumidor final); • Progressiva descarbonificação da economia portuguesa;

2.3. Plano Nacional Para a Eficiência Energética

A Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, transposta para o ordenamento jurídico nacional pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015 de 30 de abril, estabeleceu um novo enquadramento que promove a eficiência energética na UE.

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para o período 2013 -2016 aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de abril inclui as temáticas abordadas na Diretiva mencionada acima.

As áreas abrangidas pelo referido plano são: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura.

Estas abrangem um total de 10 programas presentes nas medidas de melhoria de eficiência energética. [15]

Tabela 2 - Áreas e Programas do PNAEE 2016 [15]

		ÁREAS					
		Transportes	Residencial e Serviços	Indústria	Estado	Comportamentos	Agricultura
PROGRAMAS	Eco Carro		Renove Casa & Escritório	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia	Eficiência Energética no Estado	Comunicar Eficiência Energética	Eficiência no setor Agrário.
	Mobilidade Urbana		Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios				
	Sistema de Eficiência Energética nos Transportes		Solar Térmico				

Na seguinte figura podem ser observadas as metas propostas para 2016 e 2020, para cada área.

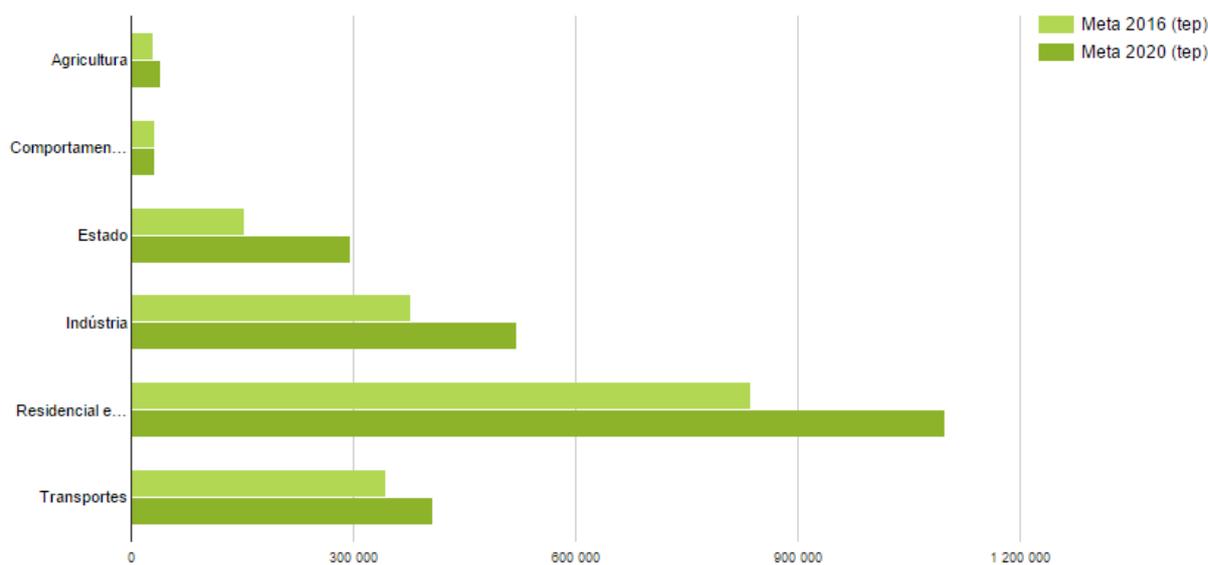


Figura 6 - Síntese global dos impactos do PNAEE 2016 - Poupança Energia Primária (tep)[11]

A estimativa da poupança induzida pelo PNAEE até 2016 é de 1501 milhares de tep, correspondente a uma redução do consumo energético de aproximadamente 8,2%, aproximando-se da meta indicativa definida pela União Europeia de 9% de poupança de energia até 2016.

Para o horizonte 2020, o objetivo geral traçado fixa-se em reduzir 25% do consumo de energia primária ultrapassando as metas da UE de 20%, sendo que na Administração Pública existe um objetivo específico de redução de 30% [15].

2.4. Certificação Energética de Edifícios

Atendendo à Diretiva nº2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de Dezembro de 2002, Portugal criou um conjunto de medidas através da publicação de Decretos-lei, que com vista à promoção da eficiência energética dos edifícios.

A diretiva abrangia quatro elementos principais:

- Uma metodologia comum de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios.
- As normas mínimas relativas ao desempenho energético dos edifícios novos e dos edifícios existentes quando são objeto de grandes obras de renovação.
- Os sistemas de certificação para os edifícios novos e existentes e, nos edifícios públicos, a afixação de certificados e outras informações relevantes.
- A inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios, bem como a avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos.[16]

Os decretos-lei criados a partir desta diretiva levaram à criação dos seguintes regulamentos:

- Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (QAI);
- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE);
- Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).

A diretiva foi, porém, revista com a publicação da Diretiva nº2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios, o que levou também a uma revisão da legislação nacional.

Surge então, Decreto-Lei n.º 118/2013, que aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS) e os inclui num único diploma.

Este documento enuncia a separação do âmbito de aplicação do REH e do RECS. O primeiro foca-se exclusivamente nos edifícios de habitação e o segundo sobre os de comércio e serviços, facilitando o tratamento técnico e a gestão administrativa dos processos ao mesmo tempo que reconhece as especificidades técnicas de cada tipo de edifício.

O D.L. 118/2013 sofreu posteriores alterações ao longo dos anos sendo que no momento o documento referencial para a certificação energética é o Decreto-Lei n.º 251/2015. [17]

2.5. Consumo Energético na Indústria

O Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de Abril, regulamenta o SGCIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, aplicado às instalações consumidoras intensivas de energia com consumos superiores a 500 tep/ano. Resulta da revisão do RGCE, uma das medidas constantes do PNAEE [18]

São definidas quais as instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), estendendo a sua aplicação a um conjunto mais abrangente de empresas e instalações com vista ao aumento da sua eficiência energética tendo em atenção a necessidade de salvaguardar a respetiva base competitiva no quadro da economia global.

A 1 de Maio de 2015, entrou em vigor o Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de Abril procedendo a algumas alterações ao documento legal anterior.

A ADENE (Agência Para a Energia) é a gestora operacional do SGCIE e disponibiliza um portal na internet que abrange desde o registo das atividades consumidoras intensivas à validação dos documentos inerentes ao processo SGCIE.

Posteriormente neste documento será abordada de forma mais concisa este sistema no capítulo 4, referente à evolução da legislação associada a consumos na indústria.

2.6. Consumo energético nos transportes

A Portaria nº 228/90, de 27 de Março aprova o Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Sector dos Transportes (RGCEST).

A realização de uma auditoria energética (AE), regulamentada pelo Decreto-Lei referenciado acima, é obrigatória para qualquer empresa de transportes e empresas com frotas próprias consumidoras intensivas de energia, com um consumo anual superior a 500 toneladas equivalentes de petróleo (equivalente a 530.000 litros de gasóleo).

A AE deve incidir sobre o estado dos veículos e às suas condições de utilização, devendo ser recolhidos elementos para a realização de um Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PRCE).

A metodologia a adotar deve englobar os seguintes pontos da Figura 7:

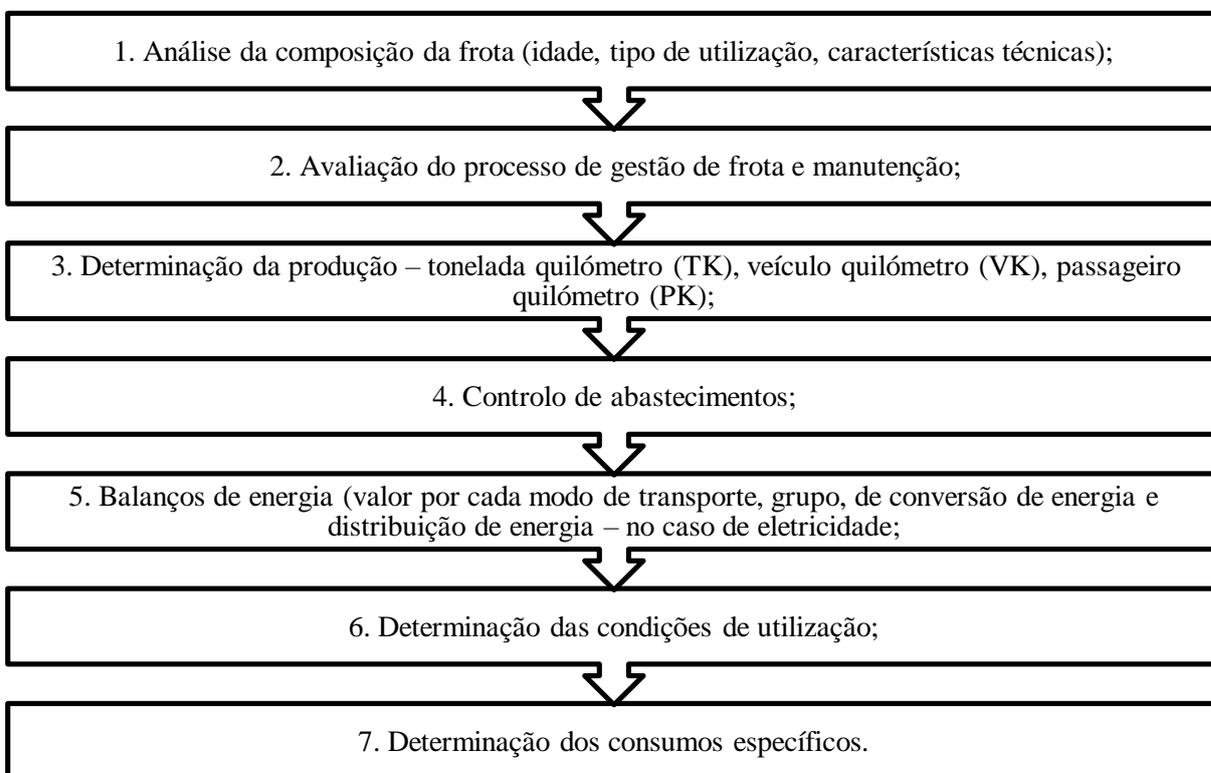


Figura 7 - Processo de metodologia referente a uma auditoria à frota automóvel

O plano de racionalização deve estabelecer objetivos de redução do consumo específico de 5% em três anos. [19]

2.7. Eficiência Energética no Estado

O PNAEE já referenciado aborda a área da eficiência energética no Estado, sendo que a partir daí foi lançado através da Resolução do Conselho de Ministros n.º2/2011 o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP). Este programa tem como objetivo, como o próprio nome indica, criar condições e proporcionar uma melhor eficiência energética na administração pública.

Em traços gerais, o objetivo em termos de valor é permitir ao Estado a redução da fatura energética em 30% até 2020, nos respetivos serviços e organismos públicos sem aumento da despesa pública.

De forma a atingir os objetivos propostos, foram criados:

- Um procedimento específico de contratação pública permitindo a realização dos contractos de eficiência energética de forma mais célere aplicado às ESE – Empresas de Serviço de Energia;
- Critérios de elegibilidade para as empresas, com o objetivo de balizar as empresas já registadas como ESE, dividindo-as entre empresas de potencial mais elevado e outras de âmbito mais limitado.
- Um caderno de encargos que é um documento base de referência à contratação que permitirá iniciar o processo de forma mais simples. [20]

3. Auditorias Energéticas

3.1. Conceito e aplicação

Uma auditoria energética pode ser definida como o processo para avaliar onde é utilizada a energia num edifício e identificar oportunidades de redução de consumos. É um “exame detalhado das condições de utilização de energia numa instalação”. [21]

Dependerá sempre do tipo de instalação a intervir, por exemplo, uma auditoria a um edifício de escritórios será dada mais atenção à envolvente, às necessidades de iluminação, aquecimento/arrefecimento e ventilação ao passo que, no sector industrial aborda-se com maior foco os requisitos do processo. [22]

Em suma, deverá ter em atenção fundamentalmente os seguintes pontos:

- 1 – Proceder à caracterização dos equipamentos e sistemas existentes numa instalação CIE;
- 2 – Identificar as medidas com viabilidade técnico-económica possíveis de implementar, de modo a:

- Aumentar a eficiência energética;
- Reduzir a fatura energética associada às atividades da instalação.

Assim sendo, tendo em conta os objetivos de uma auditoria esta deverá [21]:

- ❖ Quantificar os consumos energéticos (por instalação e principais secções e/ou equipamentos) e sua importância no custo final do (s) produto (s);
- ❖ Efetuar uma inspeção visual dos equipamentos e/ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias;
- ❖ Efetuar um levantamento e caracterização detalhados dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo com maior peso em termos de potência instalada, quer elétrica, quer térmica;
- ❖ Obter diagramas de carga (DDC) elétricos dos sistemas considerados grandes consumidores de eletricidade;
- ❖ 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 utilização de energia;
- ❖ Realizar balanços de massa e de energia aos principais aos principais equipamentos consumidores de energia térmica;
- ❖ Determinar consumos específicos de energia durante o período de realização da auditoria, para posterior comparação com os valores médios mensais e anuais.
- ❖ Identificar e quantificar possíveis áreas onde as economias de energia são viáveis;
- ❖ Definir intervenções com viabilidade técnico-económica;
- ❖ Definir linhas orientadoras para implementa/melhoria de esquema de gestão de energia.

3.2. Tipos de auditorias

Thumann e Younger em *Handbook of Energy Audits*, afirmam haver três tipos básicos de auditorias [22]:

- **Nível 1 – Auditoria Rápida / *Walkthrough Audit***

Como o nome indica, corresponde a uma visita à instalação para uma inspeção visual dos sistemas consumidores de energia. Envolve uma avaliação dos dados de consumo de energia e posteriores comparações com médias da indústria ou valores referência de instalações semelhantes.

- **Nível 2 – Auditoria *standard***

Este tipo de auditoria envolve a quantificação da utilização de energia e de perdas a um nível mais pormenorizado e detalhado, incluindo a análise de equipamentos, sistemas e características operacionais. Pode incluir medidas *in situ* e outro tipo de testes para quantificação de energia utilizada e eficiência de vários sistemas. São utilizados cálculos standardizados para analisar eficiências e calcular poupanças e custos energéticos, tendo em conta as medidas de melhoria aplicadas.

