

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Cálculo e desagregação temporal do fator de
conversão primária-final da eletricidade em
Portugal em 2010**

Bruno Manuel Peixoto Paiva

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Dr. José Rui da Rocha Pinto Ferreira
Coorientador: Prof. Dr. Vítor Manuel da Silva Leal

julho de 2012

© Bruno Paiva, 2012

Resumo

A dependência das sociedades modernas do consumo de energia elétrica leva a que esta seja encarada como um bem essencial. Com os preços dos combustíveis fósseis a aumentarem constantemente é imperativo que se encontrem novas formas de reduzir o consumo destas formas de energia não renovável. É aqui que o estudo do fator de conversão de energia primária-final se torna tão importante.

Esta dissertação procura apresentar uma metodologia de análise temporalmente desagregada da produção elétrica em Portugal, de maneira a calcular o fator de conversão primária-final da eletricidade para o ano de 2010. Com isto vai-se tentar averiguar se o fator utilizado atualmente em Portugal é adequado e se com um esforço por parte das entidades competentes o valor deste poderia ser otimizado.

Dos vários resultados obtidos durante a realização do trabalho, são de realçar os valores médios para o ano de 2010 do fator médio e marginal para a eletricidade produzida e consumida durante o ano em estudo. O fator médio toma valores de 0.078kep/kWh para a eletricidade produzida e 0.085kep/kWh para a consumida, enquanto o fator marginal apresenta valores mais elevados, de 0.193kep/kWh e 0.211kep/kWh para a eletricidade produzida e consumida respetivamente.

Palavras-Chave

Certificação Energética dos Edifícios, Energia primária, Energia final, Fator de conversão médio da eletricidade, Fator de conversão marginal da eletricidade.

Abstract

The dependency on the consumption of electric energy by the modern societies means that electricity is seen as a fundamental commodity. As the fossil fuel prices increases constantly, it is urgent that new forms of reducing the consumption of this non-renewable energy sources are found. That is where the study of the conversion factor of primal-final energy of the electricity becomes so important.

This dissertation presents a methodology of temporal desegregation analysis of the electric production in Portugal in the year 2010. This method is going to explore if the current factor used in Portugal is suitable to our reality, and with an effort of the authorities, this value could be optimized.

From all the results obtained throughout the dissertation, there can be enhanced the average values of the mean and marginal factor of the produced and consumed electricity during 2010. The mean factor is 0,078kep/kWh for produced electricity and 0.085kep/kWh for the consumed electricity, whilst the marginal factor presents higher values, of 0.193kep/kWh for the produced electricity and 0.211kep/kWh for the consumed electricity.

Keywords

Energy efficiency certification of buildings, Final Energy, Marginal conversion factor of electricity, Mean conversion factor of electricity, Primary Energy.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os que me apoiaram e tornaram possível a realização desta dissertação.

Aos Professores Doutores José Rui da Rocha Pinto Ferreira e Vítor Manuel da Silva Leal, por toda a sua disponibilidade, apoio e conselhos concedidos para a realização do trabalho.

Aos meus pais Manuel e Eunice, pela oportunidade, esforço e suporte prestado ao longo de toda a minha vida.

À minha família pelo apoio e motivação que sempre demonstraram, ao meu irmão Tiago e a todos os meus amigos, pela amizade e companheirismo.

A todos, um sincero obrigado por tornarem este trabalho possível.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xii
Abreviaturas e Símbolos	xiii
Capítulo 1	15
Introdução.....	15
1.1 - Objetivos de estudo	17
1.2 - Enquadramento geral	17
1.3 - Estrutura da Dissertação.....	18
Capítulo 2	21
Energia em Portugal.....	21
2.1. Produção elétrica em Portugal	22
2.2. Política Energética	26
2.3. Certificação energética de edifícios.....	27
Capítulo 3	31
Energia primária e Energia final	31
3.1. Transformação de energia	32
3.2. A unidade TEP	36
3.3. Consumo médio e marginal	36
Capítulo 4	37
Metodologia.....	37
4.1. Cálculo do fator médio	38
4.1.1. Cálculo do fator de conversão numa base anual	38
4.1.2. Cálculo do fator de conversão numa base horária	39
4.2. Cálculo do fator marginal	40

Capítulo 5	43
Apresentação e Análise de Resultados.....	43
5.1. Dados de entrada.....	44
5.2. Resultados de 2010.....	44
5.2.1. Fator médio	49
5.2.1.1. Fator médio para a eletricidade Produzida	49
5.2.1.2. Fator médio para a eletricidade Consumida	53
5.2.2. Fator marginal	57
5.2.2.1. Fator marginal para a eletricidade Produzida	57
5.2.2.2. Fator marginal para a eletricidade consumida	58
5.3. Conclusão	58
Capítulo 6	60
Conclusões	60
6.1. Conclusões gerais.....	61
6.2. Trabalhos futuros.....	61
Referências	62
Anexos	64

Lista de figuras

Figura 2.1 - Repartição da produção energética em Portugal	23
Figura 2.2 - Diagrama de cargas da RNT (01.04.2010)	24
Figura 2.3 - Diagrama de consumo total (01.04.2010)	25
Figura 2.4 - Evolução do consumo	25
Figura 2.5 - Escala de classificação de edifícios sem sistemas de climatização ou com sistemas de inferiores a 25 kW de potência instalada.	28
Figura 2.6 - Escala de classificação de edifícios com sistemas de climatização superior ou igual a 25 kW de potência instalada.	29
Figura 3.1 - Evolução da potência instalada de energia eólica em Portugal	34
Figura 3.2 - Transformação da Energia	35
Figura 5.1 - Evolução do share do fuelóleo na potência produzida	45
Figura 5.2 - Evolução do share do carvão na potência produzida	46
Figura 5.3 - Evolução do share do gás natural na potência produzida	46
Figura 5.4 - Evolução do share da energia hídrica na potência produzida	47
Figura 5.5 - Evolução do share da PRE térmica na potência produzida	47
Figura 5.6 - Evolução do share da PRE eólica na potência produzida	48
Figura 5.7 - Evolução do share do PRE fotovoltaico na potência produzida.....	48
Figura 5.8 - Evolução do $F_{p/f, \text{ médio}}$ durante o ano de 2010	49
Figura 5.9 - Evolução do $F_{p/f \text{ médio}}$ durante o ano de 2010.....	54
Figura 5.10 - Evolução do $F_{p/f \text{ marginal}}$ durante o ano de 2010	57
Figura 5.11 - Evolução do $F_{p/f \text{ marginal}}$ durante o ano de 2010	58

Lista de tabelas

Tabela 5.1 - Resumo do balanço no ano de 2010	44
Tabela 5.2 - Balanço energético nacional e valores calculados do input.	45
Tabela 5.3 - Perdas de transporte e distribuição	45
Tabela 5.4 - Valores médios do peso de cada tecnologia na produção	48
Tabela 5.5 - $F_{p/f}$ médio para a eletricidade produzida	49
Tabela 5.6 - Média e desvio padrão do $F_{p/f}$ médio para cada mês do ano de 2010	51
Tabela 5.7 - Valores por hora do $F_{p/f}$ para o ano de 2010	52
Tabela 5.8 - Média do fator para cada mês	53
Tabela 5.9 - $F_{p/f}$ médio para a eletricidade consumida	53
Tabela 5.10 - Média e desvio padrão do $F_{p/f}$ médio para cada mês do ano de 2010	55
Tabela 5.11 - Valores por hora do $F_{p/f}$ para o ano de 2010	56
Tabela 5.12 - Média do fator para cada mês	56
Tabela 5.13 - Média para o ano de 2010 dos valores médio e marginal	57
Tabela 5.14 - Média para o ano de 2010 dos valores médio e marginal	58

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas

AQS	Águas Quentes Sanitárias
DL	Decreto-lei
DEEC	Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
DGED	Direção Geral de Energia e Geologia
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
PRE	Produção em Regime Especial
PRO	Produção em Regime Ordinário
REN	Rede Elétrica Nacional
RNT	Rede Nacional de Transporte
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

Lista de símbolos

GWh	Gigawatt-hora
MW	Megawatt
kW	Quilowatt
Gcal	Gigacalorias
Ton	toneladas
GJ	Gigajoule
MWh	Megawatt-hora
kWh	Quilowatt-hora
kg _{ep}	Quilograma equivalente de petróleo
kWh _{el,f}	Quilowatt-hora de eletricidade final

Capítulo 1

Introdução

Em linha com o que acontece num número crescente de países da União Europeia, em Portugal o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE, DL78/2006) avalia o desempenho energético dos edifícios em Energia primária. Para o efeito, a metodologia de cálculo associa a cada vetor energético um fator de conversão entre energia primária e energia final. Para a eletricidade esse valor é de 0.29 kgep/kWh (DL 80/2006). Sabe-se porém que na realidade este valor varia continuamente ao longo das horas do dia e do ano, nomeadamente em função de disponibilidade de recursos renováveis e do despacho dos centros electroprodutores. Interessa assim estudar a sua distribuição temporal de modo a, eventualmente se promoverem estratégias que tentem deslocar consumos de eletricidade das horas em que a eletricidade tem maior pegada fóssil para aquelas em que essa pegada é menor.

De particular relevância é o facto de o fator 0.29 kgep/kWh penalizar bastante o uso de eletricidade para o aquecimento ambiente e/ou águas quentes sanitárias (AQS). Porém uma vez que no sector residencial tais consumos podem ocorrer mais concentrados à noite e no Inverno, a dinâmica temporal pode ser importante.

O presente trabalho propõe um método de análise temporalmente desagregada da produção elétrica em Portugal, revelando no cálculo do fator de conversão primária-final de forma temporalmente desagregada (base horária) ao longo do ano de 2010. Pretende-se desta forma proporcionar uma melhor base de discussão para certificação energética dos edifícios, nomeadamente no que respeita ao uso da eletricidade para suprir serviços como o aquecimento ambiente ou água quente sanitária.

A dissertação foi desenvolvida no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, major em Energia e especialização em Redes, lecionado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

1.1 - Objetivos de estudo

O objetivo principal do trabalho é o de efetuar o cálculo do fator de conversão primária-final da eletricidade de forma temporalmente desagregada, se possível por hora do ano. Assumiu-se como preferencial que o cálculo fosse para anos concretos recentes. Admitiu-se também como desejável que o estudo pudesse contemplar o cálculo do “fator médio” e do “fator marginal”, em variantes como fator de energia primária fóssil, fator de energia primária total e fator de gases com efeito de estufa. Pretendeu-se ainda explorar formas de comunicação dos resultados obtidos, como seja a representação em carpet plot.

Pretende-se com este trabalho, portanto averiguar se o fator de conversão primária-final da eletricidade em Portugal é adequado à realidade recente, e se com uma análise mais profunda da realidade de consumo no nosso país, seria possível baixar esse fator para alguns usos que se concentrem especialmente em alguns meses do ano ou horas do dia.

1.2 - Enquadramento geral

Nas sociedades modernas, o sector energético é um dos sectores vitais para a economia. Com esta ideia em mente, percebe-se que a utilização da energia de uma forma irracional tem implicações sérias na fatura energética nacional, pelo que é necessária a adoção de estratégias e políticas que incentivem uma utilização cada vez mais racional da energia, políticas essas que se encontrem totalmente integradas com as políticas económicas, sociais e ambientais.

Nos últimos anos, o mundo tem assistido a uma revolução no sector energético. Esta revolução, provocada por cortes no abastecimento energético, pela flutuação quase diária nos preços dos combustíveis, pelas alterações climáticas cada vez mais evidentes e mais recentemente, pelos fortes impactos que a crise financeira global produziu, também nos mercados energéticos, obrigou a uma mudança radical de atitude perante a forma como se abordarão as questões energéticas no futuro.

É consensual a nível mundial a necessidade de melhorar a qualidade dos edifícios e reduzir os consumos de energia e as correspondentes emissões de gases que contribuem para o aquecimento global ou efeito de estufa, sabendo que o sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas eficiência energética, o que pode

representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂ - quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto. Portugal comprometeu-se a reduzir as emissões quando subscreveu o protocolo de Quioto, tendo o correspondente esforço de redução de ser feito por todos os sectores consumidores de energia, nomeadamente pelo dos edifícios.

Para fazer face a esta situação, têm-se vindo a promover um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. Surge então neste contexto a Diretiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Os objectivos da Diretiva comunitária nº 2002/91/CE passam pelo enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios, aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios bem como dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação. Destaque para a necessidade da implementação de um sistema de certificação energética, mais precisamente o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE) de forma, a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, e de assegurar a aplicação dos regulamentos de energia em edifícios. A implementação em Portugal envolve os seguintes documentos legislativos:

- Decreto Lei n.º 78/2006, DR I Série - A, n.º 67, de 4 de Abril (SCE)
- Decreto Lei n.º 79/2006, DR I Série - A, n.º 67, de 4 de Abril (RSECE)
- Decreto Lei n.º 80/2006, DR I Série - A, n.º 67, de 4 de Abril (RCCTE)

1.3 - Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos.

No primeiro capítulo são contextualizadas a temática do trabalho no panorama atual, a motivação que levou à realização deste estudo e os principais objetivos a atingir.

No segundo capítulo é feita uma pequena introdução da energia, plano energético no nosso país e da certificação energética em edifícios.

No terceiro é feita uma pequena introdução sobre certos conceitos importantes, como a relação entre energia primária e final com destaque para a discussão de temas como consumo marginal, médio e a unidade tep.

No capítulo quatro é descrita a metodologia utilizada para a obtenção do fator primária-final da eletricidade para todas as horas do ano.

No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos, ou seja, o valor do fator de conversão horário, para cada um dos anos em estudo.

No sexto e último capítulo são apresentadas as conclusões retiradas do trabalho realizado, como também propostas sobre possível trabalho futuro a realizar.

Capítulo 2

Energia em Portugal

Neste capítulo é efetuado breve introdução à situação energética do nosso país. A dependência externa, a evolução do consumo, a repartição da produção entre fontes renováveis e não renováveis em Portugal são outros dos temas discutidos neste capítulo.

Introduz-se ainda uma explicação das políticas energéticas no geral, dando especial ênfase aos objetivos destas e à forma como são caracterizadas. Por último é abordado o tema de a certificação energética de edifícios.

2.1. Produção elétrica em Portugal

Nas últimas décadas, a energia eléctrica assumiu importância vital no funcionamento de qualquer economia. Desde o simples consumidor doméstico às grandes indústrias a eletricidade é usada e valorizada como um bem essencial, sendo o grande desafio das redes eléctricas assegurar a qualidade e continuidade do abastecimento a todos os consumidores.

Nos últimos anos tem havido uma aposta nos recursos energéticos renováveis por parte de governos como de entidades privadas. Foram estabelecidos protocolos com objetivos de reduzir as emissões de gases que contribuem para o aquecimento global, originados em grande parte pela produção de eletricidade a partir de combustíveis fósseis e, nesse sentido, é crescente a importância da utilização de formas de produção de energia limpa a partir de fontes renováveis.

A União Europeia tem como objectivo a redução da emissão dos gases de efeito de estufa na Europa em cerca de 20% até 2020 e Portugal, como estado membro, está comprometido com esse mesmo objectivo.



Figura 2.1 - Repartição da produção energética em Portugal [fonte: REN]

Na operação de um sistema eléctrico de energia básico, consideram-se dois pontos fundamentais: a produção e o consumo de energia.

Estes pontos, assim como a sua conjugação, devem ser previstos e planeados minuciosamente de forma a minimizar todos os custos operacionais, respeitando as diversas restrições existentes. Neste contexto, a utilização na produção de fontes renováveis conjugado com os grupos térmicos já existentes, cuja influência se pretende diminuir, deve ser feita de forma ponderada, respeitando os limites operacionais tanto dos próprios geradores, como de todos os elementos constituintes do sistema eléctrico em questão.

Por outro lado, a energia proveniente de fontes renováveis é um recurso de disponibilidade muito variável, devido à sua fonte primária depender dos agentes atmosféricos no momento.

A previsão da quantidade de potência disponível em determinado instante é feita com base nos dados meteorológicos disponíveis, o que condiciona a tomada de decisão por parte do operador do sistema no momento de conciliação com os restantes focos de produção.

Como o princípio base da operação do sistema de energia passa por ajustar o plano de produção ao consumo previsto para um determinado intervalo de tempo, é necessário conhecer previamente o diagrama de cargas que se pretende alimentar.

Os consumos energéticos estão associados à atividade socioeconómica, sendo por isso variáveis ao longo do tempo, com horas de maior e de menor procura. Nesse sentido, é usual serem representados por períodos horários estabelecidos diariamente. Os valores de potência consumida em cada hora são determinados a partir de elementos estatísticos dados pelo consumo real no mesmo dia de anos anteriores e considerando a evolução de consumos prevista para o ano corrente.

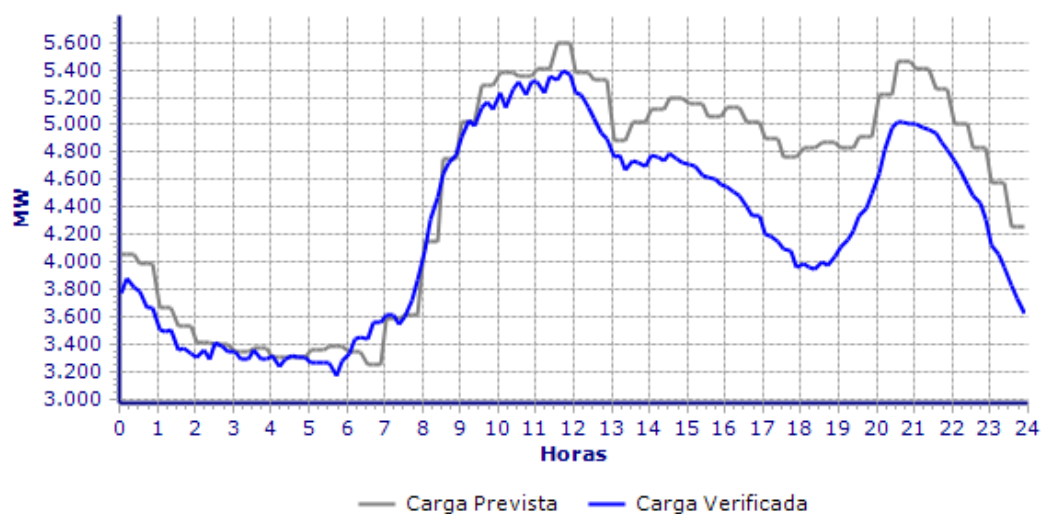


Figura 2.2 - Diagrama de cargas da RNT (01.04.2010) [fonte: REN]

Posteriormente é necessário avaliar os recursos disponíveis para a produção. O diagrama é preenchido em primeira instância pelos grupos de Produção em Regime Especial. As máquinas de arranque lento, i. e., com resposta a pedidos de potência não imediata, compõem o patamar seguinte do diagrama. São geradores que partem de um processo de combustão de determinada substância de forma a elevar a temperatura do vapor de água que aciona a turbina, daí o seu atraso na resposta à procura.

Os picos de potência do diagrama são preenchidos por energia proveniente de recursos hídricos, cuja resposta é praticamente instantânea no contexto do problema. Caso a disponibilidade dos recursos hídricos não seja suficiente para assegurar a procura, procede-se à importação de energia de sistemas vizinhos, embora seja uma medida de recurso pelos encargos financeiros que acarreta. Estas tomadas de decisão são da responsabilidade do operador do sistema e são efectuadas nos centros de despacho.

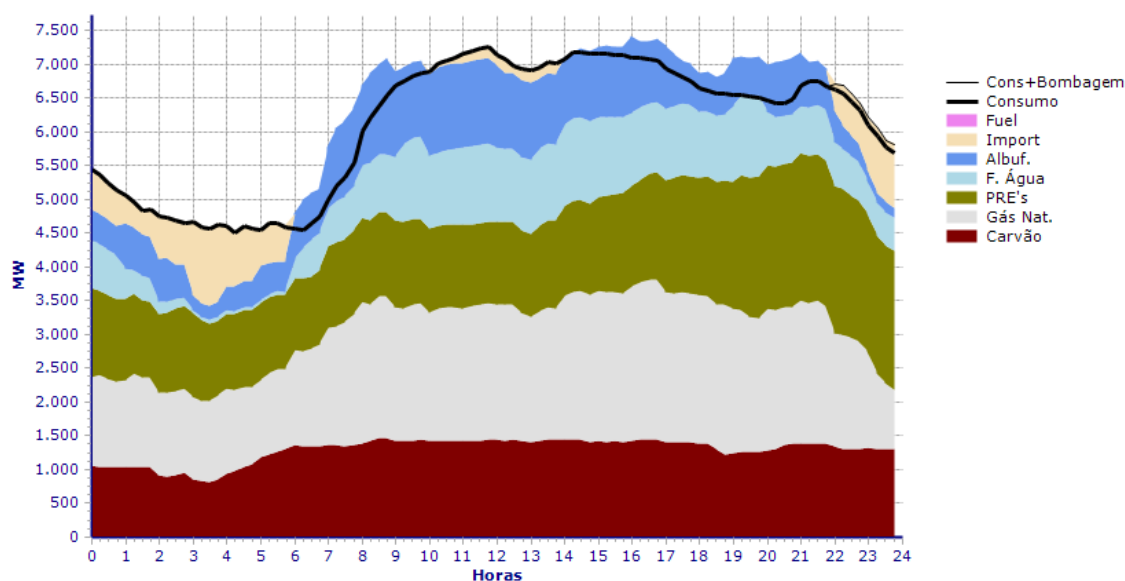


Figura 2.3 - Diagrama de consumo total (01.04.2010) [fonte: REN]

Na figura 2.4 pode ser observada a evolução do consumo em Portugal entre os anos de 2002 e 2011. De notar que com a passagem dos anos o consumo tem vindo a diminuir com exceção para o ano de 2010 que por motivos atípicos de pouca precipitação, foi um ano de seca, aumentou em relação aos anos anteriores.

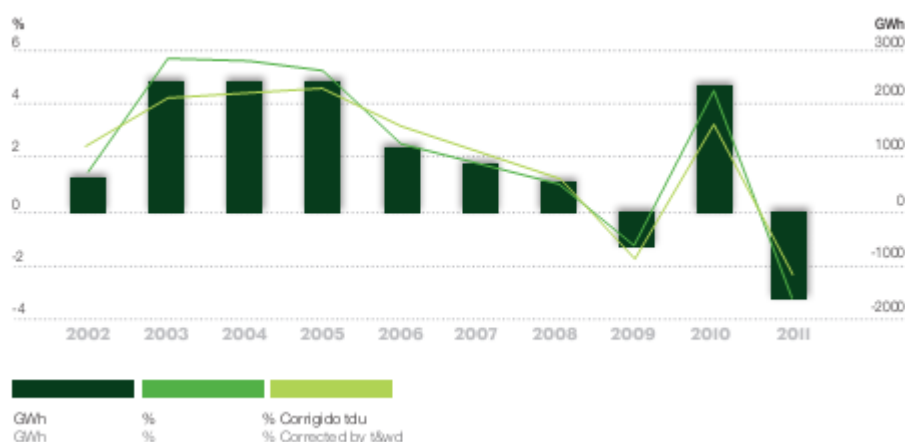


Figura 2.4 - Evolução do consumo [fonte: REN]

2.2. Política Energética

Os objetivos de uma política energética são três:

- Aumento da segurança do abastecimento;
- Diminuição dos preços;
- Redução do impacto ambiental.

A caracterização da situação energética de um país baseia-se na avaliação dos recursos energéticos disponíveis e quantificação dos fluxos das várias formas de energia e da sua repartição pelos vários sectores que definem a estrutura económica nacional.

A quantificação dos fluxos encontra expressão na elaboração do Balanço Energético Nacional, que consiste, incontestavelmente, no instrumento de diagnóstico e de análise do sistema energético, o ponto de partida para os estudos de planeamento, sem esquecer que constitui o instrumento de apoio necessário à verificação da coerência dos trabalhos de previsão.

A análise crítica baseia-se no tratamento dos dados disponibilizados pelo Balanço Energético orientada para a implementação de medidas, quer de criação de infraestruturas de produção de energia quer de racionalização do sistema energético, tendo em consideração outros factores tais como o crescimento da população e do bem-estar.

A atuação na estrutura energética materializa-se na definição de instrumentos de atuação, os quais podem ter a seguinte classificação:

- Instrumentos passivos;
- Instrumentos ativos.

A atuação na estrutura energética pode ser feita através de ações que as entidades governamentais podem implementar mas que, por si só, não se refletem em benefício energético. Trata-se de ações legislativas de incentivo ao investimento em conservação de energia ou incentivo ao consumo de outras formas de energia e à liberalização da atividade na área energética. Ou então através da criação de infraestruturas energéticas, à elaboração de regulamentos de cumprimento obrigatório e à introdução de novas formas de energia. Tem que haver também uma orientação governamental da política das grandes empresas de produção, transporte e distribuição de energia, onde se destaca a eletricidade, os combustíveis líquidos e o gás natural. A liberalização do mercado da eletricidade, com a criação de uma entidade reguladora independente é um exemplo deste tipo de ações.

2.3. Certificação energética de edifícios

No contexto do trabalho realizado é importante saber que papel os fatores de conversão entre energia útil e energia primária têm no cálculo do desempenho energético dos edifícios, papel este que poderá ser observado mais à frente neste capítulo.

O Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior é a face visível da aplicação dos regulamentos (RCCTE e RSECE). Este inclui a classificação do imóvel em termos do seu desempenho energético, determinada com base em pressupostos nominais (condições típicas ou convencionadas de funcionamento).

A classificação do edifício segue uma escala pré-definida de 7+2 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético. Embora o número de classes na escala seja o mesmo, os edifícios de habitação e de serviços têm indicadores e formas de classificação diferentes.

Os edifícios existentes podem ser classificados com qualquer uma das classes energéticas, os edifícios novos (com pedido de licença de construção após entrada em vigor do SCE), são classificados apenas entre as classes A+ e B-.

As metodologias de cálculo utilizadas na determinação da classe energética de um edifício dependem da sua tipologia. A Classificação Energética de edifícios de habitação (com e sem sistemas de climatização) e pequenos edifícios de serviços sem sistemas de climatização ou com sistemas de climatização inferior a 25 kW de potência instalada, é calculada a partir da expressão $R = N_{tc}/N_t$, em que N_{tc} representa as necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes e o N_t o valor limite destas. Na seguinte figura 2.5 apresenta-se a escala utilizada na classificação energética deste tipo de edifícios.



Classe energética	R = N _{tc} /N _t
A+	R ≤ 0,25
A	0,25 < R ≤ 0,50
B	0,50 < R ≤ 0,75
B-	0,75 < R ≤ 1,00
C	1,00 < R ≤ 1,50
D	1,50 < R ≤ 2,00
E	2,00 < R ≤ 2,50
F	2,50 < R ≤ 3,00
G	3,00 < R

Figura 2.5 - Escala de classificação de edifícios sem sistemas de climatização ou com sistemas de inferiores a 25 kW de potência instalada. [fonte: ADENE]

De seguida são apresentadas as equações relevantes, dentro do contexto do estudo a ser feito, para o cálculo do desempenho energético dos edifícios [13]:

$$N_{tc} = 0.1 \times \left(\frac{N_{ic}}{\eta_i} \right) \times F_{pui} + 0.1 \times \left(\frac{N_{vc}}{\eta_v} \right) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}) \quad (2.1)$$

Onde:

N_{ic} - representa as necessidades de aquecimento do edifício (kWh/m².ano);

η_i - corresponde à eficiência nominal dos equipamentos de aquecimento;

F_{pui} - corresponde ao fator de conversão de energia final para energia primária para aquecimento (kgep/kWh);

N_{vc} - representa as necessidades de arrefecimento do edifício (kWh/m².ano);

η_v - corresponde à eficiência nominal dos equipamentos de arrefecimento;

F_{puv} - corresponde ao fator de conversão de energia final para energia primária para arrefecimento (kgep/kWh);

N_{ac} - representa as necessidades de preparação de AQS do edifício (kWh/m².ano);

F_{pua} - corresponde ao fator de conversão de energia final para energia primária para arrefecimento (kgep/kWh).

$$N_t = 0.9 \times (N_i \times 0.01 + N_v \times 0.01 + N_a \times 0.15) \quad (\text{kgep/m}^2 \cdot \text{ano}) \quad (2.2)$$

Onde:

N_i - representa as necessidades máximas de aquecimento (kWh/m².ano);

N_a - representa as necessidades máximas de preparação de AQS (kWh/m².ano);

N_v - representa as necessidades máximas de arrefecimento (kWh/m².ano).