- **Nível 3 – Simulação/modelização informática**

Aqui, leva-se em conta um detalhe ainda maior da utilização de energia por função e uma maior compreensão das utilizações de energia. Utiliza-se aplicações informáticas que permitem através de simulação de parâmetros reais, avaliar o comportamento de um sistema sujeito a uma ou várias alterações. O auditor desenvolve a simulação da instalação e tem em conta fatores como o clima, a temperatura e outras variáveis previstas durante o ano. O objetivo é estabelecer uma base de comparação consistente com os atuais consumos energéticos da instalação. Após esta *baseline* criada, o auditor faz alterações necessárias para melhorar a eficiência dos vários sistemas e mede os efeitos comparando com a *baseline*.

O atual SGCIE, prevê que as instalações Consumidoras Intensivas de Energia realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética.

3.3. Metodologia da auditoria energética

A metodologia a utilizar aquando da realização de uma auditoria energética dependerá sempre do técnico que a realize como da instalação que será sujeita a análise. Porém, existirá sempre uma base comum que servirá a todo o tipo de instalações.

Uma possível metodologia a ser utilizada para a realização de auditorias energéticas apresenta as seguintes fases de forma sequencial ilustradas na Figura 8 [23]:

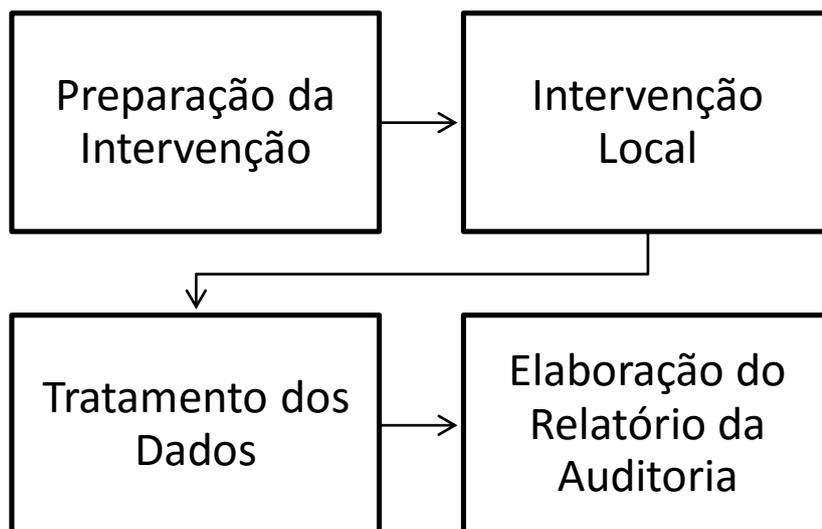


Figura 8 - Diagrama sequencial das fases de uma auditoria energética

Explorando em detalhe cada uma das fases [24]:

➤ **Preparação da Intervenção:**

Esta corresponde à primeira fase a abordar numa auditoria energética. É necessário recolher e analisar informações de forma a obter dados indispensáveis da empresa, prever o tempo necessário para a realização da intervenção, seleccionar o número de auditores necessários e quais os materiais necessários. Esta fase pode envolver uma análise inicial do processo produtivo e energético e recolha de informações sobre tecnologias disponíveis no mercado.

➤ **Intervenção local:**

Na intervenção local os auditores colocam em prática todo o planeamento delineado na fase anterior. Aqui procede-se mais uma vez à recolha de informações necessárias quer com a direção da empresa quer com os trabalhadores que exploram equipamentos existentes, que muitas das vezes apenas presencialmente seriam possíveis de obter. São realizadas medições pontuais e instalados equipamentos de monitorização contínua sempre que necessário para além da análise do processo produtivo e do estabelecimento dos fluxos de energia. A duração desta fase dependerá sempre do tipo da indústria e da profundidade da auditoria em questão.

➤ **Tratamento dos dados:**

Após realizada a intervenção no local, procede-se ao tratamento das informações e dos dados obtidos como planeado, com o objetivo de se realizar uma avaliação rigorosa da empresa.

Nesta fase são calculados por exemplo os balanços energéticos e consumos específicos inerentes à atividade da empresa e obtém-se os diagramas de carga ou seja, determina-se o perfil de utilização dos equipamentos e da instalação no seu todo. Nota para um dos aspetos mais importantes que se refere à desagregação total dos consumos. Esta, seja por setor ou por equipamento, é essencial para ter uma compreensão exata da instalação.

Após toda uma análise exímia à instalação, torna-se possível nesta parte realizar uma avaliação do potencial de economia de energia e como tal tentar encontrar quais as melhores soluções a adotar para atingir melhores desempenhos.

➤ **Elaboração do Relatório da Auditoria:**

Por fim, os processos descritos acima devem culminar com um relatório a apresentar à empresa. O relatório deve possuir informação organizada, clara e de fácil interpretação relativamente a tudo o que terá sido analisado na auditoria. Em termos gerais, deverá abordar os seguintes tópicos: identificação da empresa, contabilização energética, análise dos equipamentos e análise da viabilidade económica das medidas identificadas para racionalização energética.

3.4. Equipamentos a utilizar

Na fase de intervenção local, será sempre necessário o manuseamento de equipamentos inerentes aos procedimentos de análise adotados. Estes equipamentos serão utilizados conforme a sua necessidade, não sendo obrigatório utilizar todos pois isso estará dependente do que se avalia em âmbito industrial.

Assim os equipamentos dividir-se-ão em equipamentos de proteção individual e equipamentos de medição.

Como equipamentos de proteção individual são usadas luvas dielétricas, luvas de proteção mecânica, luvas anti-calor, capacetes de proteção, tampões auriculares, protetores de ruído (tampões), óculos de proteção, botas de proteção e roupa de alta visibilidade.

Relativamente aos equipamentos utilizados, podem ser analisador de gases, analisadores de energia, caudalímetros, detetores de fugas ultrassônicos, termómetros, luxímetros, pinças amperimétricas, etc.. [24]

3.5. Relação entre os intervenientes

É necessário salientar que deve existir uma relação entre a empresa e o auditor responsável que envolve o respeito recíproco e a troca de ideias e de opiniões de forma clara. A auditoria servirá para a empresa tirar proveitos e assim, devendo existir cooperação entre todas as partes envolvidas de modo a facilitar o processo e obter os melhores resultados possíveis.

Na qualidade do auditor, para além dos objetivos da auditoria propriamente ditos, deve encontrar soluções que se adaptem às características e especificidades da empresa, entender as suas condicionantes e possuir facilidade de diálogo e abertura para com a mesma[25].

No caso da empresa, esta deve possuir cargos hierárquicos que se relacionem com a parte energética por forma a facilitar o trabalho do auditor e a fornecer todos os dados inerentes à auditoria. Deve criar um ambiente comunicativo e facilitador do trabalho do auditor, de forma a atingir os objetivos propostos[25].

Na área industrial, tema fulcral ao longo da presente dissertação, as auditorias energéticas são passos fundamentais para que haja cada vez maior competitividade e eficiência entre as entidades envolvidas. Desta forma é possível melhorar produções com menores consumos e

consequentemente menos impactos ambientais, o que se traduz em mais-valias para as empresas quer no âmbito económico quer na imagem com que abordam o mercado.

4. Evolução da Legislação Aplicada às Empresas Consumidoras Intensivas de Energia

4.1. O Regulamento Geral de Consumos de Energia

O Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE), foi criado pelo Decreto-Lei 58/82, de 26 de Fevereiro e regulamentado pela Portaria 359/82, de 7 de Abril, aplicava-se à generalidade dos setores de atividade económica, à exceção do setor doméstico, desde 1988.

À época da implementação deste regulamento, a situação energética em Portugal era diferente daquilo que se observa atualmente, nomeadamente na questão da importação de energia que se situava em cerca de 90% do total necessário no país.

4.1.1. Âmbito de aplicação

O RGCE possuía um largo e vasto setor de aplicação, sendo que se aplicava a todos os setores de atividade como já referenciado acima. São alguns desses exemplos as instalações industriais, de comércio, agrícolas, hoteleiras, hospitais, etc.[26].

Qualquer instalação consumidora intensiva de energia estaria abrangida pelo RGCE caso se verificasse alguma destas condições[26]:

- Consumo no ano anterior superior a 1000 tep/ano;
- Soma dos consumos energéticos nominais dos equipamentos instalados superior a 0,5 tep/hora;
- Consumo nominal de pelo menos um equipamento instalado superior a 0,3 tep/hora.

4.1.2. Processos do RGCE

O Regulamento introduz vários processos a realizar para as instalações abrangidas.

De forma a encarar a situação e a identificar se a atividade se inclui nos consumidores intensivos de energia, a primeira fase aborda um levantamento energético. Assim seria possível saber quais e como os combustíveis seriam utilizados e quais as áreas/processos com maiores consumos.

De seguida, seria necessário analisar mais pormenorizadamente a instalação, surgindo assim a auditoria energética. As auditorias permitem realizar a radiografia da instalação e ajudar à elaboração do passo seguinte.

O passo seguinte seria portanto a elaboração do Plano de Racionalização dos Consumos de Energia.

Este plano envolvia metas, medidas e objetivos a atingir no período de 5 anos (exceto nos transportes, que se situa em 3 anos) sendo necessário existir um controlo do mesmo, surgindo assim um relatório de progresso anual (RPA)[26].

Assim, de forma sequencial:

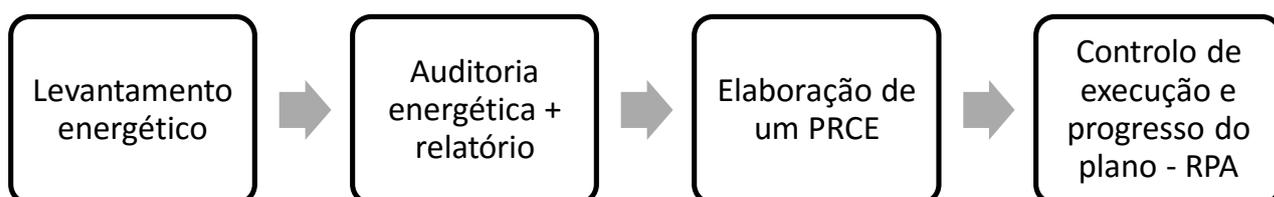


Figura 9 - Esquema sequencial dos processos referentes ao RGCE

4.1.3. Planos de Racionalização de Consumos de Energia

O regulamento introduzia o princípio da elaboração de planos de racionalização a realizar periodicamente e introduzia a figura do gestor de energia, que devia supervisionar o consumo energético e elaborar os planos de racionalização.

A redução dos consumos a obter devia ser realizada num espaço temporal de 5 anos e devia estar de acordo com metas previamente fixadas. Estas, deviam ser definidas de acordo com a situação energética da instalação aquando da auditoria.

O Plano de Racionalização de Consumos de Energia (PRCE) devia incluir as principais conclusões da auditoria, e apresentar esquemas considerados corretos em exploração eficiente.

Devia apresentar por anos os objetivos a cumprir em termos de redução dos consumos por forma de energia.

Após fixar as metas, o PRCE devia incluir uma listagem da sequência de medidas de gestão e dos investimentos[26].

O RGCE propõe um método de cálculo para a redução de consumos em cada ano:

$$M = \frac{C - K}{2} \times \left(\frac{N}{5}\right)$$

Esta seria a fórmula de obter a redução do consumo (M) até ao fim do ano N, onde C é consumo específico antes do plano de racionalização e K é o 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 seriam sujeitas. Devido a nunca ter existido uma atualização do RGCE, estes não foram alterados, devendo ser usados os presentes no regulamento.

Sendo necessário incluir todas as situações, dado não existirem valores de referência (que são na realidade consumos específicos) foi considerada a situação geral "por omissão". Quando não existirem valores de referência, deve-se utilizar o valor de $0,9 \times C$.

Ou seja, para se chegar ao valor K da fórmula acima, primeiro deve-se calcular primeiro o consumo específico:

$$C = \frac{\text{Energia consumida por produto} \left(\frac{kgep}{t}\right)}{\text{Produção} \left(\frac{t}{ano}\right)}$$

Posteriormente, $K = 0,9 \times C$.

A reter, a tabela seguinte apresenta as fórmulas de cálculo para as metas e objetivos do PRCE[26]:

Tabela 3 - Fórmulas para cálculo de metas de acordo com o RGCE

Consumo específico de referência	$K = 0,9 \times C_0$
Consumo específico a obter no fim do 5º ano	$C_5 = C_0 - (M \times 5)$
Redução esperada dos consumos globais	$E - CTE$

Em que CTE é o consumo total energético ao fim de 5 anos e E o consumo Energético Global Inicial.

4.1.4. Controlo de execução e progresso do PRCE

Para realizar o controlo de PRCE, devia ser nomeado um responsável (normalmente designado por Gestor de Energia), com os objetivos de:

- Seguir todas as etapas de execução;
- Estudar causas de eventuais desvios;
- Dar a conhecer a situação com relatórios se possível trimestrais no máximo;
- Elaborar para a Direção Geral de Energia um relatório anual sobre o ponto de situação do PRCE no mês de Janeiro ao ano seguinte a que se refere.

Nesta fase segundo o Regulamento, deveria ser implementado um Sistema de Controlo e Gestão com o objetivo de dar continuidade aos programas estabelecidos, com um sistema que divulgue dados sobre o sistema energético e os resultados obtidos[26].

4.2. O Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia

No âmbito da Estratégia Nacional para a Energia foi criado, pelo Decreto-Lei n.º 71/2008, o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia,. O SGCIE substituiu o RGCE descrito anteriormente. O Decreto-Lei supramencionado foi alvo de duas revisões, primeiro na Lei 7/2013 e mais recentemente no Decreto-Lei n.º 68-A/2015.

De seguida serão explorados os pontos mais importantes a reter sobre o sistema.