O RCCTE obriga a que $N_{tc} < N_t$, ou seja que as necessidades de energia primária do edifício (ou fração autónoma) sejam sempre menores que as necessidades máximas permitidas.

Da análise da equação 2.1 e 2.2 consegue-se observar que os fatores de conversão têm uma ligação direta no cálculo da eficiência energética dos edifícios daí importância de minimizar os valores destes fatores com objetivo de penalizar menos os consumidores.

Para a classificação energética de edifícios de serviços com sistemas de climatização superior ou igual a 25 kW de potência instalada, RSECE, para edifícios novos, é usado um procedimento de cálculo mais detalhado com a inclusão de um maior número de fatores como por exemplo, iluminação, equipamentos de escritório, eficiência dos sistemas de ventilação entre outros. Para edifícios existentes ao contrário do RCCTE, a RSECE exige que se a eficiência do edifício é demasiado baixa é obrigatório efetuar-se melhorias no edifício. Para o caso do RSECE é utilizada a escala apresentada na figura 2.6.



Classe energética	IEE _{nom} (kgep/m ² .ano)
A+	$IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,75.S$
A	$IEE_{ref} - 0,75.S < IEE_{nom} < IEE_{ref} - 0,50.S$
B	$IEE_{ref} - 0,50.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} - 0,25.S$
B-	$IEE_{ref} - 0,25.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref}$
C	$IEE_{ref} < IEE_{nom} < IEE_{ref} + 0,5.S$
D	$IEE_{ref} + 0,5.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + S$
E	$IEE_{ref} + S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 1,5.S$
F	$IEE_{ref} + 1,5.S < IEE_{nom} \leq IEE_{ref} + 2.S$
G	$IEE_{ref} + 2.S < IEE_{nom}$

Figura 2.6 - Escala de classificação de edifícios com sistemas de climatização superior ou igual a 25 kW de potência instalada. [fonte: ADENE]

Atualmente os fatores de conversão entre energia útil e primária utilizados em Portugal são os seguintes [3]:

- Eletricidade: $F_{pu} = 0.29$ kgep/kWh;
- Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos: $F_{pu} = 0.086$ kgep/kWh.

Os valores indicados terão que ser afetados pela eficiência nominal dos equipamentos utilizados para aquecimento e arrefecimento. Na falta de dados precisos, devem ser adotados os valores de referência [3]:

- Resistência eléctrica: 1;
- Caldeira a combustível gasoso: 0,87;
- Caldeira a combustível líquido: 0.8;
- Caldeira a combustível líquido: 0.6;
- Bomba de calor (aquecimento): 4;
- Bomba de calor (arrefecimento): 3;
- Máquina frigorífica (ciclo de compressão): 3;
- Máquina frigorífica (ciclo de absorção): 0.8;

Capítulo 3

Energia primária e Energia final

Neste capítulo vai ser apresentada uma breve explicação sobre a transformação de energia, ou seja, mais precisamente a relação entre energia primária e energia final com principal destaque para a apresentação de conceitos como consumo médio e marginal e ainda a unidade tep.

3.1. Transformação de energia

Os processos de transformação de energia são inúmeros, assim como variadas as fontes e as formas de energia. Pode-se então estruturar a transformação de energia da seguinte forma [10]:

- Energia primária
- Energia final
- Energia útil
- Energia produtiva

Em primeiro lugar é apresentada a energia final, que é a forma comercial da energia. A energia final é o tipo de energia medida nos contadores, seja à entrada das habitações domésticas ou até mesmo de fábricas. A sua unidade depende da forma de energia, kg no fuelóleo, m³ no gás natural, litros na gasolina, kWh na eletricidade. Toda a energia final sofreu processos de transformação a montante e destina-se a ser utilizada em equipamentos para conversão final, como é o caso de uma simples lâmpada. Na realidade, a qualquer transformação energética está associada uma degradação energética. A energia final situa-se então entre a energia primária e a energia útil. Nos combustíveis a energia final é avaliada com base no poder calorífico destes, ou seja, com base na energia que é libertada na sua queima.

A energia primária é a verdadeira fonte energética, ou seja, é a energia tal como entra no sistema energético. Este tipo de energia pode ser de origem renovável, fóssil, mineral ou ser o resultado de resíduos.

Usando como referência a energia final, a energia primária resulta da adição à energia final de todas as perdas de energia resultantes do processo de transformação de energia primária em final.

Estas perdas de energia podem estar associadas quer ao transporte da energia quer à transformação de energia, e resultam tanto de insuficiências da tecnologia como de limitações termodinâmicas (2ª lei).

Como tal a energia primária é sempre superior à energia final. O mesmo se verifica no caso da energia renovável, pois apesar da parcela de perdas na transformação de energia, eólica para energia elétrica, pode ser considerada nula, continuam a existir perdas de transporte dessa energia elétrica.

Por exemplo, se uma central eléctrica tiver um rendimento de 40%, isso significa que por cada 100 unidades de energia primária entrada na central (por exemplo carvão), apenas se obtêm 40 unidades de energia final (energia eléctrica). Este mesmo raciocínio é também aplicável às transformações que sofre a energia final no utilizador, para que este disponha da energia de que carece (energia útil) sob a forma, por exemplo, de calor, energia motriz, iluminação, etc. Pode-se então dizer que a energia útil está diretamente relacionada com a eficiência dos equipamentos que consomem energia final.

Por fim, o conceito de energia produtiva está relacionado com a eficácia da utilização da energia. De pouco serve ter lâmpadas muito eficientes se as luzes estão ligadas numa sala vazia. A energia produtiva difere subjetivamente da energia útil, e a ela estão associados conceitos de produtividade, uma vez que a mesma quantidade de energia pode estar associada a valores muito diferentes de geração de riqueza.

A eletricidade pode ser produzida com base em recursos renováveis, como é o caso por exemplo da energia eléctrica com origem eólica, solar, hídrica, ou então pode ser produzida com base em recursos não renováveis como é o caso dos combustíveis fósseis (petróleo e carvão mineral).

Nas centrais hidroeléctricas a eletricidade é produzida através da conversão da energia potencial das águas contidas nos lagos e rios em energia mecânica através da sua condução por um circuito hidráulico até uma turbina, fazendo-a girar, que por sua vez faz funcionar o alternador, permitindo obter energia eléctrica. Estas centrais podem ser do tipo albufeira ou do tipo fio de água. No primeiro caso a água é armazenada em albufeira, podendo assim produzir eletricidade quando se pretende. Nas centrais a fio de água a produção eléctrica está relacionada com o caudal do rio. A produção hídrica divide-se ainda nos grandes aproveitamentos e nas mini-hídricas.

A produção eléctrica com base em energia eólica tem vindo a aumentar em Portugal, como está apresentada na figura 3.1, com uma taxa de crescimento média anual entre 2004 e 2011 de 34,6%.

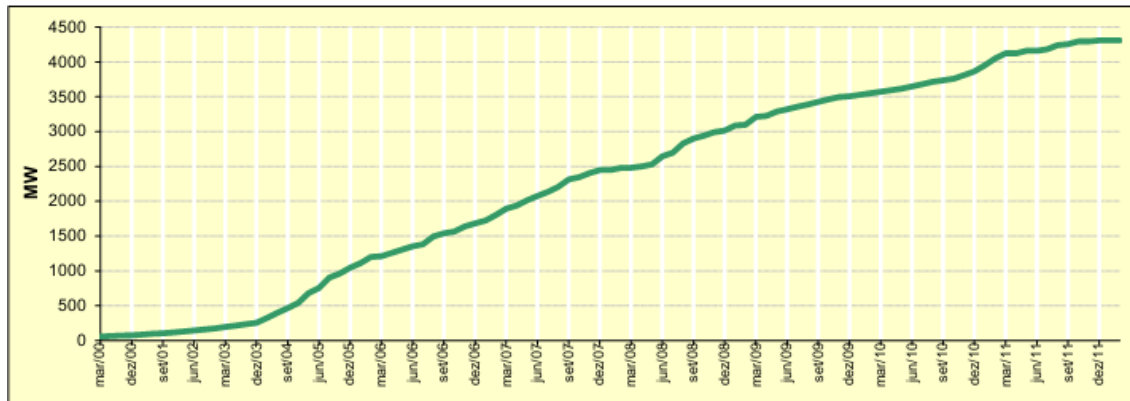


Figura 3.1 - Evolução da potência instalada de energia eólica em Portugal [fonte: DGED]

A energia eólica é proporcional ao cubo da velocidade do vento, o que amplia para a produção a grande variabilidade do vento, ou seja, é um recurso intermitente, pois o vento nem sempre sopra quando a eletricidade é necessária, e, naturalmente torna esta energia não ajustada ao perfil de consumo.

No caso das centrais termoelétricas, aos combustíveis queimados corresponde um determinado valor energético. No entanto a energia libertada na queima destes combustíveis não deve ser considerada como a energia primária, pois a sua utilização na central obrigou a um conjunto de operações de transporte e de transformação da matéria-prima em combustível utilizado nas centrais: petróleo bruto para fuelóleo ou de carvão da mina para carvão de consumo.

O diagrama ilustrado na figura seguinte, chamado diagrama de Sankey, procura evidenciar a energia primária com a energia produtiva e várias etapas de transformação.

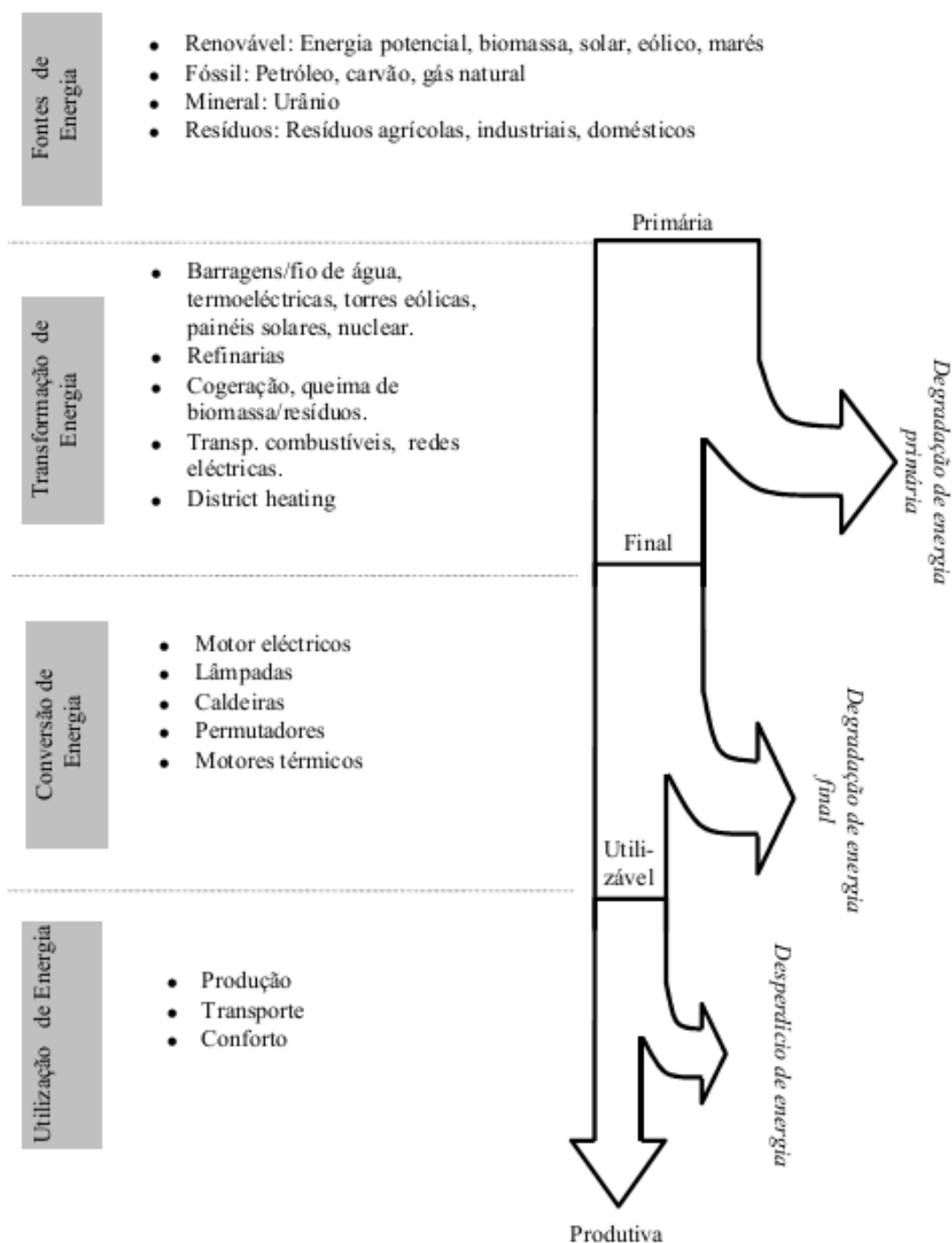


Figura 3.2 - Transformação da Energia [fonte [10]]

3.2. A unidade TEP

A tonelada equivalente de petróleo, tep, é a unidade de energia consagrada mundialmente. Para efeitos de contabilidade energética é necessário converter para a mesma unidade os consumos e/ou produções de todas as formas de energia. A unidade usualmente utilizada, tep, corresponde a um hipotético petróleo que liberta na sua combustão um calor correspondente a 10 Gcal/ton (ou 41,87 GJ/ton). No caso da energia elétrica, contabilizada em kWh a relação entre as duas unidades é de $1\text{ tep} = 11,63\text{ kWh}$.