4.2.1. Âmbito de aplicação

O SGCIE aplica-se às instalações consumidoras intensivas de energia que no ano civil imediatamente anterior tenham tido um consumo energético superior a 500 toneladas equivalentes petróleo (500 tep/ano), com exceção das instalações de cogeração juridicamente autónomas dos respetivos consumidores de energia.

Pode ser aplicável às empresas que apesar de não serem consideradas CIE, pretendam de forma voluntária, celebrar acordos de racionalização de consumo de energia[28].

4.2.2. Processos e Objetivos

De acordo com o SGCIE, as instalações CIE devem realizar em determinados períodos estipulados auditorias energéticas de forma a perceber quais as condições de utilização de energia e posteriormente promover a eficiência energética.

Para além das auditorias, devem ser elaborados Planos de Racionalização dos Consumos de Energia, os denominados PREn em que devem ser incorporados objetivos relativos à eficiência energética. Os PREn darão posteriormente origem a Acordos de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE), após a aprovação dos mesmos e de seguida devem ser realizados Relatórios de Execução e Progresso (REP) de periodicidade bianual, para averiguar a evolução das medidas propostas e dos consumos da atividade[29].

Na Figura 10 poderá ser visualizado um esquema ilustrativo das fases pelas quais uma atividade deve passar[29]:

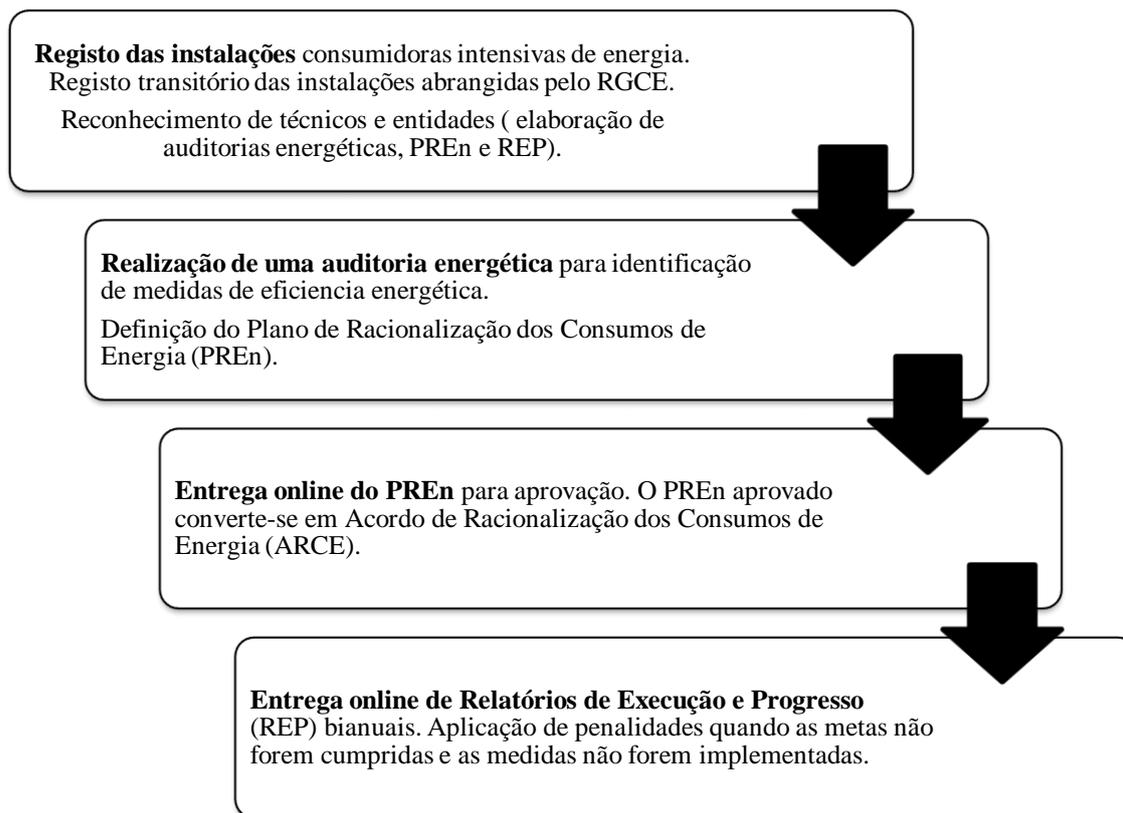


Figura 10 - Esquema ilustrativo das fases do SGCE

4.2.3. Auditorias no âmbito do SGCE

O SGCE obriga a que sejam sujeitos a auditoria os seguintes tipos de instalações[30]:

1. Instalações com consumos de energia iguais ou superiores a 1000 tep, com uma periodicidade de oito anos. A primeira destas deve ser realizada no prazo de quatro meses após o registo;
2. Instalações com consumos entre os 500 tep e os 1000 tep, com uma periodicidade de oito anos. A primeira destas deve ser realizada no ano seguinte ao do registo.

4.2.4. Planos de Racionalização de Energia (PREn)

Os PREn devem ser elaborados com base nos relatórios das auditorias energéticas obrigatórias, devendo prever a implementação nos primeiros três anos, de todas as medidas identificadas com um período de retorno do investimento (PRI) inferior ou igual a cinco anos, no caso das instalações com consumo de energia igual ou superior a 1000 tep/ano, ou com um PRI inferior ou igual a três anos no caso das restantes instalações[31].

No PReN deve ser estabelecidas metas relativas à Intensidade Energética (IE), Intensidade Carbónica (IC) e ao Consumo Específico de Energia (CEE).

A seguinte figura explica como são calculados esses indicadores[32]:

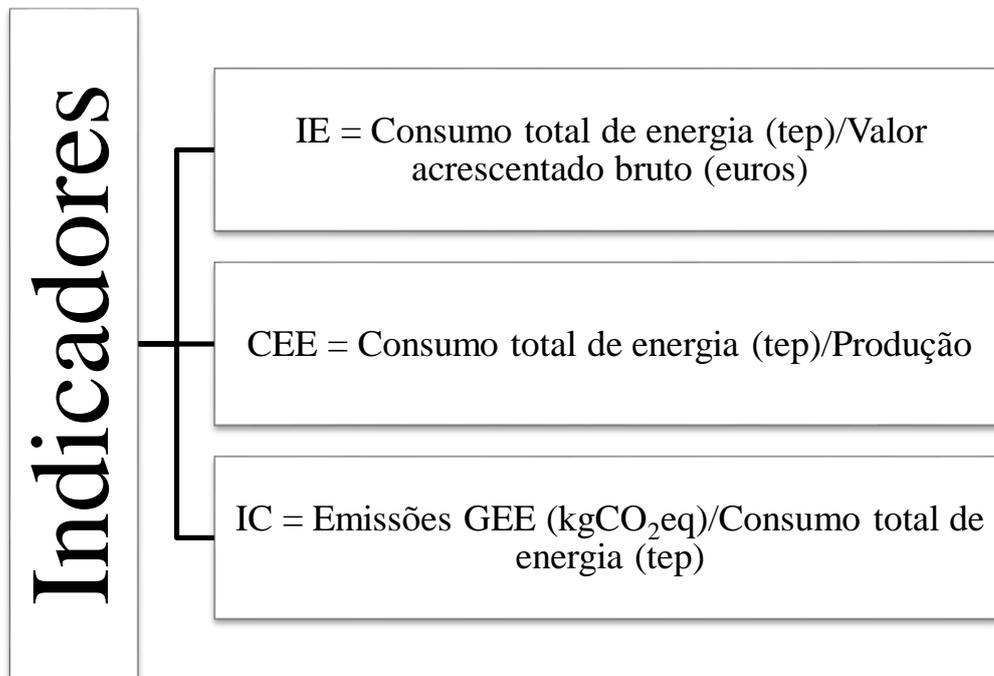


Figura 11 - Indicadores a calcular durante o PReN

No caso específico da Intensidade Energética e do Consumo Específico de Energia deve-se considerar apenas 50% da energia resultante de resíduos endógenos e de outros combustíveis renováveis.

As metas estabelecidas para cada um dos indicadores de acordo com o são as seguintes[32]:

Tabela 4 - Metas de redução para CIE <1000 tep

CIE <1000 tep	
Intensidade Energética	Redução de 4% em 8 anos
Consumo Específico de Energia	Redução de 4% em 8 anos
Intensidade Carbónica	Manutenção dos valores históricos

Tabela 5 - Metas de redução para CIE \geq 1000 tep

CIE \geq 1000 tep	
Intensidade Energética	Redução de 6% em 8 anos
Consumo Específico de Energia	Redução de 6% em 8 anos
Intensidade Carbónica	Manutenção dos valores históricos

Após sofrer avaliação e conseqüente aprovação, o PReN dá origem ao ARCE.

4.2.5. Relatórios de Execução e Progresso

Devem ser apresentados à ADENE a cada dois anos de vigência do Acordo de Racionalização dos Consumos de Energia (ARCE), um Relatório de Execução e Progresso (REP) referindo as metas e objetivos alcançados e os desvios ocorridos, assim como as medidas tomadas ou necessárias para a sua correção.

De maneira a avaliar o estado de implementação do ARCE, o REP deve fornecer informação sobre a eficiência energética da instalação em análise, tomando como recurso os indicadores definidos no PReN e utilizando o valor do VAB – Valor Acrescentado Bruto - a preços constantes relativos ao ano de referência e os valores de produção obtidos.

O relatório relativo ao último período de vigência do ARCE deve abordar um balanço da execução do mesmo com as devidas análises, considerando-se como relatório final[33].

4.2.6. Penalidades

O não cumprimento das metas ou a não implementação das medidas definidas no ARCE implica as ações referidas a seguir[34]:

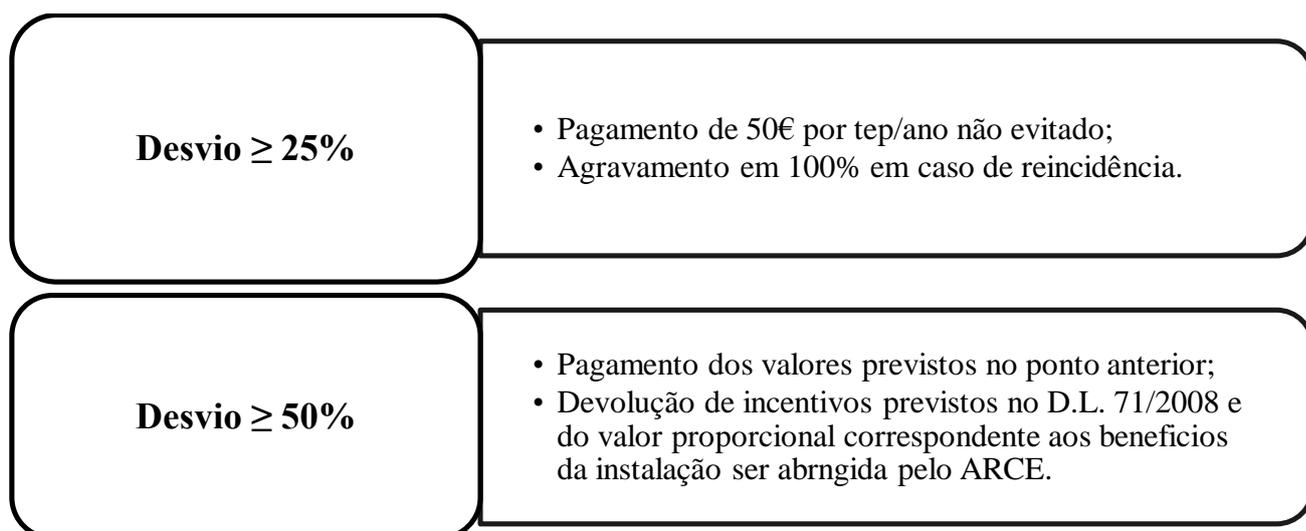


Figura 12 - Penalidades a aplicar em caso de não cumprimento do ARCE

Os montantes referidos poderão ser reembolsados em 75% desde que o operador recupere no ano seguinte à aplicação das penalidades os desvios ao cumprimento do ARCE.

5. Casos de Estudo

5.1. Procedimento de cálculo adotado

O presente capítulo aborda a análise prática dos regulamentos mencionados anteriormente. Utilizando dados reais dos consumos anuais de duas empresas, serão calculados os consumos de cada uma tendo em conta os diferentes fatores de conversão.

Posteriormente serão calculados os indicadores relativos a cada plano, assim como a evolução dos consumos energéticos totais, sendo que apenas este e o consumo específico serão os únicos parâmetros de comparação em ambos os regulamentos.

Apenas são exibidos os resultados simplificados para cada parâmetro, sendo que todos os cálculos inerentes à empresa A estão presentes no Anexo B e os cálculos referentes à empresa B estão presentes no anexo C.

Para além da aplicação de cada um dos regulamentos, será elaborada ainda uma comparação da evolução dos indicadores para um período de tempo igual, neste caso de oito anos de forma a visualizar qual o impacto de ambos os planos para a mesma duração. Esta comparação torna-se possível pois o RGCE permite calcular as metas de redução de consumos específicos para cada um dos anos do plano. Desta forma, aborda-se a realização

de um segundo plano no caso do RGCE, porém utilizam-se os dados obtidos apenas até ao terceiro ano de aplicação deste.

Nesta análise, para além da adaptação do espaço temporal, é necessário adaptar os fatores de conversão utilizados pela legislação atual ao regulamento antigo, pois como ficará comprovado estes têm um grande impacto no cálculo dos consumos. Desta forma é possível realizar comparar e estabelecer uma relação entre os dois regulamentos.

Para ambos os regulamentos foi considerado que tanto a produção como o VAB se manteriam constantes ao longo do tempo, devido à impossibilidade de calcular a sua evolução ao longo do tempo.

Devido à falta de dados relativamente às medidas de redução a implementar em cada uma das empresas, não foi possível analisar quais os impactos das mesmas em cada plano. Daí ficar a ressalva de que seria interessante abordar uma análise deste género em trabalhos futuros.

5.2. Âmbito de atividade das empresas

A empresa A tem como principal atividade o fabrico industrial de produtos de embalagem e sua posterior comercialização.

A empresa B corresponde a uma empresa cuja atividade económica se insere na área da curtimenta e acabamento de peles com pêlo.

5.3. Fatores de conversão

Tendo em conta o desfasamento temporal que existe perante a implementação dos dois regulamentos, é natural haver diferenças relativamente aos produtos utilizados pelas empresas em cada uma das épocas.

De seguida são apresentados os fatores de conversão abordados pelo RGCE e SGCIE.

A legislação referente ao SGCIE aponta vários fatores de conversão tendo em conta a diversa possibilidade de consumos existentes nas indústrias, daí serem apenas apresentados os fatores utilizados de acordo com os consumos existentes nas duas empresas abordadas, o que não implica que ambas tenham consumido todos os produtos descritos.

5.3.1. Fatores de Conversão de acordo com o RGCE

Tabela 6 - Fatores de conversão para combustíveis líquidos

Combustíveis líquidos		
Petróleo bruto	1,007	tep/t
GPL	1,14	tep/t
Gás de refinaria	1,13	tep/t
Gasolina	1,073	tep/t
Carborreatores, petróleo e gasóleo	1,045	tep/t
Thick Fuelóleo	0,969	tep/t
Thin Fuelóleo	0,984	tep/t
Lubrificantes, betume, parafina e outros	0,95	tep/t

Tabela 7 - Fatores de conversão para combustíveis gasosos

Combustíveis gasosos		
Gás Natural	0,82	tep/1000 m ³
Gás da cidade, gás de coque	0,42	tep/1000 m ³
Gás de alto-forno	0,09	tep/1000 m ³

Tabela 8 - Valores de equivalência a utilizar nos cálculos

Valores necessários para efeitos de equivalência		
1000 litros	Gasóleo	0,835 t
1000 litros	Petróleo	0,783 t
1000 litros	Gasolina super	0,75 t
1000 litros	Gasolina normal	0,72 t

5.3.2. Fatores de conversão de acordo com o SGCIE

A legislação referente ao SGCIE aponta vários fatores de conversão tendo em conta a diversa possibilidade de consumos existentes nas indústrias que poderão ser visualizados no anexo A. Ainda assim de seguida serão apenas apresentados os fatores utilizados de acordo com os

consumos existentes nas duas empresas abordadas, o que não implica que ambas tenham consumido todos os produtos descritos.

Tabela 9 - Fatores de conversão segundo o SGCIE

Fatores de Conversão								
	MJ/ kg	kgep/ kWh	tep/ ton	kg CO ₂ /kWh	kg CO ₂ / tep	kg CO ₂ /GJ	kg/ m ³	kCal/ kg
Eletricidade	0	0,215	-	0,47	-	-	-	-
Gás natural	45,1	-	1,077	-	2 683,7	64,1	0,840	-
Gasóleo/Diesel	42,3	-	1,01	-	3 098,2	74	0,835	-
Gasolina	44	-	1,015	-	2 897,3	69,2	0,72	-

5.4. Análise da Empresa A

5.4.1. Produção, VAB e consumos

A produção, o VAB e os consumos anuais são os dados fundamentais que devem ser fornecidos por parte da empresa. Com estes torna-se posteriormente possível calcular os indicadores para cada caso.

Tabela 10 - VAB e produção da empresa A em 2015

2015	
VAB (€)	Produção (t)
3 598 337	13 876 782

Os consumos no ano referido consistem em eletricidade, gasóleo e gasolina. Na tabela seguinte podem ser observados os valores totais anuais:

Tabela 11 - Consumos anuais da empresa B em 2015

	Eletricidade	Gasóleo	Gasolina
	kWh	litros	litros
Total	8 338 572,46	13 929,89	512,34
Média anual	694 881,04	1 160,82	42,70

Utilizando os fatores de conversão mencionados no início do capítulo, os consumos foram traduzidos para uma unidade comum – tonelada equivalente de petróleo (tep) – sendo posteriormente possível averiguar as diferenças entre ambos os regulamentos. Na Tabela 12 para além dos consumos, surge a variação em tep e em percentagem dos valores referentes ao SGCIE em comparação com os valores obtidos de acordo com o RGCE.

Tabela 12 - Comparação de consumos RGCE vs SGCIE

Eletricidade (tep)		Gasóleo (tep)		Gasolina (tep)	
RGCE	SGCIE	RGCE	SGCIE	RGCE	SGCIE
2 418,19	1 792,79	12,15	11,75	0,40	0,37
Variação		Variação		Variação	
tep	%	tep	%	tep	%
-625,39	-25,86%	0,41	-3,35%	-0,021	-5,41%

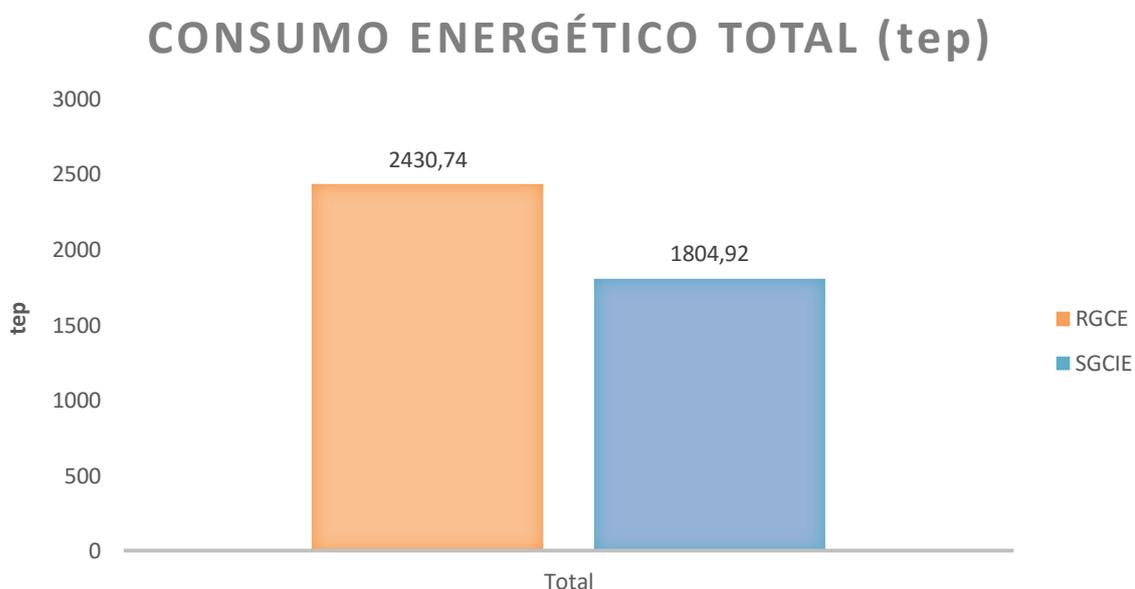


Figura 13 - Comparação dos consumos energéticos totais (tep)

Os resultados obtidos denotam bem as diferenças patentes ao utilizar os dois regulamentos. No total existe uma diferença de 625,82 tep entre ambos, o que corresponde a uma variação de 25,75%.

Segundo o regulamento mais antigo, a empresa consumiria 2 430,74 tep estando portanto obrigada a ser alvo de um plano de racionalização com uma redução de 5% relativamente ao consumo específico no final de cinco anos.

Ao utilizar-se o regulamento atual, a empresa seria também obrigada a executar um plano de racionalização sendo que este estaria incluído no panorama de redução de consumos e indicadores para empresas que consomem mais de 1000 tep ou seja, redução de 6% dos consumos em oito anos.

Deve ser salientada a diferença mais existente no caso do consumo de eletricidade que se traduz numa variação acima de 600 tep no RGCE, um valor bastante alto que provoca um grande desfasamento nos consumos totais.

No caso do gásóleo e da gasolina é visível que persiste também uma diferença de valores porém, neste caso com valores irrisórios mas ainda assim também maiores quando se aplica o RGCE.

5.4.2. Indicadores e Metas de acordo com cada plano

A tabela seguinte apresenta os dados gerais de ambas as empresas, no âmbito de cada um dos regulamentos:

Tabela 13 - Dados gerais para aplicação de planos na empresa A

	RGCE	SGCIE
Consumo total de energia (tep)	2430,74	1804,92
Período de vigência por plano	5 anos	8 anos
Percentagem de redução por plano	5%	6%

❖ Abordagem RGCE

Após aplicar os cálculos, no fim dos cinco anos estipulados obteve-se os seguintes valores relativos ao consumo específico e consumo energético:

Tabela 14 - Evolução do consumo específico de energia e consumo energético total no âmbito do RGCE na empresa A

Consumo Específico de Energia (kgep/t)		
CEE Inicial	CEE Final	Redução esperada
0,175	0,166	0,009
Consumo Energético Total (tep)		
CET Inicial	CET Final	Redução esperada
2430,74	2309,20	121,54

❖ Abordagem SGCIE

Realizada a análise tendo por base o RGCE, de seguida serão apresentados os resultados obtidos relativamente aos indicadores e consumo energético após a aplicação do SGCIE:

Tabela 15 - Evolução dos indicadores no âmbito do SGCIE na empresa A

Consumo Específico de Energia (kgep/t)			
CEE Inicial	CEE Final	Redução esperada	Objetivo de redução
0,130	0,122	0,008	6%
Intensidade Energética (kgep/€)			
IE Inicial	IE Final	Redução Esperada	Objetivo de redução
0,502	0,472	0,030	6%
Intensidade Carbónica (kgep/tCO₂eq)			
IC inicial	IC Final	Redução Esperada	Objetivo de redução
2,192	2,192	-	Manutenção do valor histórico

Tabela 16 - Evolução do consumo energético no âmbito do SGCIE na empresa B

Consumo Energético Total (tep)		
CET Inicial	CET Final	Redução esperada
1804,92	1696,62	108,29

Analisando os resultados obtidos:

CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL (tep)

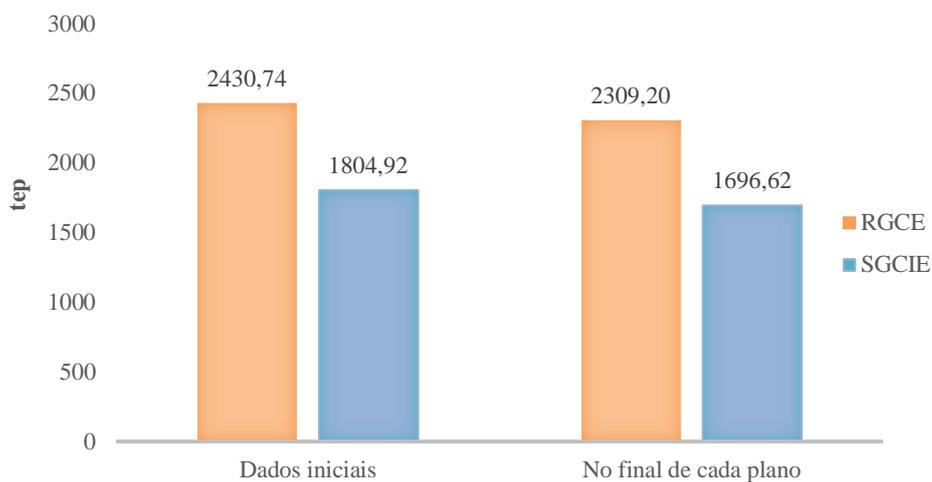


Figura 14 - Evolução do consumo energético total na empresa A segundo cada regulamento

CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA (kgep/t)

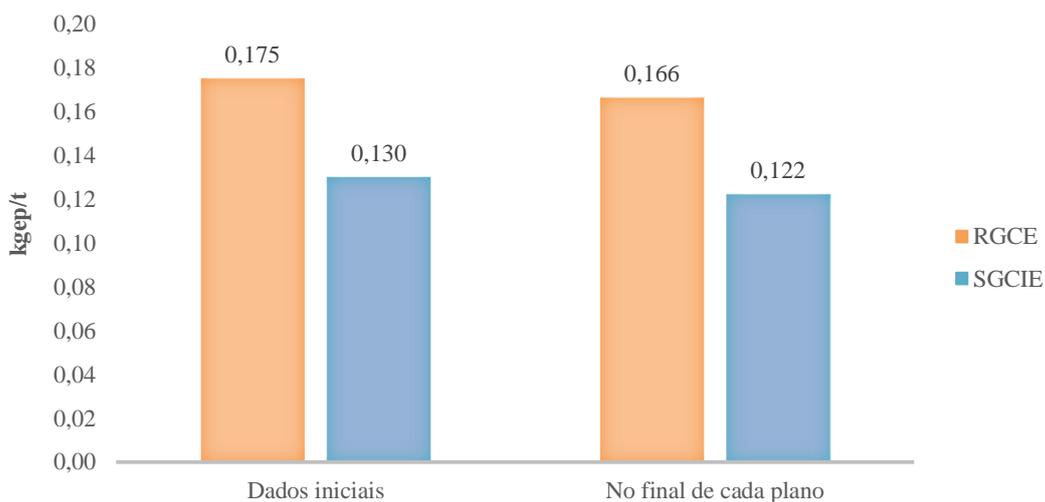


Figura 15 - Evolução do consumo específico de energia na empresa A segundo cada regulamento

Após a aplicação dos dois planos, verifica-se que o RGCE obriga uma redução de 121,54 tep relativamente ao consumo energético total e 0,009 kgep/t no consumo específico no final dos cinco anos.

O SGCIE neste caso pressupõe a redução de 6% num período de oito anos ou seja, uma redução de 108,29 tep no consumo energético total e 0,008 kgep/t no consumo específico.