3.3. Consumo médio e marginal

O conceito de consumo marginal assume neste trabalho que quando há solicitação de produção extra por parte do sistema energético, será a produtora de pior rendimento que produzirá essa energia, pois as produtoras com melhor rendimento já se encontram à carga máxima. Estabelece-se assim uma relação de elasticidade entre energia primária e a energia final.

Para a aplicação mais rigorosa do conceito de consumidor marginal teria que haver uma permanente avaliação do coeficiente.

O conceito de consumidor médio considera que todos os consumos são tratados por igual, têm a mesma importância. Enquanto com o conceito de marginal vai haver uma penalização da média do consumo de energia primária de um novo consumidor, mas em compensação valoriza acima da média a poupança de energia primária por haver uma redução do consumo de energia final.

Capítulo 4

Metodologia

Neste capítulo são descritos os vários elementos que concorrem para o processo de cálculo do fator de conversão primária_{fóssil}-final da eletricidade, desde o cálculo do fator de conversão numa base anual, os fatores médio e marginal numa base horária.

4.1. Cálculo do fator médio

4.1.1. Cálculo do fator de conversão numa base anual

Numa primeira fase é necessário calcular para cada uma das tecnologias, não renováveis (pois para renováveis este fator é zero), o fator médio de conversão primário-final da eletricidade numa base anual.

Em função de valores retirados do balanço energético para o ano de 2010, da quantidade de energia primária, calor e eletricidade produzida com cada uma das tecnologias, é necessário calcular em primeiro lugar o Input, em toneladas equivalentes de petróleo, para cada uma das tecnologias. Para isso utiliza-se então a seguinte expressão:

$$Input = QEP \times \frac{E_{tep}}{E_{tep} + Calor} (tep), \quad (4.1)$$

onde:

QEP - é a quantidade de energia primária usada para produzir eletricidade;

E_{tep} - representa a eletricidade produzida por cada tecnologia em tep;

Calor - quantidade de calor libertado que é reutilizado em tep.

De seguida e após recolhidos os dados relativos à produção líquida por cada tecnologia, foi possível calcular a energia elétrica produzida total, em MWh, durante o ano, para cada tecnologia, para então ser calculado o fator de conversão, numa base anual, através da seguinte expressão:

$$F_{p/f, tecnologia} (j) = \frac{Input}{Ec_{MWh}} (kg_{ep}/kwh_{el}, f) \quad (4.2)$$

onde Ec_{MWh} é a eletricidade consumida por cada tecnologia em MWh e o Input é a proporção entre quantidade de energia primária e a quantidade de eletricidade produzida por essa tecnologia.

De notar que a energia consumida (Ec_{MWh}) é a energia produzida com a inclusão das perdas, ou seja:

$$Ec_{MWh} = Ep_{MWh} - (Ep_{MWh} * Perdas). \quad (4.3)$$

onde Ep_{MWh} é a eletricidade produzida por cada tecnologia em MWh.

Sendo as perdas resultado da seguinte expressão:

$$Perdas (\%) = \times \frac{(Produção+Importação)-(Consumo+Exportação)}{(Produção+Importação)} \quad (4.4)$$

É de salientar também que os valores da produção, importação, exportação e consumo, são valores anuais, pois são as perdas totais no transporte e distribuição de eletricidade.

Tem-se então calculado o fator de conversão de energia primária-final para a eletricidade, para cada tecnologia e numa base anual, ou seja, para um ano inteiro, $F_{p/f,tecnologia}(j)$.

Após efetuado o calculo deste fator, parte-se então para o cálculo do fator mas numa base horária, ou seja, para cada hora do ano.

4.1.2. Cálculo do fator de conversão numa base horária

É necessário agora calcular o peso de cada tecnologia na produção elétrica em cada hora, o *share*. O *share* vai ser calculado através da expressão (4.5). A soma do peso energético de todas as tecnologias terá que ser 1, como está demonstrado na expressão (4.6).

$$Sh(j, i) = \frac{T(j,i)}{\sum_{j=1}^N T(j,i)} \quad (4.5)$$

$$\sum_{j=1}^N Sh(j, i) = 1 \quad (4.6)$$

onde:

$S_h(j,i)$ - representa o *share*, peso de cada tecnologia j na produção, para cada hora i ;

$T(j,i)$ - representa a produção de cada tecnologia j , a cada hora i ;

Após o cálculo do share, efetua-se então o cálculo do conteúdo de energia primária fóssil (C.E.P.F), que será zero para tecnologias renováveis.

$$C. E. P. F(i) = Sh(j, i) \times F_{p/f,tecnologia}(j) \quad (4.7)$$

onde:

$F_{p/f, tecnologia(j)}$ - representa o fator primário-final para cada uma das tecnologias (kgep/kWhel,f);

$S_h(j,i)$ - representa o *share*, peso de cada tecnologia j na produção, para cada hora i ;

Por fim calcula-se o fator de conversão primária-final da eletricidade de forma temporalmente desagregada, por hora do ano ($F_{p/f, final}(i)$). O cálculo desse fator é feito somando o conteúdo de energia primária fóssil de cada uma das tecnologias, como está demonstrado através da seguinte expressão:

$$F_{p/f, final}(i) = \sum_{j=1}^N C. E. P. F(j) \quad (4.8)$$

onde C.E.P.F (j) representa o fator de conversão primária-final da eletricidade de forma temporalmente desagregada.

4.2. Cálculo do fator marginal

No cálculo do fator marginal, assume-se uma requisição extra de potência devido a um aumento na carga, e uma compensação de potência para o pior caso possível, ou seja, compensação com tecnologias de origem não renovável.

O valor do fator marginal para ser obtido com mais rigor, deveria ter sido calculado tendo em conta critérios económicos. Isto não foi possível pois a informação disponível não era suficiente. Optou-se então por usar as 3 tecnologias não renováveis de forma igual, para o cálculo deste fator.

O tipo de central a usar, quando há a solicitação de produção extra por parte do sistema energético, será umas das produtoras a carvão, fuelóleo ou gás natural, pois assume-se que as produtoras com origem renovável, já se encontram a produzir o máximo possível naquele momento e também porque a energia proveniente de fonte renovável é um recurso de disponibilidade muito variável.

Vai então ser calculado o fator marginal de maneira a compensar o aumento de carga, com o aumento de produção dessas três energias não renováveis. O aumento de produção nestas três tecnologias vai ser feito conforme o seu peso (share) na produção total

de eletricidade, multiplicando o fator da tecnologia pelo share respectivo, dividindo depois pela soma dos shares dessas mesmas tecnologias, como se pode observar na expressão 4.9.

$$F_{p/f, \text{marginal}}(i) = \frac{F_{p/f \text{ carvão}} \times Sh_{\text{carvão}}(i) + F_{p/f \text{ gn}} \times Sh_{\text{gn}}(i) + F_{p/f \text{ fuel}} \times Sh_{\text{fuel}}(i)}{Sh_{\text{carvão}}(i) + Sh_{\text{gn}}(i) + Sh_{\text{fuel}}(i)} \quad (4.9)$$

onde:

$F_{p/f \text{ carvão}}$ - representa o fator de conversão de energia primária-final para a eletricidade para o carvão (kgep/kWh);

$F_{p/f \text{ gn}}$ - representa o fator de conversão de energia primária-final para a eletricidade para o gás natural (kgep/kWh);

$F_{p/f \text{ fuel}}$ - representa fator de conversão de energia primária-final para a eletricidade para o fuel (kgep/kWh);

$Sh_{\text{carvão}}$ - representa o *share* do carvão para cada hora i ;

Sh_{gn} - representa o *share* do gás natural para cada hora i ;

Sh_{fuel} - representa o *share* do fuel para cada hora i ;

Capítulo 5

Apresentação e Análise de Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com o método de cálculo, apresentado no capítulo 4.

Pretende-se com este processo de cálculo, averiguar se o valor do fator de conversão primária_{fóssil}-final da eletricidade atualmente utilizado em Portugal traduz a realidade e que, com uma análise mais aprofundada do consumo de energia elétrica, se o valor deste coeficiente que varia significativamente ao longo das horas do ano.

5.1. Dados de entrada

A produção anual em Portugal continental para o ano de 2010 foi retirada do website da REN [1]. Estes dados vinham em intervalos de 15 minutos e o objetivo do trabalho seria calcular o fator de conversão, mas para cada hora do ano. Foi então feita uma média para agrupar os intervalos por hora. De seguida, somaram-se as produções com a mesma origem, albufeiras, fios de água e PRE hidráulico, numa única produção chamada de hídrica, e ao consumo somou-se a bombagem.

Em anexo nas tabelas A.1 e A.2 encontra-se um exemplo dos dados para o primeiro dia do ano, em intervalos de 15 minutos e hora a hora, respetivamente, para o ano de 2010.

5.2. Resultados de 2010

Na tabela 5.1 estão registados os valores que resumem o ano de 2010, a produção, o consumo, a importação e a exportação.

Tabela 5.1 - Resumo do balanço no ano de 2010

Produção (MWh)	50260790
Importação (MWh)	4351076
Exportação (MWh)	1728299
Consumo (MWh)	52713101

Na tabela 5.2 estão apresentados os dados retirados do balanço energético nacional para 2010, como os valores calculados do Input, para cada tecnologia.

Tabela 5.2 - Balanço energético nacional e valores calculados do input. [fonte: DGED]

	Quantidade de energia primária (tep)	Calor (tep)	Eletricidade (tep)	Input (tep)
Carvão	1597427	0	1787691	1597427
Fuel	283091	0	1787691	283091
Gás Natural	1740776	0	1787691	1740776
PRE Térmico	1727369	1576692	616277	485432
Hídrica	0	0	0	0
PRE Eólica	0	0	0	0
PRE Fotovoltaico	0	0	0	0
Importação	0	0	0	0
Exportação	0	0	0	0

De seguida apresenta-se o valor das perdas de transporte e distribuição para o ano em estudo.

Tabela 5.3 - Perdas de transporte e distribuição

Perdas	9%
--------	----

Nas figuras 5.1 a 5.7 estão dispostos em percentagem o peso de cada uma das tecnologias para a produção líquida total do ano de 2010.

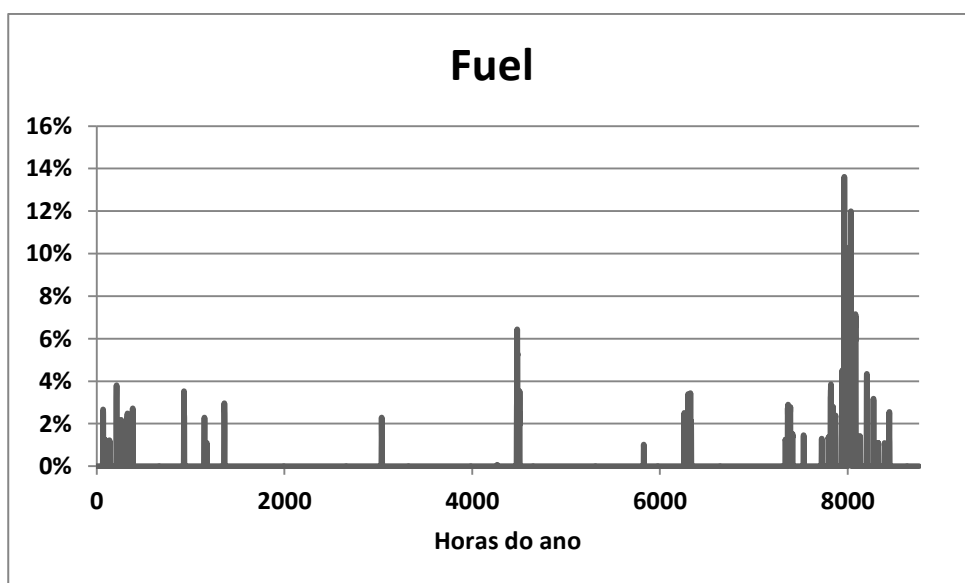


Figura 5.1 - Evolução do share do fuelóleo na potência produzida

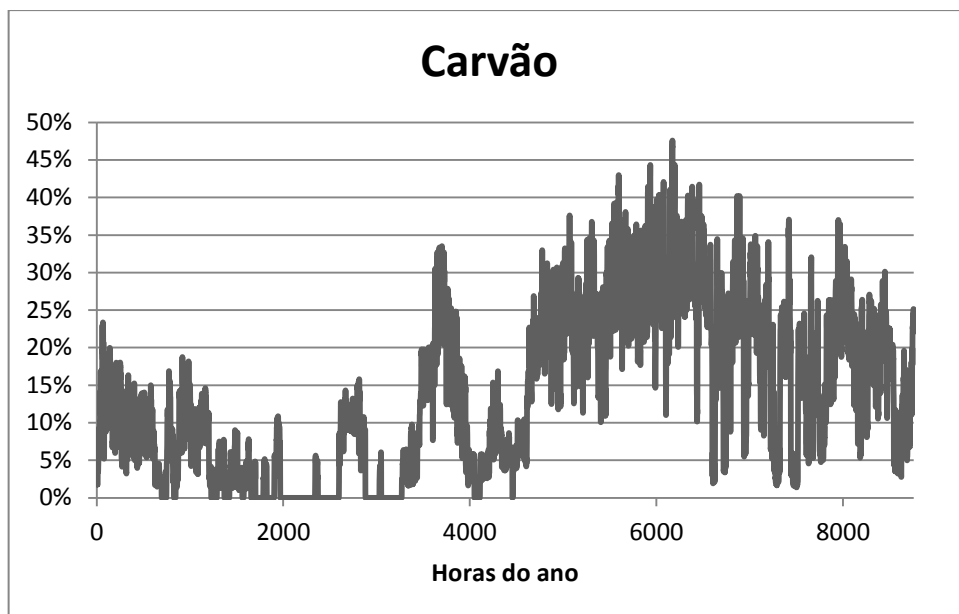


Figura 5.2 - Evolução do share do carvão na potência produzida

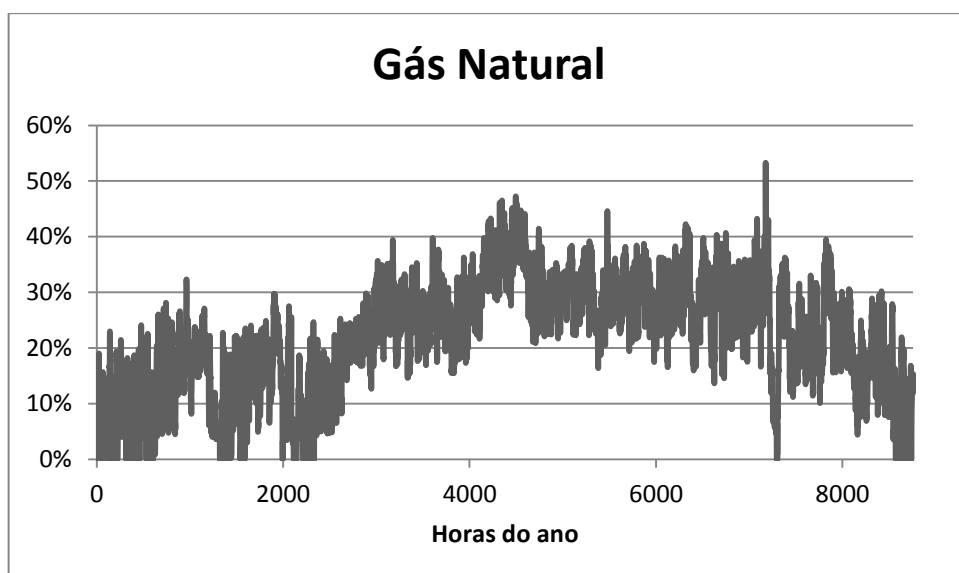


Figura 5.3 - Evolução do share do gás natural na potência produzida

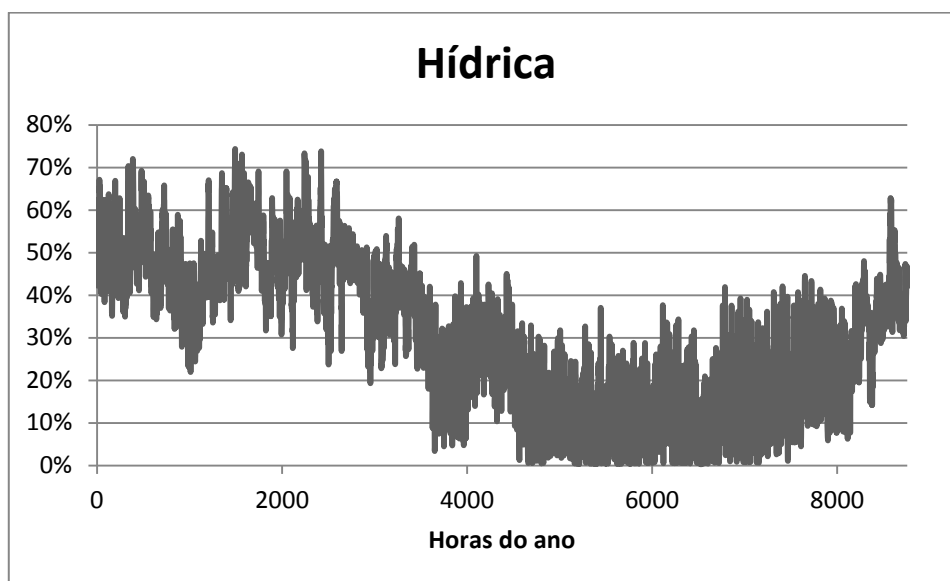


Figura 5.4 - Evolução do share da energia hídrica na potência produzida

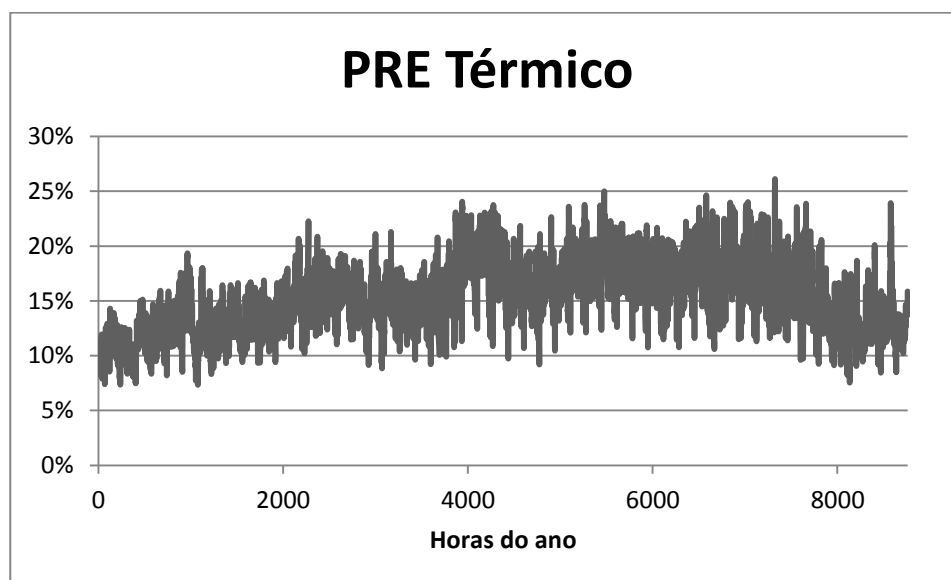


Figura 5.5 - Evolução do share da PRE térmica na potência produzida

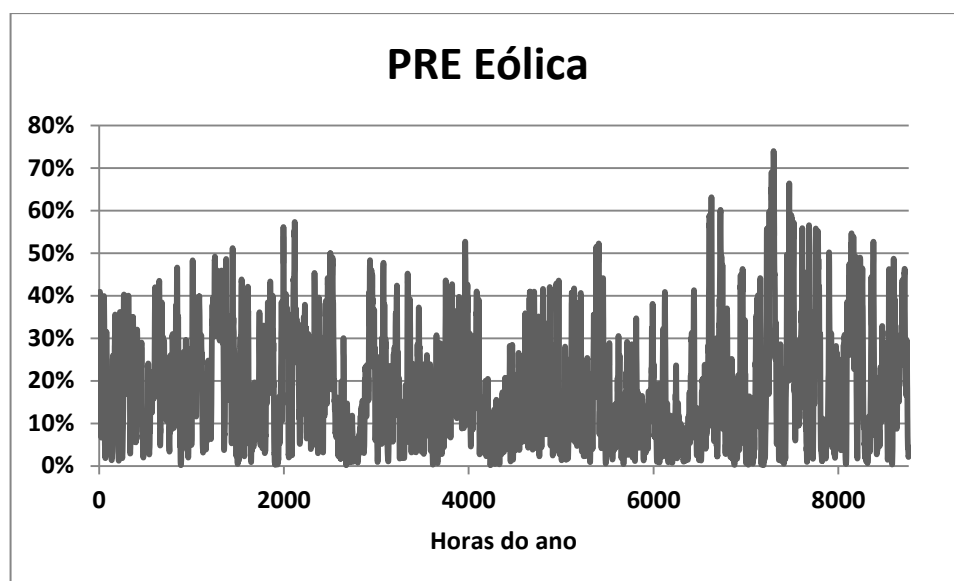


Figura 5.6 - Evolução do share da PRE eólica na potência produzida

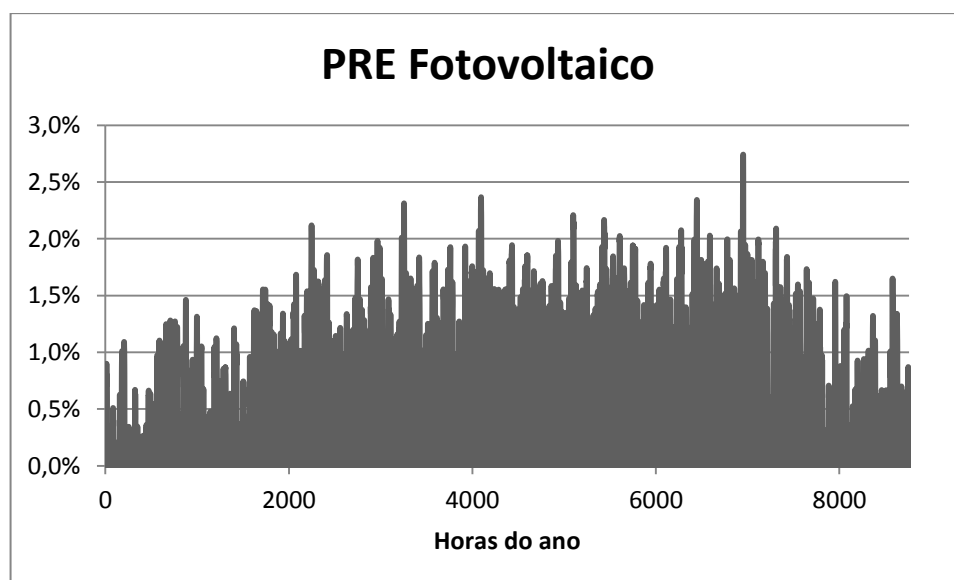


Figura 5.7 - Evolução do share do PRE fotovoltaico na potência produzida

Na tabela 5.4 é apresentada uma média dos shares de cada tecnologia na produção líquida do ano 2010. É de salientar que 47,41% da produção nacional para o ano de 2010 tem origem de fontes renováveis.

Tabela 5.4 - Valores médios do peso de cada tecnologia na produção

Carvão	Fuel	Gás Natural	Hídrica	PRE Térmico	PRE Eólica	PRE Fotovoltaico
12,29%	0,00%	22,70%	31,05%	14,89%	15,09%	0,01%

5.2.1. Fator médio

5.2.1.1. Fator médio para a eletricidade Produzida

Na tabela 5.5 estão apresentados os valores da eletricidade produzida em MWh, como também o valor do fator médio de conversão primária-final da eletricidade para cada tecnologia numa base anual, ou seja, para o ano de 2010.

Tabela 5.5 -Fp/f médio para a eletricidade produzida

	Eletricidade Produzida (MWh)	Fp/f (kgep/kWhel,f)
Carvão	6614459	0,24
Fuel	71452	3,96
Gás Natural	10761684	0,16
PRE Térmico	7311496	0,07
Hídrica	16271669	0
PRE Eólica	9021848	0
PRE Fotovoltaico	208182	0
Importação	4351076	0
Exportação	1728299	0

De notar que o valor do fator anual para o *fuel*, 3.96 kgep/kwhel, é substancialmente mais elevado que o das restantes tecnologias.

Na figura 5.8 é apresentada a evolução do fator médio de conversão para todas as horas do ano.

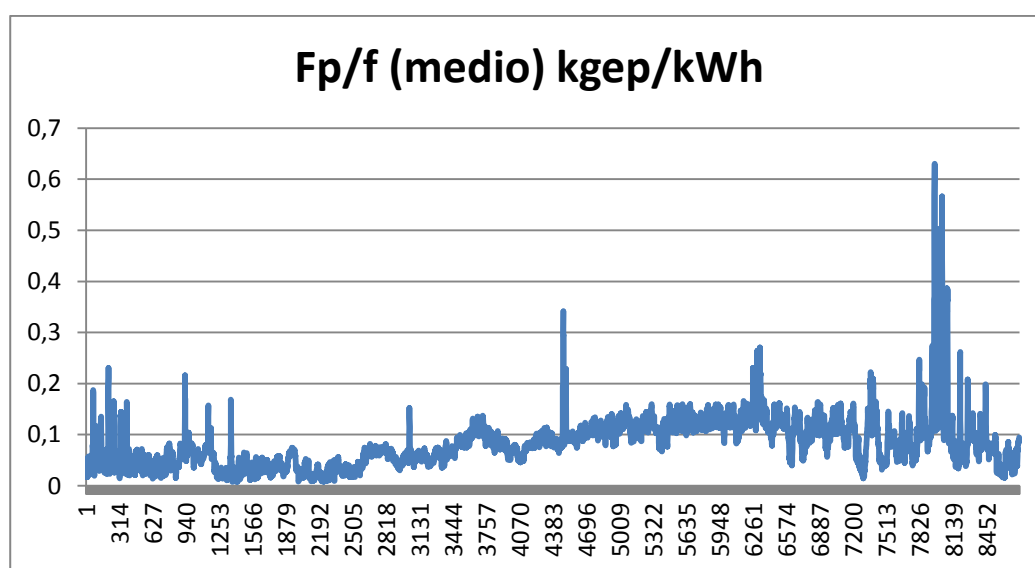


Figura 5.8 - Evolução do $F_{p/f, \text{médio}}$ durante o ano de 2010

A média do $F_{p/f, \text{ médio}}$ para o ano de 2010 é de 0,078 kgep/kWh.

Depois de uma análise cuidada dos *shares* de cada tecnologia e da evolução anual do $F_{p/f, \text{ médio}}$, conclui-se que o valor do fator chega a valores elevados quando há uma utilização mais significativa das centrais electroprodutoras que usam como combustível o fuelóleo, em que os picos de uso das centrais a fuelóleo, da figura 5.1 coincidem com os picos dos valores do fator de conversão da figura 5.8. Isto acontece apenas algumas horas no ano.

Na tabela A.3 dos anexos estão apresentados em mais pormenor os dias e horas em que este tipo de centrais alimentadas a fuelóleo tem maior utilização.