5.4.3. Indicadores e metas de acordo com a análise adaptada

Realizando a análise adaptada como descrito no capítulo referente à metodologia utilizada, os consumos são os mesmos tanto no caso do RGCE como do SGCIE. Isto implica que os dados difiram apenas relativamente ao regulamento antigo no caso dos indicadores e metas:

Tabela 17 - Dados gerais para aplicação de planos na empresa A de acordo com a análise adaptada

	RGCE	SGCIE
Consumo total de energia (tep)	1804,92	1804,92
Período de vigência por plano	8 anos	8 anos
Percentagem de redução por plano	8%	6%

Tabela 18 - Evolução do consumo específico de energia e do consumo energético total no âmbito do RGCE na empresa A de acordo com a análise adaptada

Consumo Específico de Energia (kgep/t)		
CEE Inicial	CEE Final	Redução esperada
0,130	0,120	0,010
Consumo Energético Total (tep)		
CET Inicial	CET Final	Redução esperada
1804,92	1663,23	141,69

CONSUMO ENERGÉTICO (tep)

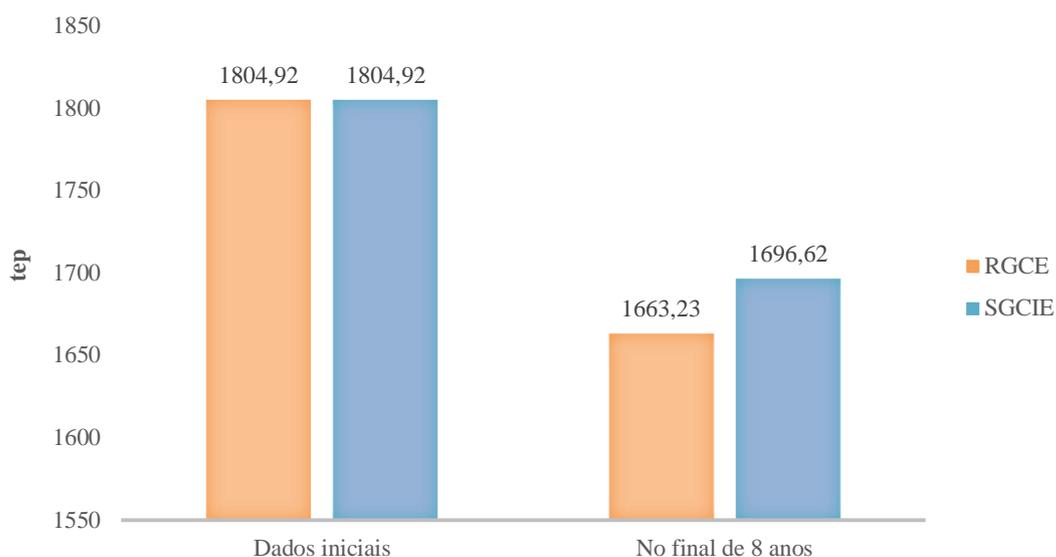


Figura 16 - Evolução do consumo energético total na empresa A segundo cada regulamento de acordo com a análise adaptada

CONSUMO ESPECÍFICO DE ENERGIA (kgep/t)

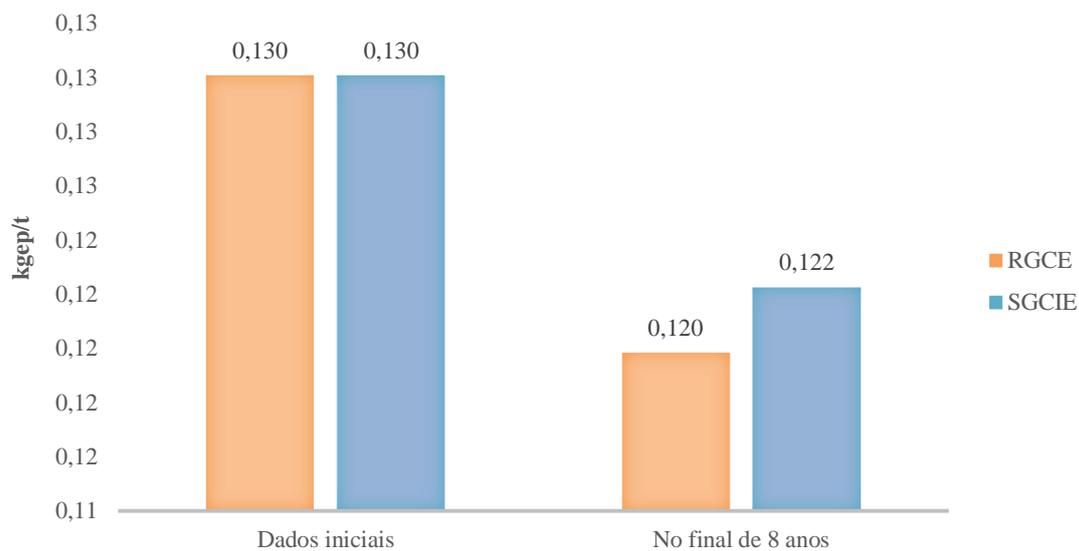


Figura 17 - Evolução do consumo específico de energia na empresa A segundo cada regulamento de acordo com a análise adaptada

De acordo com o RGCE, a empresa estaria obrigada a reduzir 141,69 tep no que respeita ao consumo energético total e 0,010 tep/t no caso do consumo específico energético.

Isto significa que o antigo regulamento pressupõe uma redução de 33,39 tep a mais do que o SGCIE no consumo energético ao passo que no consumo específico a redução seria de mais 0,002 kgep/t no mesmo período de tempo.

Em termos percentuais, o RGCE obrigaria a uma redução 24% maior do que o regulamento atual relativamente a estes parâmetros.

5.5. Análise da Empresa B

5.5.1. Produção, VAB e consumos

Atendendo à tipologia da empresa, a sua produção é quantificada em metros quadrados de peles.

A produção e o VAB encontram-se na tabela seguinte:

Tabela 19 - VAB e produção da empresa B em 2015

2015	
VAB (€)	Produção (m ²)
2 691 590,96	174 005,69

Os consumos no ano referido consistem em eletricidade, gás natural e gasóleo. Na tabela seguinte podem ser observados os valores totais obtidos:

Tabela 20 - Consumos anuais da empresa B em 2015

	Eletricidade	Gás Natural	Gasóleo
	kWh	m ³	litros
Total	2 459 304	421 863	71 991
Média anual	204 942	35 155	5 999

Tal como se procedeu na empresa A, os fatores de conversão mencionados no início do presente foram utilizados para traduzir os consumos para tep, sendo posteriormente possível averiguar as diferenças entre ambos os regulamentos.

Na Tabela 21 para além dos consumos, surge a variação em tep e em percentagem dos valores referentes ao SGCIE em comparação com os valores obtidos de acordo com o RGCE.

Tabela 21 - Comparação de consumos RGCE vs SGCIE

Eletricidade (tep)		Gás Natural (tep)		Gasóleo (tep)	
RGCE	SGCIE	RGCE	SGCIE	RGCE	SGCIE
713,20	528,75	345,93	381,83	62,82	60,71
Variação		Variação		Variação	
tep	%	tep	%	tep	%
-184,45	-25,86%	35,91	10,38%	2,10	-3,35%

CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL (tep)

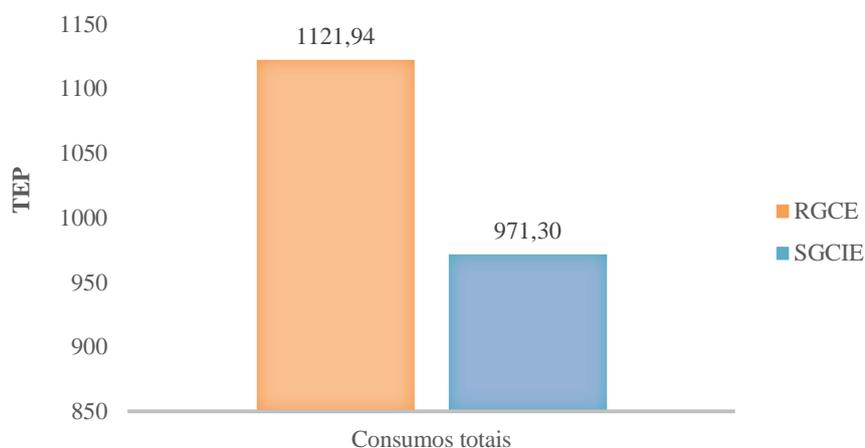


Figura 18 - Comparação dos consumos totais na empresa B (tep)

No caso específico desta empresa, assiste-se a uma interessante diferença no caso dos consumos totais de acordo com cada regulamento.

No total existe uma diferença de 150,65 tep entre ambos, o que corresponde a uma variação de 13,43%.

Segundo antigo regulamento, a empresa consumiria mais de 1000 tep, estando portanto obrigada a ser alvo de um plano de racionalização dos seus consumos com uma redução de 5% no final de 5 anos.

Ao utilizar-se o regulamento atual, a empresa seria também obrigada a executar um plano de racionalização sendo que este estaria incluído no panorama de redução de consumos e indicadores para empresas que consomem menos de 1000 tep ou seja, redução de 4% dos consumos em oito anos.

De salientar ainda o facto da alteração dos fatores de conversão promover uma redução do consumo em tep para a eletricidade e o gásóleo, ao passo que no gás natural o que sucede é o contrário existindo um aumento dos consumos relativamente ao SGCIE face ao RGCE.

5.5.2. Indicadores e metas de acordo com cada plano

Após analisar os resultados e os dados obtidos nos dois capítulos anteriores, em termos gerais e resumindo:

Tabela 22 - Dados gerais para aplicação de planos na empresa B

	RGCE	SGCIE
Consumo total de energia (tep)	1 121,94	971,3
Período de vigência por plano	5 anos	8 anos
Percentagem de redução por plano	5%	4%

❖ Abordagem RGCE

Tabela 23 - Evolução do consumo específico de energia e do consumo energético total no âmbito do RGCE na empresa B

Consumo Específico de Energia (kgep/ m²)		
CET Inicial	CET Final	Redução esperada
6,448	6,125	0,322
Consumo Energético Total (tep)		
CET Inicial	CET Final	Redução esperada
1121,94	1065,85	56,10

❖ Abordagem SGCIE

Após a análise realizada tendo por base o obsoleto RGCE, de seguida seguem apresentados os resultados obtidos após a aplicação do SGCIE. Assim, recordando os dados gerais da empresa em questão, a tabela seguinte:

Tabela 24 - Evolução dos indicadores na empresa B no âmbito do SGCIE

Consumo Específico de Energia (kgep/m²)			
CET Inicial	CET Final	Redução esperada	Objetivo de redução
5,582	5,359	0,223	4%
Intensidade Energética (kgep/€)			
IE Inicial	IE Final	Redução Esperada	Objetivo de redução
0,361	0,346	0,014	4%
Intensidade Carbónica (kgep/tCO₂eq)			
IC inicial	IC Final	Redução Esperada	Objetivo de redução
2,44	2,439	-	Manutenção do valor histórico

Tabela 25 - Evolução do consumo energético total no âmbito do SGCIE na empresa B

Consumo Energético Total (tep)		
CET Inicial	CET Final	Redução esperada
971,30	932,44	38,85

Analisando de forma comparativa os dados obtidos:

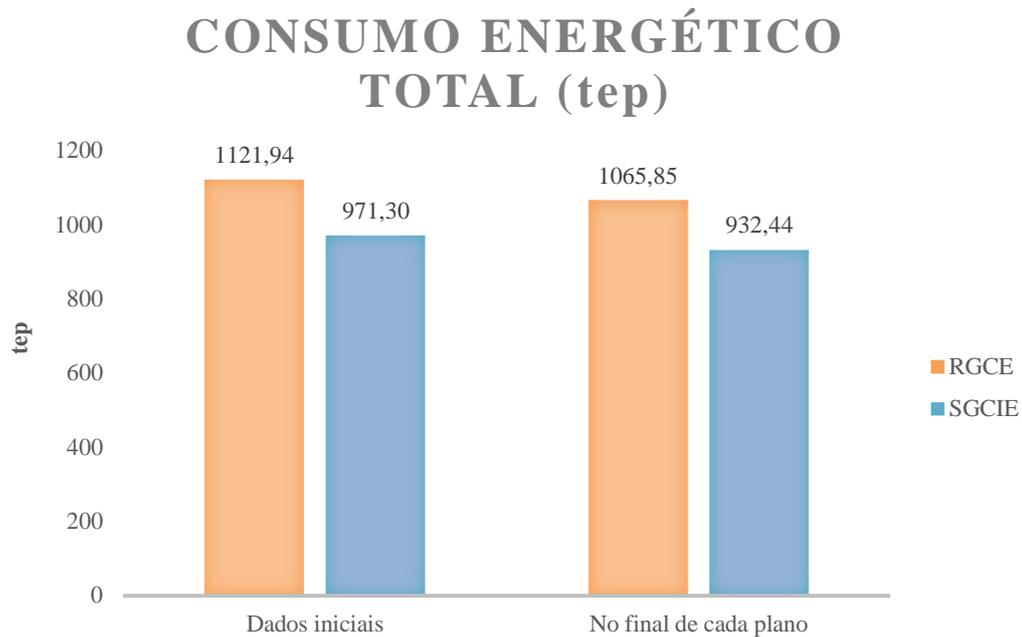


Figura 19 - Evolução do consumo energético total na empresa B segundo cada regulamento

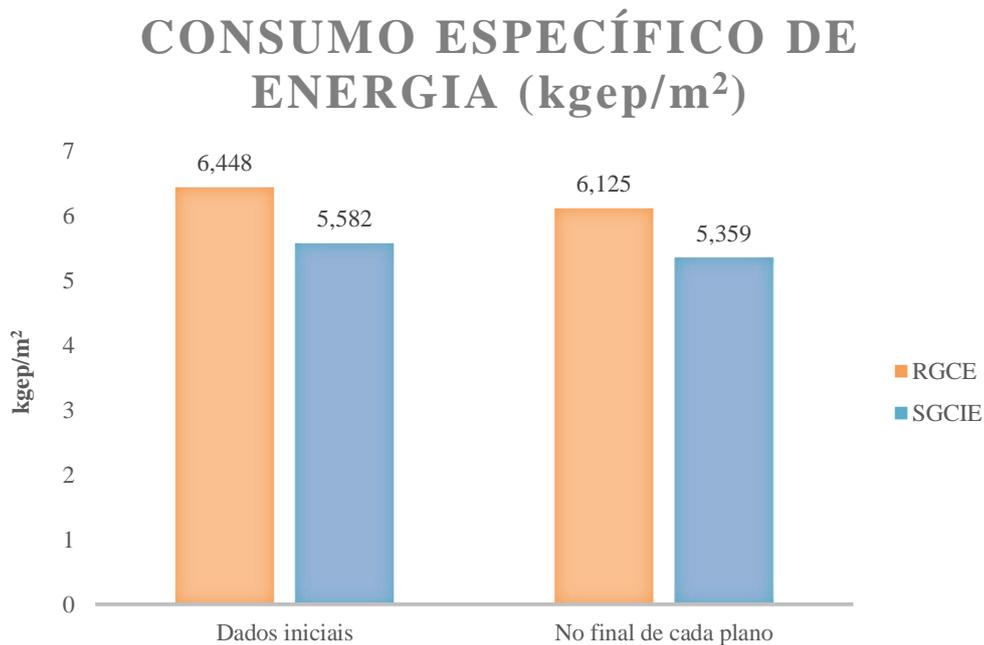


Figura 20 - Evolução do consumo específico de energia na empresa B segundo cada regulamento

Após a aplicação dos dois planos, verifica-se que pelo RGCE existe uma redução de 56,10 no consumo global e 0,322 kgep/m² no consumo específico no final dos cinco anos.