Foi realizada uma média horária do $F_{p/f, \text{ médio}}$ de conversão médio, para cada mês do ano, representada na tabela 5.6. Analisando a tabela verifica-se, como esperado, que há um aumento do $F_{p/f, \text{ médio}}$ nos meses mais quentes do ano, mais precisamente durante junho, julho agosto setembro e outubro. Este aumento no fator deve-se a uma diminuição natural, nesta época do ano, da produção de energia com origem em fontes renováveis, mais precisamente energia hídrica e eólica. Verifica-se também que há uma variação significativa do valor do fator durante o dia e a noite.

Tabela 5.6 - Média e desvio padrão do $F_{p/f}$ médio para cada mês do ano de 2010

Hora	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0 - 1	0,040	0,015	0,046	0,024	0,026	0,015	0,033	0,023	0,055	0,018	0,088	0,021	0,104	0,020	0,123	0,018	0,142	0,016	0,112	0,036	0,093	0,045	0,064	0,061
1 - 2	0,034	0,010	0,039	0,024	0,024	0,015	0,029	0,023	0,055	0,017	0,087	0,020	0,097	0,018	0,124	0,021	0,145	0,019	0,118	0,038	0,102	0,041	0,064	0,052
2 - 3	0,028	0,009	0,039	0,025	0,023	0,015	0,029	0,022	0,057	0,016	0,088	0,021	0,095	0,018	0,123	0,023	0,146	0,019	0,123	0,039	0,099	0,038	0,056	0,039
3 - 4	0,026	0,009	0,041	0,025	0,022	0,015	0,030	0,023	0,056	0,017	0,088	0,022	0,098	0,017	0,123	0,026	0,148	0,019	0,128	0,038	0,095	0,036	0,057	0,040
4 - 5	0,026	0,008	0,041	0,024	0,023	0,014	0,031	0,023	0,056	0,017	0,089	0,023	0,101	0,018	0,128	0,027	0,150	0,020	0,126	0,039	0,095	0,036	0,058	0,040
5 - 6	0,026	0,010	0,041	0,024	0,024	0,014	0,031	0,022	0,056	0,016	0,085	0,023	0,102	0,018	0,130	0,025	0,148	0,022	0,122	0,038	0,101	0,035	0,057	0,048
6 - 7	0,031	0,015	0,043	0,023	0,024	0,014	0,032	0,022	0,056	0,019	0,083	0,022	0,103	0,018	0,130	0,023	0,140	0,021	0,112	0,033	0,088	0,030	0,068	0,046
7 - 8	0,036	0,020	0,049	0,022	0,031	0,015	0,035	0,022	0,062	0,016	0,079	0,021	0,103	0,017	0,121	0,019	0,135	0,020	0,107	0,028	0,365	0,028	0,072	0,044
8 - 9	0,049	0,020	0,054	0,020	0,035	0,014	0,039	0,022	0,064	0,015	0,084	0,018	0,105	0,015	0,123	0,018	0,131	0,016	0,109	0,028	0,093	0,033	0,074	0,053
9 - 10	0,053	0,021	0,054	0,019	0,037	0,014	0,040	0,020	0,062	0,016	0,085	0,016	0,106	0,020	0,117	0,014	0,125	0,019	0,107	0,026	0,092	0,053	0,081	0,059
10 - 11	0,056	0,021	0,054	0,019	0,038	0,015	0,041	0,019	0,063	0,017	0,089	0,016	0,109	0,024	0,118	0,012	0,126	0,023	0,108	0,026	0,093	0,060	0,081	0,054
11 - 12	0,058	0,020	0,054	0,020	0,040	0,015	0,040	0,018	0,061	0,022	0,086	0,015	0,105	0,026	0,119	0,011	0,124	0,031	0,111	0,026	0,092	0,066	0,081	0,051
12 - 13	0,059	0,021	0,054	0,020	0,040	0,015	0,042	0,018	0,064	0,020	0,088	0,015	0,107	0,027	0,120	0,009	0,130	0,037	0,113	0,027	0,094	0,071	0,082	0,052
13 - 14	0,057	0,020	0,056	0,021	0,041	0,015	0,042	0,018	0,066	0,019	0,088	0,018	0,113	0,026	0,125	0,008	0,132	0,026	0,117	0,028	0,097	0,081	0,081	0,069
14 - 15	0,054	0,021	0,056	0,024	0,043	0,015	0,044	0,018	0,065	0,019	0,088	0,017	0,110	0,038	0,125	0,008	0,130	0,024	0,112	0,027	0,097	0,082	0,082	0,069
15 - 16	0,054	0,023	0,056	0,030	0,041	0,014	0,044	0,018	0,065	0,019	0,086	0,017	0,107	0,046	0,122	0,008	0,127	0,024	0,111	0,029	0,097	0,094	0,083	0,079
16 - 17	0,055	0,023	0,057	0,034	0,039	0,014	0,043	0,017	0,064	0,017	0,084	0,017	0,105	0,043	0,119	0,009	0,124	0,024	0,112	0,030	0,098	0,101	0,086	0,076
17 - 18	0,059	0,030	0,060	0,040	0,039	0,014	0,043	0,017	0,062	0,017	0,085	0,018	0,106	0,042	0,116	0,009	0,123	0,025	0,111	0,031	0,092	0,101	0,084	0,084
18 - 19	0,060	0,038	0,061	0,033	0,040	0,015	0,044	0,017	0,063	0,017	0,087	0,018	0,105	0,037	0,120	0,010	0,122	0,031	0,108	0,028	0,084	0,108	0,081	0,106
19 - 20	0,058	0,044	0,059	0,035	0,040	0,014	0,044	0,017	0,065	0,016	0,084	0,017	0,105	0,016	0,117	0,011	0,117	0,027	0,099	0,024	0,090	0,117	0,082	0,092
20 - 21	0,058	0,035	0,060	0,034	0,039	0,014	0,040	0,017	0,063	0,014	0,085	0,016	0,100	0,015	0,110	0,010	0,114	0,026	0,098	0,026	0,091	0,125	0,084	0,084
21 - 22	0,060	0,032	0,058	0,022	0,039	0,014	0,040	0,018	0,062	0,015	0,083	0,017	0,101	0,015	0,112	0,011	0,124	0,023	0,107	0,028	0,094	0,118	0,084	0,078
22 - 23	0,056	0,022	0,057	0,022	0,039	0,013	0,038	0,018	0,066	0,016	0,082	0,019	0,103	0,016	0,121	0,011	0,130	0,012	0,103	0,030	0,100	0,091	0,076	0,063
23 - 24	0,053	0,023	0,054	0,023	0,035	0,013	0,037	0,020	0,062	0,018	0,083	0,021	0,099	0,017	0,122	0,013	0,135	0,014	0,110	0,035	0,097	0,050	0,072	0,057

O valor do $F_{p/f}$ para as horas da noite, é superior ao valor para as horas do dia e isto deve-se ao facto de a produção de origem não renovável durante a noite não ser tão significativa como o é durante o dia, o que leva a uma descida do valor do fator por hora como se pode verificar na tabela 5.7:

Tabela 5.7 - Valores por hora do $F_{p/f}$ para o ano de 2010

Hora	$F_{p/f}$	Hora	$F_{p/f}$
0 - 1	0,0771	12 - 13	0,0826
1 - 2	0,0765	13 - 14	0,0847
2 - 3	0,0756	14 - 15	0,0838
3 - 4	0,0761	15 - 16	0,0827
4 - 5	0,0768	16 - 17	0,0822
5 - 6	0,0768	17 - 18	0,0816
6 - 7	0,0759	18 - 19	0,0812
7 - 8	0,0996	19 - 20	0,0801
8 - 9	0,0798	20 - 21	0,0785
9 - 10	0,0800	21 - 22	0,0803
10 - 11	0,0813	22 - 23	0,0809
11 - 12	0,0809	23 - 24	0,0800

Na tabela 5.8 estão expostos os valores da média do $F_{p/f}$ para cada mês do ano de 2010. É de salientar que há uma variação significativa dos valores do fator de conversão, dos meses mais quentes para os meses mais frios. Durante os meses mais quentes o valor do fator é mais elevado por não haver tanta disponibilidade de recursos renováveis, devido à ausência de vento e precipitação.

Tabela 5.8 - Média do fator para cada mês

Mês	F _{p/f}
Janeiro	0,054
Fevereiro	0,054
Março	0,038
Abril	0,040
Maio	0,062
Junho	0,086
Julho	0,104
Agosto	0,121
Setembro	0,130
Outubro	0,111
Novembro	0,094
Dezembro	0,081

5.2.1.2.Fator médio para a eletricidade Consumida

Na tabela 5.9 estão apresentados os valores da eletricidade consumida em MWh, como também o valor do fator médio de conversão primária-final da eletricidade para cada tecnologia numa base anual, ou seja, para o ano de 2010.

Tabela 5.9 - F_{p/f} médio para a eletricidade consumida

	Eletricidade Consumida (MWh)	F _{p/f} (kgep/kWhel,f)
Carvão	6046524	0,26
Fuel	65317	4,33
Gás Natural	9837656	0,18
PRE Térmico	6683711	0,07
Hídrica	14874539	0
PRE Eólica	8247208	0
PRE Fotovoltaico	190307	0
Importação	3977481	0
Exportação	1579903	0

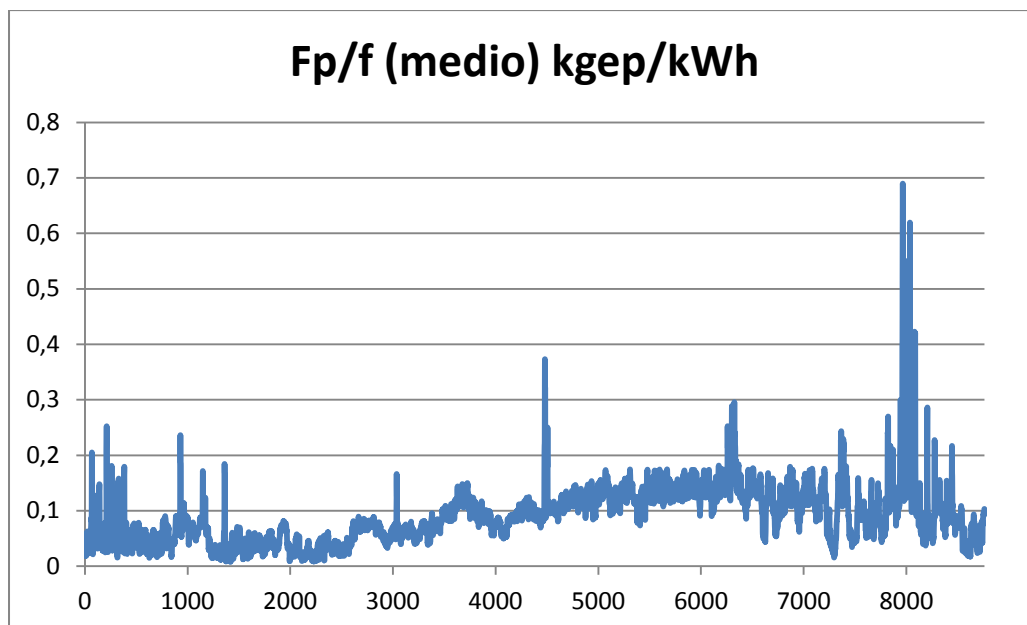


Figura 5.9 - Evolução do $F_{p/f \text{ médio}}$ durante o ano de 2010

A média do $F_{p/f \text{ médio}}$ para o ano de 2010 é de 0,085 kgep/kWh

Observando a figura 5.9 e a tabela 5.8 facilmente se chega às mesmas conclusões tiradas no ponto para a eletricidade produzida. O valor do $F_{p/f \text{ médio}}$ tem picos elevados apenas em algumas horas no ano, devido à ligação das centrais a fuelóleo e há também um aumento significativo da média do valor nos meses mais quentes. Apenas com a diferença de que os valores do $F_{p/f \text{ médio}}$ para a eletricidade consumida são mais elevados que os anteriores.

O valor do $F_{p/f}$ para a energia consumida durante o dia é superior ao verificado durante a noite. Isto pode ser observado nas tabelas 5.10 e 5.11.