O SGCIE neste caso implica a redução de 4% num período de oito anos ou seja, 38,85 tep no consumo global e 0,223 kgep/m² no consumo específico.

5.5.3. Indicadores e metas de acordo com a análise adaptada

Realizando a mesma adaptação abordada na empresa A, aqui surge um caso diferente. Ao utilizar os fatores de conversão em vigor, os consumos serão iguais aos observados no cálculo da abordagem do SGCIE. Isto significa que a empresa B consumiria menos de 1000 tep e como tal não existia qualquer obrigação legal relativamente à redução de consumos.

Ainda assim, como o RGCE podia ser aplicado de forma voluntária, proceder-se-á à análise na empresa B caso esta se apresentasse disposta a cumprir as obrigações do regulamento.

Tabela 26 - Dados gerais para aplicação de planos na empresa B de acordo com a análise adaptada

	RGCE	SGCIE
Consumo total de energia (tep)	971,30	971,30
Período de vigência por plano	8 anos	8 anos
Percentagem de redução por plano	7,85%	4%

Tabela 27 - Evolução do consumo específico de energia e do consumo energético total no âmbito do RGCE na empresa B de acordo com a análise adaptada

Consumo Específico de Energia (kgep/m²)		
CEE Inicial	CEE Final	Redução esperada
5,582	5,144	0,438
Consumo Energético Total (tep)		
CET Inicial	CET Final	Redução esperada
971,30	895,05	76,25

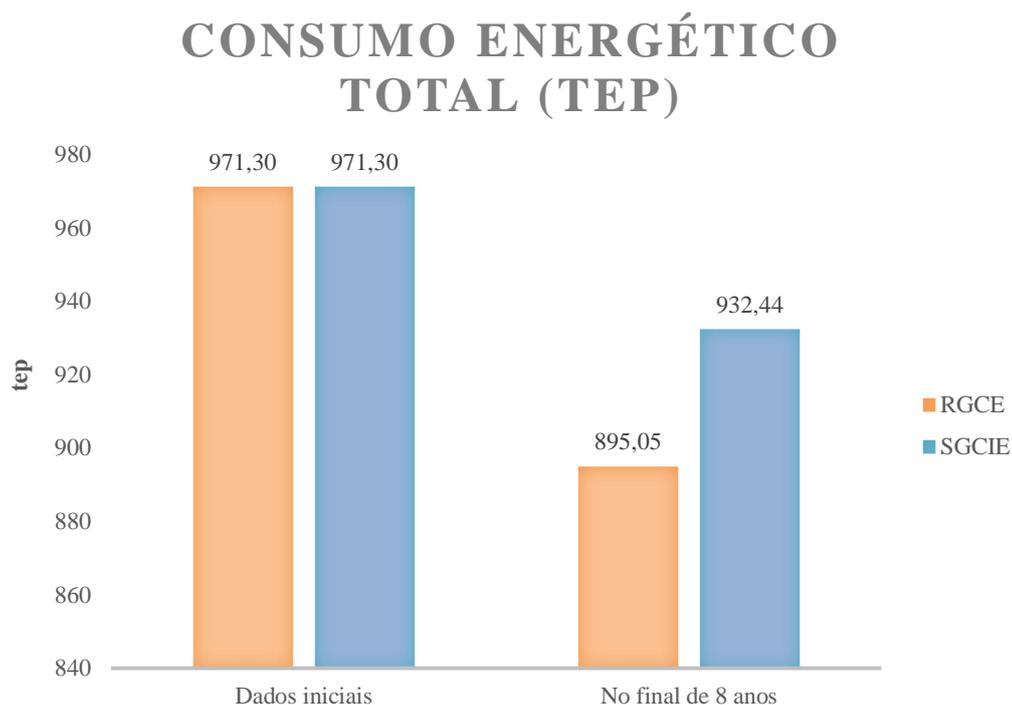


Figura 21 - Evolução do consumo energético total na empresa B segundo cada regulamento de acordo com a análise adaptada

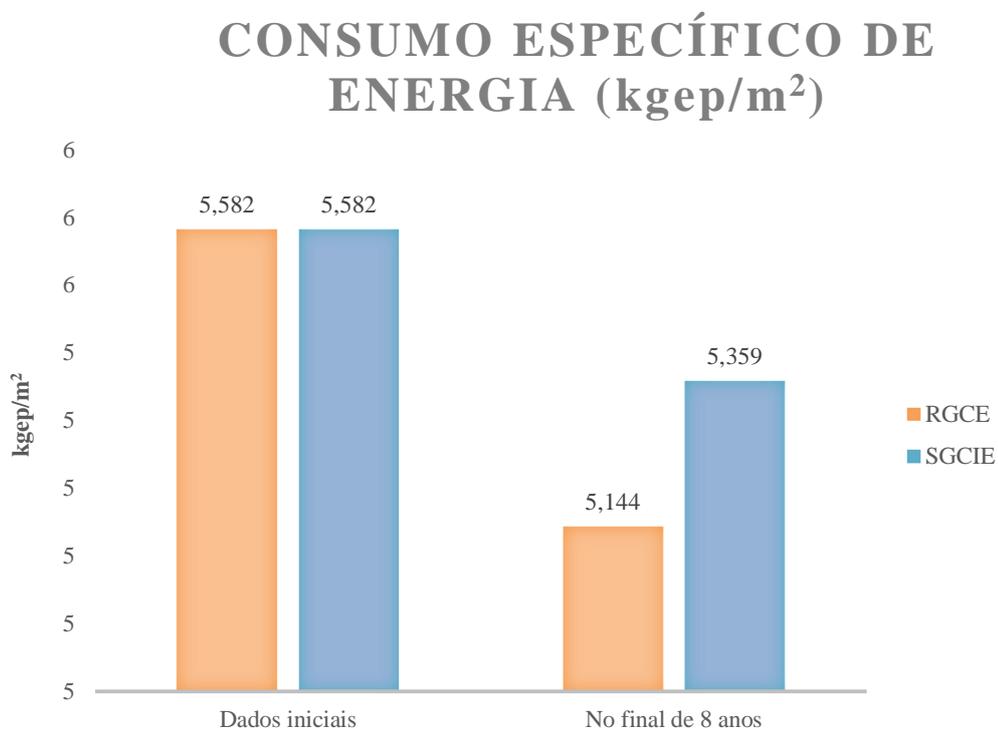


Figura 22 - Evolução do consumo específico de energia na empresa B segundo cada regulamento de acordo com a análise adaptada

De acordo com o RGCE, a empresa deveria reduzir 76,25 tep e 0,438 kgep/m² relativamente ao consumo energético total e ao consumo específico energético.

Desta forma, conclui-se que o SGCIE propõe uma redução de menos 37,40 tep no consumo energético total e menos 0,215 kgep/m² no consumo específico energético, comparando com o RGCE no mesmo espaço temporal.

Em termos percentuais, o RGCE obrigaria a uma redução 49% maior do que o regulamento atual relativamente a estes parâmetros. Este facto deve-se à grande diferença nas percentagens de redução ao utilizar-se um período temporal de oito anos. Assim, os 7,85% de redução no RGCE face aos 4% do SGCIE levam a esta discrepância entre os dois regulamentos.

6. Conclusões

O produto final da presente dissertação visa tirar ilações sobre a evolução da legislação referente aos consumos intensivos de energia em Portugal através da aplicação dos dois regulamentos existentes em duas empresas de diferentes áreas de atividade.

Desde logo salta à vista a existência de mais dois indicadores no SGCIE, a intensidade energética e a intensidade carbónica. Na década de 1980, altura de implementação do RGCE, existia pouca informação e menos preocupações face a questões ambientais e a indicadores do estado energético global e dos consumos energéticos. Com a evolução das tecnologias e cada vez maior importância deste setor, os indicadores tornaram-se parte do dia-a-dia da forma como se avaliam os consumos energéticos e como forma de fornecer informação. Assim torna-se compreensível que estes indicadores subscrevam limites na nova legislação, pois implicam desde logo a obrigatoriedade de racionalização de recursos quer energéticos quer ambientais e decerta forma o seu cálculo envolve aspetos que se podem tentar controlar (consumos, produção, VAB).

A seguinte diferença assinalável relaciona-se com os fatores de conversão. Apesar de não terem sido utilizados na sua totalidade até porque isso implicaria analisar uma grande quantidade de empresas, existe uma tendência visível de aumento de consumos em tep ao

utilizar-se o antigo regulamento tanto na empresa A, como na B, facto que posteriormente tem implicações no cálculo de indicadores.

A empresa A consumiria no total 2430,74 tep segundo o RGCE e 1804,92 tep no SGCIE. No caso da empresa B, assistiu-se a um caso interessante sendo que utilizando o regulamento obsoleto a empresa consumiria 1191,24 tep e segundo o atual consumiria 971,30 tep.

Como se verificou, quer a eletricidade, o gasóleo e a gasolina viram os seus consumos serem maiores no RGCE ao invés do gás natural, cujos consumos se mostram maiores no SGCIE após realizada a conversão para tep. A diferença entre os fatores de conversão pode estar relacionado com a forma de obtenção e utilização dos produtos, isto é por exemplo a eletricidade passou a ser obtida através de um *mix* energético cada vez maior ao longo dos anos e como tal o seu impacto em termos de consumos implica um gasto mais distribuído de recursos enquanto o gás natural passou a ser utilizado muito mais pela indústria daí o seu fator de conversão provocar um aumento de consumos.

Relativamente à análise prática da evolução das metas, foi notório que se obteve sempre reduções maiores no caso do RGCE quer no consumo específico de energia quer no consumo energético total. No caso da empresa A mais especificamente, este facto está diretamente relacionado com um valor mais alto de consumos, devido aos diferentes fatores de conversão utilizados, pois a meta de redução do RGCE (5%) é inferior à proposta pelo SGCIE (6%). Constata-se que a alteração da legislação ao dividir as situações para consumidores entre 500 tep e 1000 tep e acima de 1000 tep com as metas de 4% e 6% respetivamente tornou menos ambiciosa a redução do consumo específico e como tal do consumo energético. O RGCE impunha reduções de 5% em cinco e quando se alarga este período os oito anos utilizados atualmente pelo SGCIE, seria possível reduzir 7,85% como se comprovou.

Na empresa A, o RGCE pressupõe uma redução de consumo energético total e consumo específico de energia de 121,54 tep e 0,009 kgep/t para um período de cinco anos, ao passo que utilizando o SGCIE, a redução é de 108,29 tep e 0,008 kgep/t nos mesmos parâmetros. Ao aplicar a metodologia adaptada, foi possível observar que o RGCE pressupõe uma redução de 141,69 tep e 0,010 kgep/t do consumo energético total e do consumo específico respetivamente.

No caso da empresa B, o antigo regulamento propõe a redução de 56,10 tep no caso do consumo energético total e 0,322 kgep/m² no consumo específico de energia. Ao aplicar o

SGCIE, o objetivo de redução seria de 38,85 tep no consumo energético total e 0,22 kgep/m² para consumo específico energético. Aplicando a metodologia adaptada, o RGCE prevê uma redução de 76, 25 tep e 0,438 kgep/m² para os mesmos parâmetros.

A abordagem do SGCIE compreende-se pois introduz mais indústrias na obrigação de redução de consumos e por outro lado dá mais tempo para obter essa redução. O alargamento de oito anos contribui para atribuir melhores planos de ação e dar maior espaço de manobra às empresas de colocar em prática os planos de racionalização às quais estão obrigadas, sendo assim teoricamente mais fácil de cumprir as metas se se comparar com os cinco anos que impunha o RGCE.

As metas de 4%, para as indústrias consumidoras abaixo de 1000 tep tornam-se mais apropriadas uma vez que se englobam numa classe que não era abordada pelo RGCE e como tal seria inapropriado obriga-las à mesma meta.

De salientar ainda que com a nova legislação deixou de existir a obrigação das metas anuais existentes no RGCE, para existir apenas a obrigação do cumprimento das metas no final do período estipulado para cada caso.

Bibliografia

- [1] K. Kaygusuz e S. Bilgen, «Energy Related Environmental Policies in Turkey», *Energy Sources, Part B Econ. Planning, Policy*, vol. 3, n. 4, pp. 396–410, 2008.
- [2] BP, «BP Statistical Review of World Energy June 2015», 2015.
- [3] J. M. S. GUIA, «Auditoria Energética e Plano de Racionalização de consumo de energia período 2011-2016», 2014.
- [4] International Energy Agency, «Energy and climate change», 2015.
- [5] International Energy Agency, «Key World Energy Statistics 2015», 2015.
- [6] J. Amador, «PRODUÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA EM PORTUGAL: Factos Estilizados», *Bol. Económico / Banco Port.*, pp. 71–86, 2010.
- [7] DGEG, «Energia em Portugal, 2014», 2016.
- [8] L. Araújo e M. J. Coelho, «Políticas públicas de energia e ambiente: Rumo a um país sustentável?», *Sociol. Probl. e Prat.*, vol. 72, pp. 145–158, 2013.
- [9] Agência Portuguesa do Ambiente, «Relatório do Estado do Ambiente 2015», 2015.
- [10] «PNAEE 2016 - Enquadramento». [Em linha]. Disponível em: <http://www.pnaee.pt/pnaee#enquadramentopnaee>. [Acedido: 27-Mar-2016].
- [11] «PNAEE 2016 - Metas». [Em linha]. Disponível em: <http://www.pnaee.pt/pnaee#metaspnaee>. [Acedido: 27-Mar-2016].
- [12] «ADENE - Planos e Programas». [Em linha]. Disponível em: <http://www.adene.pt/planos-e-programas>. [Acedido: 15-Abr-2016].
- [13] Diário da Republica, *Decreto-Lei n.º 130/2014, de 29 de Agosto*. 2014, pp. 4581–4586.
- [14] Diário da Republica, *Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de Abril*,

- n. Ene 2020. 2010, pp. 1289–1296.
- [15] Diário da Republica, *Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, de 10 de Abril*, n. iii. 2013.
- [16] ADENE, «Eficiência energética: desempenho energético dos edifícios», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://www.adene.pt/certificacao-energetica-de-edificios>. [Acedido: 08-Mai-2016].
- [17] ADENE, «Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE)», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://www.adene.pt/sce/textofaqs/certificacao-de-edificios>. [Acedido: 08-Mai-2016].
- [18] ADENE, «Consumo Energético na Indústria», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://www.adene.pt/consumo-energetico-na-industria>. [Acedido: 09-Mai-2016].
- [19] Cláudio Casimiro, «Auditorias Energéticas : Seminário de Transporte Rodoviário». ANTRAM, Porto, 2012.
- [20] «Programa de Eficiência Energética na Administração Pública». [Em linha]. Disponível em: <http://ecoap.adene.pt/>. [Acedido: 16-Mai-2016].
- [21] ADENE, «Auditorias Energéticas», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://www.adene.pt/textofaqs/auditoria-energetica>. [Acedido: 01-Jun-2016].
- [22] A. Thumann e W. J. Younger, *Handbook of Energy Audits - 7th edition*, n. 1. 2008.
- [23] H. Filipe, «Levantamento do Consumo Energético de Unidade Industrial», 2010.
- [24] F. Manuel e P. Moreira, «Estudo da redução de consumos energéticos de uma Piscina Municipal», Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2015.
- [25] ISQ, «Apontamentos sobre Auditorias Energéticas - Pós-graduação em Gestão da Energia». 2010.
- [26] C. para a C. da Energia, «A Gestão da Energia e o Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (R.G.C.E.)». 2000.
- [27] Diário da Republica, *Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de Abril*. 2008, pp. 2222–2226.

- [28] ADENE, «Âmbito de aplicação do SGCIE», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/ambito-de-aplicacao.aspx>. [Acedido: 12-Mai-2016].
- [29] ADENE, «Enquadramento e Objetivos do SGCIE», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/Enquadramento.aspx>. [Acedido: 12-Mai-2016].
- [30] Diário da Republica, *Decreto-Lei n.º 68-A/2015, de 30 de abril*, vol. 1.ª série, n. 84. 2015, pp. 2–52.
- [31] ADENE, «Planos de Racionalização de Energia», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/PlanosRacionalizacao.aspx>. [Acedido: 13-Mai-2016].
- [32] ADENE, «SGCIE - Metas», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/Metas.aspx>. [Acedido: 13-Mai-2016].
- [33] ADENE, «Relatórios de Execução e Progresso». [Em linha]. Disponível em: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/RelatoriosProgresso.aspx>. [Acedido: 13-Mai-2016].
- [34] ADENE, «SGCIE - Penalidades», 2016. [Em linha]. Disponível em: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/Penalidades.aspx>. [Acedido: 13-Mai-2016].

Anexo A. Fatores de Conversão – SGCIE

Neste anexo são apresentados os fatores de conversão referentes aos Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis de acordo com o SGCIE, presentes no Despacho n.º 17313/2008.

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	FE (kgCO ₂ e/GJ)	FE (kgCO ₂ e/tep)
Antracite.....	26,7	0,638	98,2	4111,4
Betume / Alcatrão.....	40,2	0,96	80,6	3374,6
Biogasolina e Biodiesel.....	27	0,645	0	0,0
Briquetes de lignite.....	20	0,478	101,1	4232,9
Briquetes de turfa.....	16 — 16,8	0,382 — 0,401	105,9	4433,8
Carvão betuminoso.....	25,8	0,616	94,5	3956,5
Carvão sub-betuminoso.....	18,9	0,451	96,0	4019,3
Carvão vegetal.....	29,5	0,705	0	0,0
Combustível para motor (gasolina).....	44 — 45	1,051 — 1,075	69,2	2897,3
Coque de Carvão.....	28,2	0,674	94,5	3956,5
Coque de forno / lignite ou gás.....	28,2 — 28,5	0,674 — 0,681	107	4479,9
Coque de Petróleo.....	31 — 32,5	0,740 — 0,776	97,5	4082,1
Etano.....	46,4	1,108	61,6	2579,1
Fuelóleo pesado.....	40 — 40,4	0,955 — 0,965	77,3	3236,4
Fuelóleo.....	41,2	0,984	77,3	3236,4
Gás de Alto Forno.....	2,5	0,060	259,4	10860,6
Gás de coqueria e de fábricas de Gás.....	38,7	0,924	44,7	1871,5
Gás de forno de acearia a oxigênio.....	7,1	0,170	171,8	7192,9
Gás de petróleo liquefeito.....	46 — 47,3	1,099 — 1,130	63,0	2637,7
Gás de Refinaria.....	49,5	1,182	51,3	2147,8
Gás natural (superior a 93% de metano).....	47,2 — 48	1,127 — 1,146	56,1	2348,8
Gás natural liquefeito.....	44,2 — 45,2	1,056 — 1,080	64,1	2683,7
Gás natural (1).....	45,1	1,077	64,1	2683,7
Gases de aterro/ lamas de depuração e outros biogases.....	50,4	1,204	0	0,0
Gasóleo / Diesel.....	42,3 — 43,3	1,010 — 1,034	74,0	3098,2
Hulha.....	17,2 — 30,7	0,411 — 0,733	97,5	4082,1
Lignite castanha.....	5,6 — 10,5	0,134 — 0,251	101,1	4232,9
Lignite negra.....	10,0 — 21	0,239 — 0,502	101,1	4232,9
Lubrificantes, ceras parafínicas e outros produtos Petrolíferos.....	40,2	0,960	73,3	3068,9
Madeira / resíduos de Madeira.....	13,8 — 15,6	0,330 — 0,373	0	0,0
Matérias-primas para refinaria.....	43	1,027	73,3	3068,9
Metano.....	50	1,194	54,9	2298,6
Monóxido de Carbono.....	10,1	0,241	155,2	6497,9
Nafta química / Condensados de gasolina.....	44,5	1,063	73,3	3068,9
Óleo de xisto.....	38,1	0,910	73,3	3068,9

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	FE (kgCO ₂ e/GJ)	FE (kgCO ₂ e/tep)
Óleos usados.....	40,2	0,960	73,3	3068,9
Orimulsão.....	27,5	0,657	76,9	3219,6
Outra biomassa primária sólida.....	11,6	0,277	0	0,0
Outros biocombustíveis Líquidos.....	27,4	0,654	0	0,0
Pelletes / briquetes de madeira.....	16,8	0,401	0	0,0
Petróleo Bruto.....	42,3	1,01	73,3	3068,9
Querosene.....	43,8	1,046	71,8	3006,1
Resíduos Industriais.....	7,4 — 10,7	0,177 — 0,256	142,9	5982,9
Turfa.....	7,8 — 13,8	0,186 — 0,330	105,9	4433,8
Xisto betuminoso.....	8 — 9	0,191 — 0,215	106,6	4463,1

Para outros combustíveis primários sólidos líquidos ou gasosos não referidos acima, é usada a seguinte expressão:

$$PCI \left(\frac{tep}{t} \right) = \frac{PCI \left(\frac{MJ}{kg} \right)}{41,868}$$

Esta expressão considera a conversão termodinâmica de tep em MJ utilizada pela Agência Internacional da Energia (1 tep = 41 868 MJ).

Para efeitos da contabilização da intensidade carbónica, por emissão dos gases com efeitos de estufa, deverão ser utilizados os valores de referência de fator de emissão (FE) de, respetivamente, 96, 73 e 59 kgCO₂e/GJ.

No caso da Eletricidade:

$$Energia Elétrica \left(\frac{tep}{kWh} \right) = \frac{\eta_{elétrico}}{86 \times 10^{-6}}$$

De acordo com o Anexo II da Diretiva 2006/32/CE, o valor de $\eta_{elétrico}$ é igual a 0,4, pelo que 1 kWh = 215 x 10⁻⁶ tep. Para efeitos da contabilização da intensidade carbónica por emissão de gases com efeito de estufa, considera -se que o fator de emissão associado ao consumo de eletricidade é igual a 0,47 kgCO₂e/kWh

No caso do vapor:

$$Energia do vapor \left(\frac{tep}{t} \right) = \frac{Entalpia específica do vapor \left(\frac{MJ}{kg} \right)}{\eta_{térmico} \times 41,868}$$

Para efeitos da contabilização da intensidade carbónica por emissão de gases com efeito de estufa, considera -se que o fator de emissão associado ao consumo de vapor é igual a:

Fator de Emissão para o consumo de vapor (kgCO₂e/GJ) = 65,05 / $\eta_{térmico}$.

O valor de $\eta_{térmico}$ para as caldeiras de geração de vapor é igual a 0,9, pelo que 1 GJ de vapor consumido = 72,3 kgCO₂e.

Para outros fluidos térmicos:

$$Energia\ do\ fluido\ \left(\frac{tep}{t}\right) = \frac{Calor\ útil\ \left(\frac{MJ}{kg}\right)}{\eta_{térmico} \times 41,868}$$

O calor útil é definido como a diferença entre a energia térmica recebida do fornecedor e a devolvida.

Para efeitos da contabilização da intensidade carbónica por emissão de gases com efeito de estufa, considera -se que o fator de emissão associado ao consumo de fluido térmico é igual a:

Fator de Emissão para o consumo de fluido térmico (kgCO₂e/GJ) = 65,05 / $\eta_{térmico}$

Para efeitos deste despacho, o valor de $\eta_{térmico}$ para geradores de fluido térmico é igual a 0,9, pelo que 1 GJ de fluido térmico consumido = 72,3 kgCO₂e.

Anexo B. Cálculos referentes à análise prática da empresa A

➤ Empresa A – Análise ao RGCE

Conversão dos consumos

➤ Eletricidade

Sabendo que 1 kWh = 0,00029 tep:

$$\text{Consumo energético (tep)} = 8338572,46 \text{ kWh} \times 0,00029 \text{ tep}$$

➤ Gasóleo

Sabendo que 1000 litros de gasóleo correspondem a 0,835 toneladas e que o fator de conversão é 1,045 tep para cada tonelada então:

$$\text{Consumo energético (tep)} = \left(\frac{13929,89 \text{ litros}}{1000 \text{ litros} \times 0,835 \text{ ton} \times 1,045 \left(\frac{\text{tep}}{\text{t}}\right)} \right)$$

➤ Gasolina

Sabendo que 1000 litros de gasolina correspondem a 0,72 toneladas e que o fator de conversão é 1,07 tep para cada tonelada então:

$$\text{Consumo energético (tep)} = \left(\frac{512,34 \text{ litros}}{1000 \text{ litros} \times 0,72 \text{ ton} \times 1,07 \left(\frac{\text{tep}}{\text{t}}\right)} \right)$$

Sabendo o consumo energético e a produção, utilizou-se a fórmula seguinte para o cálculo dos consumos específicos:

$$\text{Consumo Específico Energético} \left(\frac{\text{kgep}}{\text{t}} \right) = \frac{\text{Consumo Energético Total}(\text{tep})}{\text{Produção}(\text{t})} \times 1000$$

Dados iniciais da empresa:

Energia Total tep/ano	Produção t	Consumo Específico kgep/ t	Redução do Consumo Específico kgep/ t	Valor do Consumo Específico ao fim da redução M kgep/ t
2430,74	13876782	0,175	0,009	0,166

A seguinte fórmula foi utilizada para obter a redução do consumo específico (M) até ao fim do ano N, onde C é consumo específico antes do plano de racionalização e K é o valor de referência.

$$M = \frac{C - K}{2} \times \left(\frac{N}{5} \right)$$

Consumo Específico (kgep/t)	k (90% C)	M (n=1)	M (n=2)	M (n=3)	M (n=4)	M (n=5)
0,175	0,158	0,002	0,004	0,005	0,007	0,009

Para saber o consumo específico em cada ano, basta subtrair o valor calculado do M de cada ano ao consumo específico inicial:

$$\text{Consumo Específico Energético} \left(\frac{\text{kgep}}{\text{t}} \right) = \text{CEE inicial} \left(\frac{\text{kgep}}{\text{t}} \right) - M_n \left(\frac{\text{kgep}}{\text{t}} \right)$$

C0	CEE1	CEE2	CEE 3	CEE 4	CEE 5
0,175	0,173	0,172	0,170	0,168	0,166

Ao fim PRCE, ou seja 5 anos:

CEE ano 5 (kgep/t)	Produção (t)	Consumo total de energia (tep)	Redução Esperada do consumo global (tep)	Porcentagem de redução
0,166	13876782,00	2309,20	121,54	-5%

O consumo total de energia é calculado realizando o inverso da fórmula apresentada para o cálculo do consumo específico referida acima ou seja:

Consumo Energético total (tep)

$$= (\text{Consumo Específico Energético } \left(\frac{\text{kgep}}{\text{t}}\right) / 1000) \times \text{Produção}(t)$$