Tabela 5.10 - Média e desvio padrão do $F_{p/f}$ médio para cada mês do ano de 2010

Hora	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
0 - 1	0,044	0,016	0,050	0,026	0,029	0,016	0,036	0,025	0,060	0,019	0,097	0,023	0,113	0,022	0,134	0,020	0,155	0,018	0,122	0,039	0,101	0,049	0,070	0,066
1 - 2	0,037	0,011	0,043	0,026	0,026	0,017	0,032	0,025	0,060	0,019	0,095	0,022	0,106	0,019	0,135	0,023	0,159	0,020	0,129	0,042	0,111	0,045	0,070	0,057
2 - 3	0,030	0,010	0,043	0,027	0,025	0,016	0,032	0,025	0,062	0,018	0,096	0,023	0,104	0,019	0,135	0,025	0,160	0,021	0,135	0,042	0,108	0,041	0,062	0,043
3 - 4	0,028	0,010	0,044	0,027	0,024	0,016	0,033	0,025	0,061	0,018	0,097	0,024	0,107	0,019	0,135	0,028	0,162	0,021	0,140	0,042	0,104	0,040	0,063	0,044
4 - 5	0,028	0,009	0,044	0,027	0,025	0,016	0,034	0,025	0,061	0,019	0,097	0,026	0,110	0,019	0,140	0,029	0,164	0,022	0,138	0,042	0,104	0,039	0,063	0,044
5 - 6	0,029	0,011	0,045	0,026	0,026	0,015	0,034	0,024	0,061	0,018	0,093	0,025	0,111	0,020	0,142	0,028	0,162	0,025	0,133	0,041	0,110	0,038	0,062	0,052
6 - 7	0,034	0,017	0,047	0,025	0,027	0,015	0,035	0,024	0,062	0,021	0,090	0,024	0,113	0,019	0,142	0,025	0,153	0,023	0,122	0,036	0,097	0,033	0,074	0,050
7 - 8	0,039	0,022	0,054	0,024	0,034	0,016	0,039	0,024	0,068	0,018	0,087	0,023	0,112	0,019	0,133	0,021	0,147	0,021	0,117	0,031	0,333	0,031	0,079	0,048
8 - 9	0,053	0,022	0,059	0,021	0,038	0,015	0,043	0,024	0,070	0,016	0,092	0,020	0,114	0,016	0,134	0,019	0,143	0,018	0,119	0,031	0,102	0,036	0,081	0,058
9 - 10	0,058	0,023	0,059	0,020	0,041	0,015	0,044	0,021	0,068	0,018	0,093	0,018	0,116	0,022	0,128	0,016	0,137	0,021	0,117	0,028	0,101	0,058	0,088	0,064
10 - 11	0,061	0,023	0,059	0,020	0,042	0,016	0,045	0,021	0,069	0,019	0,097	0,017	0,119	0,027	0,129	0,013	0,138	0,025	0,118	0,028	0,102	0,066	0,088	0,059
11 - 12	0,063	0,022	0,059	0,022	0,043	0,016	0,043	0,020	0,066	0,024	0,094	0,017	0,115	0,028	0,130	0,012	0,136	0,034	0,121	0,029	0,101	0,072	0,089	0,056
12 - 13	0,064	0,023	0,059	0,022	0,044	0,016	0,046	0,020	0,070	0,022	0,097	0,017	0,117	0,029	0,131	0,010	0,142	0,041	0,124	0,030	0,103	0,078	0,089	0,057
13 - 14	0,063	0,022	0,061	0,023	0,045	0,017	0,046	0,020	0,072	0,021	0,096	0,019	0,124	0,029	0,137	0,009	0,144	0,028	0,128	0,030	0,106	0,089	0,089	0,076
14 - 15	0,059	0,023	0,061	0,026	0,047	0,017	0,048	0,019	0,071	0,021	0,097	0,018	0,121	0,042	0,137	0,009	0,142	0,027	0,122	0,030	0,106	0,089	0,090	0,076
15 - 16	0,059	0,025	0,061	0,033	0,045	0,016	0,048	0,019	0,072	0,021	0,094	0,018	0,117	0,050	0,133	0,009	0,139	0,026	0,121	0,032	0,106	0,103	0,091	0,087
16 - 17	0,060	0,025	0,063	0,037	0,043	0,016	0,047	0,019	0,070	0,018	0,092	0,019	0,115	0,047	0,130	0,010	0,136	0,027	0,123	0,033	0,108	0,110	0,094	0,084
17 - 18	0,064	0,033	0,066	0,044	0,042	0,016	0,048	0,019	0,068	0,018	0,093	0,019	0,116	0,045	0,127	0,010	0,134	0,028	0,122	0,034	0,100	0,111	0,091	0,092
18 - 19	0,066	0,042	0,067	0,036	0,044	0,016	0,049	0,019	0,069	0,018	0,095	0,020	0,115	0,041	0,131	0,011	0,133	0,033	0,118	0,031	0,092	0,118	0,089	0,116
19 - 20	0,064	0,048	0,064	0,038	0,044	0,015	0,048	0,018	0,071	0,017	0,092	0,019	0,114	0,018	0,128	0,012	0,128	0,030	0,108	0,026	0,098	0,129	0,090	0,101
20 - 21	0,064	0,039	0,065	0,037	0,043	0,015	0,044	0,019	0,069	0,016	0,092	0,018	0,110	0,016	0,121	0,011	0,125	0,029	0,108	0,028	0,099	0,137	0,092	0,092
21 - 22	0,066	0,035	0,064	0,024	0,042	0,015	0,044	0,019	0,068	0,016	0,090	0,018	0,110	0,017	0,123	0,012	0,135	0,025	0,117	0,031	0,103	0,130	0,092	0,086
22 - 23	0,061	0,024	0,062	0,024	0,043	0,015	0,041	0,020	0,072	0,018	0,090	0,021	0,113	0,018	0,133	0,012	0,142	0,014	0,113	0,033	0,110	0,100	0,083	0,069
23 - 24	0,058	0,025	0,059	0,025	0,038	0,015	0,040	0,022	0,068	0,020	0,091	0,023	0,109	0,018	0,133	0,015	0,148	0,015	0,120	0,038	0,107	0,055	0,079	0,062

Tabela 5.11 - Valores por hora do $F_{p/f}$ para o ano de 2010

Hora	$F_{p/f}$	Hora	$F_{p/f}$
0 - 1	0,0843	12 - 13	0,0904
1 - 2	0,0836	13 - 14	0,0926
2 - 3	0,0827	14 - 15	0,0916
3 - 4	0,0832	15 - 16	0,0904
4 - 5	0,0840	16 - 17	0,0900
5 - 6	0,0840	17 - 18	0,0893
6 - 7	0,0830	18 - 19	0,0889
7 - 8	0,1035	19 - 20	0,0876
8 - 9	0,0873	20 - 21	0,0859
9 - 10	0,0875	21 - 22	0,0879
10 - 11	0,0889	22 - 23	0,0885
11 - 12	0,0885	23 - 24	0,0875

Observando a tabela 5.12 chega-se às mesmas conclusões retiradas anteriormente. O valor do fator durante os meses quentes é superior ao valor durante os meses frios, devido a uma menor produção de origem renovável.

Tabela 5.12 - Média do fator para cada mês

Mês	$F_{p/f}$
Janeiro	0,059
Fevereiro	0,059
Março	0,042
Abril	0,044
Maio	0,068
Junho	0,094
Julho	0,114
Agosto	0,133
Setembro	0,142
Outubro	0,121
Novembro	0,103
Dezembro	0,088

5.2.2. Fator marginal

5.2.2.1. Fator marginal para a eletricidade Produzida

Na figura 5.10 é apresentada a evolução do fator marginal de conversão para todas as horas do ano.

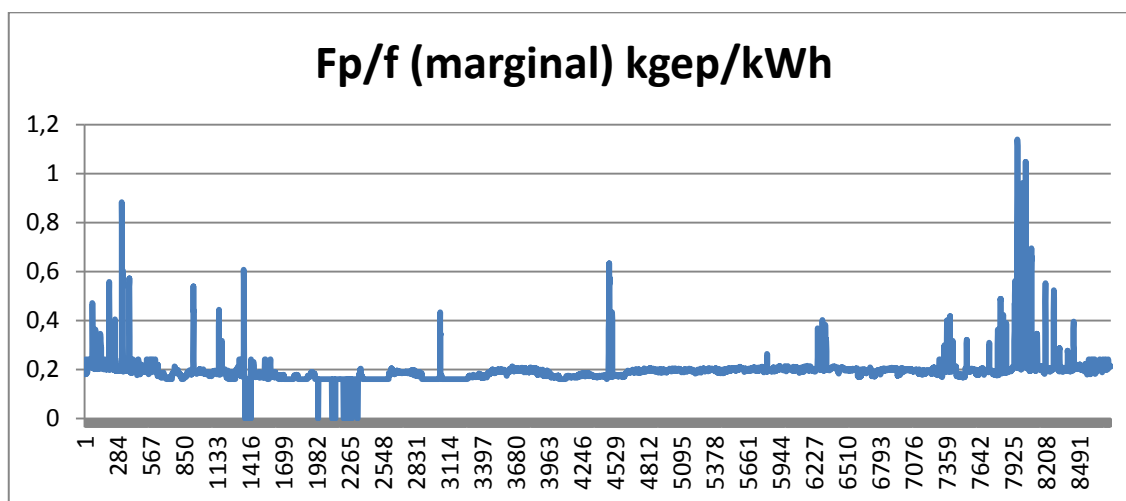


Figura 5.10 - Evolução do $F_{p/f \text{ marginal}}$ durante o ano de 2010

A média do $F_{p/f \text{ marginal}}$ para a eletricidade produzida, no ano de 2010, é de 0,193 kgep/kWh.

Tabela 5.13 - Média para o ano de 2010 dos valores médio e marginal

$F_{p/f} \text{ (médio) kgep/kWh}$	$F_{p/f} \text{ (marginal) kgep/kWh}$
0,078	0,193

5.2.2.2. Fator marginal para a eletricidade consumida

Na figura 5.11 é apresentada a evolução do fator marginal de conversão para todas as horas do ano, para a energia consumida.

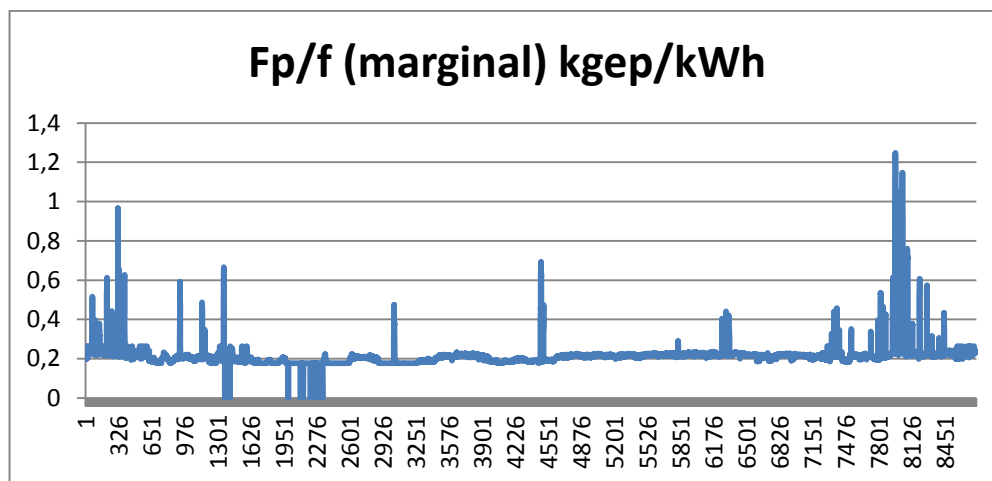


Figura 5.11 - Evolução do $F_{p/f \text{ marginal}}$ durante o ano de 2010

A média do $F_{p/f \text{ marginal}}$ para a eletricidade consumida, no ano de 2010, é de 0,211 kgep/kWh.

Tabela 5.14 - Média para o ano de 2010 dos valores médio e marginal

$F_{p/f} \text{ (medio) kgep/kWh}$	$F_{p/f} \text{ (marginal) kgep/kWh}$
0,085	0,211

Verifica-se que os valores do $F_{p/f \text{ marginal}}$ para a eletricidade consumida são superiores aos valores do fator para a eletricidade produzida. Os valores do $F_{p/f \text{ marginal}}$ tanto para a energia produzida como para a consumida são, como era de esperar, superiores aos valores médios respetivos, como está disposto nas tabelas 5.13 e 5.14.

Este aumento nos valores do fator marginal deve-se ao facto de a produção extra exigida pelo aumento de consumo, ser feita exclusivamente por tecnologias com base em recursos não renováveis.

5.3. Conclusão

As principais conclusões a reter deste capítulo são as diferenças entre o valor do fator de conversão durante as horas da noite e de dia e as diferenças sazonais dos valores do fator de conversão, ou seja, a diferença entre os meses mais secos e mais frios.

O valor do fator durante o Inverno é mais baixo do que durante os meses de Verão. É durante os meses mais frios que usamos mais energia para aquecimento ambiente e/ou AQS. Portanto fica demonstrado que o valor de 0.29 kgep/kWh usado atualmente é de facto excessivamente penalizador.

Capítulo 6

Conclusões

Neste capítulo vão ser apresentadas as conclusões retiradas do estudo realizado.

A aplicação da metodologia desenvolvida aos anos em estudo permitiu constituir soluções reais e coerentes com o que estaria previsto com a realização deste trabalho.

São também introduzidas, de forma sintetizada propostas para futuros estudos mais abrangentes no mesmo âmbito de trabalhos.

6.1. Conclusões gerais

O desenvolvimento deste trabalho passou pela análise do diagrama de consumos do nosso país para o ano de 2010. Foi implementada uma metodologia de cálculo do fator primário-final de conversão da energia elétrica, que permitiu encontrar soluções coerentes, de acordo com o esperado e com os próprios objetivos do trabalho.

As soluções encontradas para 2010, são as esperadas. O fator horário encontrado, tanto o fator médio como o fator marginal são inferiores ao valor atualmente usado em Portugal, que é de 0.29 kgep/kWh.

Ao serem utilizados fatores para cada hora do ano, conseguir-se-ia promover a mudança nos costumes de consumo no nosso país. Com isto quero dizer que certos consumos, principalmente nos meses de inverno, (como por exemplo aquecedores elétricos) poderiam ser alocados para horas de vazio, ou seja, horas em que o fator correspondente seria mais baixo.

Esta deslocação de certos consumos viria trazer vantagens óbvias para o próprio consumidor que viria a poupar na fatura mensal da eletricidade, vantagens a nível ambiental, e ainda traria benefícios à própria economia de um país em crise como o nosso.

É importante ainda realçar a influência direta que o cálculo deste fator de conversão tem no cálculo do desempenho energético dos edifícios. Como tal, ao serem usados valores do fator de conversão primária fóssil-final mais adequados à nossa realidade os consumidores sairiam menos penalizados.

6.2. Trabalhos futuros

Para trabalhos futuros poder-se-á proceder a um estudo mais aprofundado, tendo como objeto de análise um conjunto maior de anos, no sentido de se obterem resultados mais precisos e com isso obter valores do fator de conversão da eletricidade mais realistas.