➤ Empresa A – Análise ao SGCIE

Conversão dos consumos

➤ Eletricidade

Sabendo que 1 kWh = 215 x 10⁻⁶ tep:

$$\text{Consumo energético (tep)} = 8338572,46 \text{ kWh} \times (0,215 \text{ tep}/1000)$$

Sabendo que o fator de emissão é 0,47 kg CO₂/kWh:

$$\text{Emissões (tCO}_2\text{eq)} = 8338572,46 \text{ kWh} \times \left(\frac{0,47 \text{ kg CO}_2}{1000 \text{ kWh}}\right)$$

➤ Gasóleo

Sabendo que a massa específica é 0,835 kg/m³ e que o fator de conversão para tep é 1,01 tep/ton, então:

$$\begin{aligned} &\text{Consumo energético (tep)} \\ &= ((13929,89 \text{ litros} * 0,835 \text{ kg/m}^3) / 1000) \times 1,01 \text{ tep/ton} \end{aligned}$$

Sabendo que o fator de emissão é 2683,7 kg CO₂/tep, então:

$$\text{Emissões (ton CO}_2\text{)} = \text{Consumo energético (tep)} \times 3098,2 \text{ kg CO}_2\text{/tep}$$

➤ **Gasolina**

Sabendo que a massa específica é 0,72 kg/m³ e que o fator de conversão para tep é 1,02 tep/ton, então:

$$\text{Consumo energético (tep)} = ((512,34 \text{ litros} * 0,72 \text{ kg/m}^3) / 1000) \times 1,02 \text{ tep/ton}$$

Sabendo que o fator de emissão é 2897,30 kg CO₂/tep, então:

$$\text{Emissões (ton CO}_2\text{)} = \text{Consumo energético (tep)} \times 2897,30 \text{ kg CO}_2\text{/tep}$$

Obtendo-se assim os resultados:

Formas de energia	Unidades	Quantidade	tep	tCO ₂ eq
Eletricidade	kWh	8 338 572,46	1 792,79	3 919,13
Gasóleo	litros	13 929,89	11,75	36,40
Gasolina	litros	512,34	0,37	1,16
Total			1 804,92	3 956,69

Análise de indicadores e metas no SGCIE

Intensidade Energética:

$$IE \left(\frac{kgep}{\text{€}} \right) = \frac{\text{Consumo Energético (tep)}}{VAB(\text{€})}$$

Consumo Específico Energético:

$$CEE \left(\frac{kgep}{\text{€}} \right) = \frac{\text{Consumo Energético (tep)}}{\text{Produção (m}^2\text{)}}$$

Intensidade Carbónica:

$$IE \left(\frac{tCO_2}{tep} \right) = \frac{\text{Emissões (tCO}_2\text{ eq)}}{\text{Consumo Energético (tep)}}$$

Obtém-se desta forma a seguinte tabela:

Intensidade Energética	Ano de referência:	2015	Redução M=	6% / 8 anos
Energia	VAB	Intensidade Energética	Redução da Intensidade Energética	Valor final
tep/ano	€/ano	kgep/€	kgep/€	kgep/€
1804,92	3598337,00	0,502	0,030	0,472

Consumo Específico	Ano de referência:	2015	Redução M=	6% / 8 anos
Energia	Produção	Consumo Específico	Redução do Consumo Específico	Valor do final
tep/ano	t	kgep/t	kgep/t	kgep/t
1804,92	13876782,00	0,130	0,008	0,122

Intensidade Carbónica	Ano de referência:	2015	Redução M=	Manut/ Indicador / 8 anos
Emissões CO2	Energia	Intensidade Carbónica	Intensidade Carbónica que deverá ser atingida ao fim de 6 anos (valor máximo)	
tCO ₂ eq/ano	tep/ano	tCO ₂ eq/tep	tCO ₂ eq/tep	
3956,69	1804,92	2,192	2,192	

Os valores da redução obtêm-se multiplicando a meta estipulada pelo valor inicial de cada indicador.

➤ Empresa A - Análise adaptada ao RGCE

Utilizando a mesma metodologia do RGCE, mas adaptando-a para oito anos, com os fatores da legislação em vigor, o primeiro PRCE envolve:

Consumo Específico (kgep/t)	k (90%C)	M (n=1)	M (n=2)	M (n=3)	M (n=4)	M (n=5)
0,130	0,117	0,001	0,003	0,004	0,005	0,007

O consumo específico anual:

C0	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5
0,130	0,129	0,127	0,126	0,125	0,124

CEE Inicial (kgep/t)	CEE Final (kgep/t)	Redução esperada (kgep/t)
0,130	0,124	0,007

Consumo Energético Inicial (tep)	Consumo Energético Final (tep)	Redução obtida (tep)
1804,92	1714,67	90,25

Após o cálculo no fim do primeiro PRCE, utiliza-se os valores obtidos como ponto de partida para o ao cálculo do segundo PRCE:

Consumo Específico (kgep/t)	k (90%C)	M (n=1)	M (n=2)	M (n=3)	M (n=4)	M (n=5)
0,124	0,111	0,001	0,002	0,004	0,005	0,006

O consumo específico anual:

C0	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5
0,124	0,122	0,121	0,120	0,119	0,117

Tendo em conta que se pretende obter metas de redução a oito anos, o objetivo a atingir situa-se nos valores do terceiro ano (CE 3) do segundo PRCE.

CEE Inicial (kgep/t)	CEE Final (kgep/t)	Redução esperada (kgep/t)
0,130	0,120	0,010

Consumo Energético Inicial (tep)	Consumo Energético Final (tep)	Redução obtida (tep)
1804,92	1663,23	141,69

Anexo C. Cálculos referentes à análise prática da empresa B

➤ Empresa B – Análise ao RGCE

Conversão dos consumos

➤ Eletricidade

Sabendo que 1 kWh = 0,00029 tep:

$$\text{Consumo energético (tep)} = 2459304 \text{ kWh} \times 0,00029 \text{ tep}$$

➤ Gás Natural

Sabendo que o fator de conversão é de 0,82 tep/1000 m³ então:

$$\text{Consumo energético (tep)} = (421863 \text{ m}^3 \times 0,82 \text{ tep} / 1000\text{m}^3)$$

➤ Gasóleo

Sabendo que 1000 litros de gasóleo correspondem a 0,835 toneladas e que o fator de conversão é 1,045 tep para cada tonelada então:

$$\text{Consumo energético (tep)} = \left(\frac{71991 \text{ litros}}{1000 \text{ litros} \times 0,835 \text{ ton} \times 1,045 \left(\frac{\text{tep}}{\text{ton}}\right)} \right)$$

Sabendo o consumo energético e a produção, utilizou-se a fórmula seguinte pa o cálculo dos consumos específicos:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Específico Energético} \left(\frac{\text{kgep}}{\text{m}^2} \right) \\ = \frac{\text{Consumo Energético Total (tep)}}{\text{Produção (m}^2\text{)}} \times 1000 \end{aligned}$$

Dados iniciais da empresa:

Energia Total tep/ano	Produção m ²	Consumo Específico kgep/ m ²	Redução do Consumo Específico kgep/ m ²	Valor do Consumo Específico ao fim da redução M kgep/ m ²
1121,94	174005,69	6,45	0,32	6,13

A seguinte fórmula foi utilizada para obter a redução do consumo específico (M) até ao fim do ano N, onde C é consumo específico antes do plano de racionalização e K é o valor de referência.

$$M = \frac{C - K}{2} \times \left(\frac{N}{5}\right)$$

Consumo Específico (kgep/m ²)	k (90% C)	M (n=1)	M (n=2)	M (n=3)	M (n=4)	M (n=5)
6,448	5,803	0,064	0,129	0,193	0,258	0,322

Para saber o consumo específico em cada ano, basta subtrair o valor calculado do M de cada ano ao consumo específico inicial:

$$\text{Consumo Específico Energético} \left(\frac{kgep}{m^2}\right) = \text{CEE inicial} \left(\frac{kgep}{m^2}\right) - M_n \left(\frac{kgep}{m^2}\right)$$

C0	CEE 1	CEE2	CEE 3	CEE 4	CEE 5
6,448	6,383	6,319	6,254	6,190	6,125

Ao fim do PRCE:

CEE ano 5 (kgep/m ²)	Produção (m ²)	Consumo total de energia (tep)	Redução Esperada do consumo global (tep)	Percentagem de redução
6,125	174005,69	1065,85	56,10	-5%

O consumo total de energia é calculado realizando o inverso da fórmula apresentada para o cálculo do consumo específico referida acima ou seja:

Consumo Energético total (tep)

$$= (\text{Consumo Específico Energético } (\frac{kg_{ep}}{m^2}) / 1000) \times \text{Produção}(m^2)$$

➤ **Empresa B – Análise ao SGCIE**

Conversão dos consumos

➤ **Eletricidade**

Sabendo que 1 kWh = 215 x 10⁻⁶ tep:

$$\text{Consumo energético (tep)} = 2459304 \text{ kWh} \times (0,215 \text{ tep}/1000)$$

Sabendo que o fator de emissão é 0,47 kg CO₂/kWh:

$$\text{Emissões (tCO}_2\text{eq)} = 2459304 \text{ kWh} \times (\frac{0,47 \text{ kg } CO_2}{kWh})$$

➤ **Gás Natural**

Sabendo que a massa específica é 0,8404 kg/m³ e que o fator de conversão para tep é 1,077 tep/ton, então:

$$\text{Consumo energético (tep)} = ((421863 \text{ m}^3 \times 0,8404 \text{ kg}/\text{m}^3) / 1000) \times 1,077 \text{ tep}/\text{ton}$$

Sabendo que o fator de emissão é 2683,7 kg CO₂/tep, então:

$$\text{Emissões (ton CO}_2\text{)} = \text{Consumo energético (tep)} \times 2683,7 \text{ kg CO}_2/\text{tep}$$

➤ **Gasóleo**

Sabendo que a massa específica é 0,835 kg/m³ e que o fator de conversão para tep é 1,01 tep/ton, então:

$$\text{Consumo energético (tep)} = ((71991 \text{ litros} * 0,835 \text{ kg}/\text{m}^3) / 1000) \times 1,01 \text{ tep}/\text{ton}$$

Sabendo que o fator de emissão é 2683,7 kg CO₂/tep, então:

$$\text{Emissões (ton CO}_2\text{)} = \text{Consumo energético (tep)} \times 3098,2 \text{ kg CO}_2/\text{tep}$$

Obtendo-se assim os resultados:

Formas de energia	Unidades	Quantidade	tep	tCO ₂ eq
Eletricidade	kWh	2 459 304	528,75	1 155,87
Gás Natural	m ³	421 863	381,83	1 024,72
Gasóleo	litros	71 991	60,71	188,10
Total			971,30	2 368,70

Análise de indicadores e metas no SGCIE

Intensidade Energética:

$$IE \left(\frac{kgep}{\text{€}} \right) = \frac{\text{Consumo Energético (tep)}}{VAB(\text{€})}$$

Consumo Específico Energético:

$$CEE \left(\frac{kgep}{\text{€}} \right) = \frac{\text{Consumo Energético (tep)}}{\text{Produção (m}^2\text{)}}$$

Intensidade Carbónica:

$$IE \left(\frac{tCO_2}{tep} \right) = \frac{\text{Emissões (tCO}_2\text{ eq)}}{\text{Consumo Energético (tep)}}$$

Obtém-se desta forma a seguinte tabela:

Intensidade Energética	Ano de referência:	2015	Redução M=	4% / 8 anos
Energia	VAB	Intensidade Energética	Redução da Intensidade Energética	Valor final
tep/ano	€/ano	kgep/€	kgep/€	kgep/€

971,30 2691590,96 0,36 0,01 0,35

Consumo Específico	Ano de referência:	2015	Redução M=	4% / 8 anos
Energia	Produção	Consumo Específico	Redução do Consumo Específico	Valor do final
tep/ano	m ²	kgep/m ²	kgep/m ²	kgep/m ²

971,30 174005,69 5,58 0,22 5,36

Intensidade Carbónica	Ano de referência:	2015	Redução M=	Manut/ Indicador / 8 anos
Emissões CO ₂	Energia	Intensidade Carbónica	Intensidade Carbónica que deverá ser atingida ao fim de 6 anos (valor máximo)	
tCO ₂ /ano	tep/ano	tCO ₂ /tep	tCO ₂ /tep	

2368,70 971,30 2,44 2,44

Os valores da redução obtém-se multiplicando a meta estipulada pelo valor inicial de cada indicador.

➤ Empresa A - Análise adaptada ao RGCE

Utilizando a mesma metodologia do RGCE, mas adaptando-a para oito anos, com os fatores da legislação em vigor, o primeiro PRCE envolve:

Consumo Específico (kgep/t)	k (90% C)	M (n=1)	M (n=2)	M (n=3)	M (n=4)	M (n=5)
5,582	5,024	0,056	0,112	0,167	0,223	0,279

O consumo específico anual:

C0	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5
5,582	5,526	5,470	5,415	5,359	5,303

CEE Inicial (kgep/ m²)	CEE Final (kgep/m²)	Redução esperada (kgep/ m²)
5,582	5,303	0,279

Consumo Energético Inicial (tep)	Consumo Energético Final (tep)	Redução obtida (tep)
971,30	922,73	48,56

Utilizando estes valores, procede-se ao cálculo do segundo PRCE:

Consumo Específico (kgep/t)	k (90%C)	M (n=1)	M (n=2)	M (n=3)	M (n=4)	M (n=5)
5,303	4,773	0,053	0,106	0,159	0,212	0,265

O consumo específico anual a obter:

C0	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5
5,303	5,250	5,197	5,144	5,091	5,038

Tendo em conta que se pretende obter metas de redução a oito anos, o objetivo a atingir situa-se nos valores do terceiro ano do segundo PRCE.

CEE Inicial (kgep/t)	CEE Final (kgep/t)	Redução esperada (kgep/t)
5,582	5,144	0,438

Consumo Energético Inicial (tep)	Consumo Energético Final (tep)	Redução obtida (tep)
971,30	895,05	76,25