Referências

- [1] Diagrama de Consumo Total Diário. Disponível em:
<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoExploracao/Paginas/EstatisticaDiariaDiagrama.aspx>
- [2] Balanço Energético para 2010. Disponível em: <http://www.dgge.pt/>
- [3] Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Decreto-Lei n.º 80/2006. D.R. n.º 67, Série I-A de 2006-04-04. Disponível em
<http://dre.pt/pdf1sdip/2006/04/067A00/24682513.pdf>
- [4] Rotulagem de Energia Elétrica. Disponível em <http://www.erse.pt>
- [5] Dados Técnicos 2010. Disponível em <http://www.centrodeinformacao.ren.pt>
- [6] Dados Técnicos 2011. Disponível em <http://www.centrodeinformacao.ren.pt>
- [7] Mercado da Eletricidade, Síntese Anual 2007-2011. Disponível em
<http://www.mercado.ren.pt>
- [8] Caracterização da Rede Nacional de Transporte para efeitos de acesso à rede. Disponível em <http://www.centrodeinformacao.ren.pt>
- [9] Diagrama de Carga diário da RNT. Disponível em
<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoExploracao/Paginas/DiagramadeCargaRNT.aspx>
- [10] Miguel P. N. Águas, “Gestão da Energia”, Apontamentos para a disciplina de Gestão de Energia”, Instituto Superior Técnico, 2009.
- [11] “Relatório de Estado do Ambiente 2009”, Outubro 2010, Agência Portuguesa do Ambiente.
- [12] João Parente, “*Energy Management*”, Apontamentos para a disciplina de Gestão de Energia, Instituto Superior Técnico, 2008.

[13]Vitor Leal, “*Energy in Buildings*”, Apontamentos do programa de doutoramento em sistemas de energia sustentável, Maio 2011.

[14]Certificação Energética e ar Interior de Edifícios. Disponível em <http://www.adene.pt>.

Anexos

Tabela A.1 - Exemplo das produções e consumos diário

		PRODUÇÃO (MW)													CONSUMO (MW)
Data	Hora	Carvão	Fuel	Gás Natural	Albufeiras	Fios de Água	Importação	Exportação	PRE Hidráulico	PRE Térmico	PRE Eólica	PRE Fotovoltaico	PRE Ondas	Bombagem	Consumo
01-01-2010	00:00	218,8	0	569,6	1200,2	1730,1	0	1185	279,1	658,2	2202,2	0	0	115,3	5534,1
01-01-2010	00:15	218	0	606,4	1285,3	1645,7	0	1240,2	281,7	600,4	2163,9	0	0	23,1	5514,9
01-01-2010	00:30	220,8	0	596,8	1303,5	1552,7	0	1281,2	283,6	588	2219,6	0	0	0	5458
01-01-2010	00:45	267,6	0	573,6	1283,1	1546,8	0	1297,3	272	588,7	2206,1	0	0	7,4	5409,5
01-01-2010	01:00	348	0	558	1448,9	1551,4	0	1497,3	262,2	581,7	2160,2	0	0	71,1	5316,4

01-01-2010	01:15	456	0	584	1409,3	1528,8	0	1577,4	263,3	580,1	2223,2	0	0	200,7	5240
01-01-2010	01:30	529,2	0	535,6	1339,1	1522,9	0	1571,3	269,8	582,7	2240,7	0	0	259	5165,1
01-01-2010	01:45	566,4	0	365,2	1371	1517,3	0	1565,4	271,9	580,5	2253,4	0	0	259,2	5075,1
01-01-2010	02:00	542	0	316	1400,7	1509,5	0	1606,4	270,4	579,5	2252,3	0	0	237	4997,1
01-01-2010	02:15	484,4	0	367,6	1341,7	1458,7	0	1596,7	271	574,4	2276	0	0	230,2	4916,7
01-01-2010	02:30	479,6	0	342,8	1219,2	1462	0	1603,2	266	581,2	2340,6	0	0	230,1	4828,5
01-01-2010	02:45	486	0	274,8	1204,3	1460,1	0	1601,6	262,4	580,7	2339	0	0	230,1	4745,8
01-01-2010	03:00	430	0	253,6	1274,6	1381,8	0	1575,8	266,5	575,9	2320,7	0	0	230,4	4669,3
01-01-2010	03:15	334,4	0	238,4	1267,2	1430,3	0	1606,4	267,9	571,6	2362,7	0	0	230,3	4608,7
01-01-2010	03:30	194,8	0	266,4	1280,1	1405,2	0	1549,6	277,5	574,7	2361,3	0	0	230	4550,6
01-01-2010	03:45	106,4	0	320,8	1251	1397	0	1580,7	278,6	581,6	2413,7	0	0	230	4501
01-01-2010	04:00	109,2	0	285,6	1147,2	1460,5	0	1575,3	277,7	583	2434,7	0	0	229,8	4459,3
01-01-2010	04:15	110	0	275,2	1112,4	1483,7	0	1572	282	578	2409,3	0	0	230	4418,2
01-01-2010	04:30	111,2	0	240	1062,3	1476,8	0	1583,9	282,2	581,8	2466,6	0	0	229,9	4377,6

01-01-2010	04:45	109,2	0	254,4	1061,7	1483	0	1589,5	276,8	581,7	2421,1	0	0	229,8	4338,7
01-01-2010	05:00	108,8	0	275,6	959,8	1466,7	0	1564,1	284,3	581,1	2462,8	0	0	230	4314,6
01-01-2010	05:15	108,8	0	270,8	949,4	1464	0	1576,4	288,8	587,8	2455,6	0	0	229,9	4287,5
01-01-2010	05:30	109,2	0	322,8	879,2	1464,7	0	1556,3	287,1	588,8	2441,9	0	0	242,6	4264
01-01-2010	05:45	110	0	344,4	863,9	1502,1	0	1576,3	278,6	582,7	2424,9	0	0	258,8	4242,6
01-01-2010	06:00	110	0	314	831,8	1569	0	1610,9	272,3	586,1	2480,3	0	0	274,2	4248
01-01-2010	06:15	109,6	0	240	851,8	1618,1	0	1623	274	588,3	2488,2	0	0	288,3	4228,4
01-01-2010	06:30	109,6	0	234,8	895,5	1622,7	0	1644,3	278,8	589	2455,9	0	0	288,4	4224,6
01-01-2010	06:45	109,6	0	266	859,2	1618,1	0	1616,7	285,5	591,3	2419,4	0	0	288,3	4214,2
01-01-2010	07:00	109,6	0	373,6	751	1441,2	0	1421,7	280,1	594,4	2391,1	0	0	288,5	4200,4
01-01-2010	07:15	109,2	0	382	779,1	1442,4	0	1461,1	278	592,9	2387,1	0	0	288,5	4187,4
01-01-2010	07:30	109,6	0	371,6	742,5	1513,4	0	1582,3	280,6	592,2	2438	0	0	288,6	4143,1
01-01-2010	07:45	109,2	0	258	733,1	1562,3	0	1650,3	286	590,6	2406,8	0,2	0	288	3975,8
01-01-2010	08:00	108	0	234,8	703	1553	0	1681,1	288,8	592,1	2432	1,8	0	288,3	3910,4
01-01-	08:15	110,4	0	238,8	640,1	1589	0	1659,5	287,9	592	2421,3	6,8	0	287,8	3904,7

2010															
01-01-2010	08:30	110,4	0	297,6	585,2	1593,4	0	1606,2	286,9	588,5	2391,1	13,7	0	287,9	3937,7
01-01-2010	08:45	109,2	0	316,8	590,9	1602,8	0	1616,5	279,6	593,5	2407,9	21,3	0	287,7	3981,9
01-01-2010	09:00	109,2	0	286	669,7	1654,5	0	1619,1	281,4	593,2	2387,9	22,3	0	287,9	4061,6
01-01-2010	09:15	110,4	0	312	692,7	1695,1	0	1599,8	284,7	591,7	2359,6	20	0	287,4	4142,9
01-01-2010	09:30	110	0	341,6	752,1	1724,7	0	1643,3	284,4	589	2366,4	29,6	0	287,5	4230,4
01-01-2010	09:45	110,4	0	289,2	864,5	1739,9	0	1630,6	282,5	593,5	2378,9	31,8	0	287,6	4336,8
01-01-2010	10:00	118	0	245,6	1001,3	1733,8	0	1601,3	281,6	590,9	2360,7	32,4	0	287,6	4449,4
01-01-2010	10:15	145,2	0	266,8	1041,7	1725	0	1535,5	283,5	591,7	2335,1	41,2	0	287,1	4583,8
01-01-2010	10:30	174,4	0	287,2	1075,9	1709	0	1506,5	284	594,6	2326,4	58,2	0	287,7	4690
01-01-2010	10:45	202,8	0	287,2	1130,2	1696,6	0	1442,4	284,5	594,2	2298,9	59,4	0	287,7	4799,1
01-01-2010	11:00	235,2	0	286,8	1230,3	1712,8	0	1471,4	285,9	595,2	2242,5	67	0	245,6	4913,5
01-01-2010	11:15	284	0	259,2	1292,3	1733,4	0	1467,4	285,5	595,9	2244,4	51,2	0	229,6	5023,2
01-01-2010	11:30	328,8	0	272,8	1353,3	1727,4	0	1465,2	283,1	597,5	2217,3	58	0	229,3	5117,9
01-01-2010	11:45	327,2	0	307,6	1393,2	1705,2	0	1439,9	285,1	591,9	2202,2	67,7	0	229,4	5184,3

01-01-2010	12:00	325,6	0	249,6	1411,2	1704,1	0	1290	286,8	594,7	2157,6	60	0	229,2	5243,5
01-01-2010	12:15	323,2	0	234,4	1450,3	1702,8	0	1253,7	290,5	595,9	2136	49,9	0	229,4	5274,1
01-01-2010	12:30	325,2	0	236	1455,3	1705,2	0	1236,4	290,6	591,3	2122,2	41,5	0	229,4	5276,2
01-01-2010	12:45	294,4	0	242,8	1459,9	1705,5	0	1201	290,3	591,1	2074,1	39,9	0	229,5	5243,4
01-01-2010	13:00	240,8	0	246,4	1446,3	1699,5	0	1124,6	285,3	588,1	1989,6	61,5	0	229,2	5178,6
01-01-2010	13:15	226,8	0	306	1429,8	1673,1	0	1090	281	589,2	1900,9	46,8	0	229,4	5110
01-01-2010	13:30	215,6	0	304,8	1468,1	1673,4	0	1093,9	281,2	591	1795,4	55,7	0	229,2	5037,8
01-01-2010	13:45	212,4	0	302,8	1467,3	1725,5	0	1103,1	281,1	587	1711,1	42,1	0	229,3	4971,9
01-01-2010	14:00	218	0	337,2	1497	1800	0	1162,5	280,8	582,5	1600,9	24,5	0	229,3	4925,8
01-01-2010	14:15	219,6	0	363,2	1519,6	1798,6	0	1171	280,8	587,3	1509,8	35,7	0	229,3	4888,4
01-01-2010	14:30	219,6	0	334,8	1580,7	1809	0	1199,8	280,9	589	1473,8	53,2	0	229	4884,8
01-01-2010	14:45	218,8	0	370	1598,8	1825	0	1156,9	281	591,7	1349,9	57,8	0	229	4880,1
01-01-2010	15:00	218	0	395,2	1632,1	1820	0	1088,2	281,1	590,6	1231,1	55,7	0	229,2	4881,3
01-01-2010	15:15	223,6	0	467,6	1650,3	1818,8	0	1076,1	281,1	591	1120,1	34,2	0	229	4859,5
01-01-2010	15:30	219,6	0	483,6	1685,8	1821,2	0	984,4	282	590,7	979,1	26,8	0	228,9	4852

01-01-2010	15:45	220	0	484,8	1693,5	1817,1	0	877,9	282,2	588,4	878,7	17,9	0	228,9	4851,7
01-01-2010	16:00	222	0	511,2	1637,7	1830,3	0	825,1	281,4	590,7	834,5	25,5	0	229,4	4853,5
01-01-2010	16:15	225,2	0	545,2	1636,4	1847,6	0	828,6	281,9	588,2	793,3	21,3	0	229	4859,5
01-01-2010	16:30	248,8	0	627,2	1602,2	1848,7	0	871,6	281,9	586,9	795,5	15	0	229,1	4884,6
01-01-2010	16:45	304,8	0	707,6	1598,3	1852	0	903,4	282,4	584,2	747,8	6,8	0	229	4927,4
01-01-2010	17:00	336,8	0	631,2	1534,2	1848,8	0	633,3	281,6	586,3	724,5	1,5	0	229,4	5061,7
01-01-2010	17:15	295,6	0	732,8	1198,7	1838,9	0	161,2	281,6	581,8	725	0	0	229,1	5240,1
01-01-2010	17:30	237,6	0	815,2	1201,8	1832,8	25,7	0	282,7	563,4	739,4	0	0	72,6	5602,3
01-01-2010	17:45	230	0	916	1476,2	1832,9	0	95,4	283,7	556,7	717,4	0	0	0	5894,6
01-01-2010	18:00	274,4	0	898,4	1358,7	1828,9	91,9	0	282,4	553,7	732,8	0	0	0	5998,2
01-01-2010	18:15	380	0	938	1104,8	1830,8	266,3	0	280,1	554,7	748,5	0	0	21,6	6055,7
01-01-2010	18:30	526,8	0	928	1207,7	1833,1	203,7	0	280,6	552	752,6	0	0	133,5	6124
01-01-2010	18:45	574,8	0	986,4	1210,2	1833,3	239,5	0	286,2	553,7	749,7	0	0	229	6179,7
01-01-2010	19:00	587,2	0	1016,4	1284,5	1838,2	175,6	0	286,3	553	761,5	0	0	228,8	6247,9
01-01-	19:15	593,6	0	1136,8	1262,4	1839,1	63,4	0	285,8	551,7	789,7	0	0	229,2	6268,2

2010															
01-01-2010	19:30	596,4	0	1118,4	1306,7	1839,3	79,1	0	285,6	544,4	767,2	0	0	229,2	6282,2
01-01-2010	19:45	593,6	0	1142,8	1338,4	1839,8	81,2	0	285,5	542,3	710,8	0	0	229,2	6279,5
01-01-2010	20:00	534,8	0	1154	1403,5	1843	91,4	0	286,3	546,7	674,3	0	0	148,5	6360,5
01-01-2010	20:15	494,4	0	1121,6	1418,3	1839,9	15,7	0	285,3	551,9	640,5	0	0	0	6341,1
01-01-2010	20:30	496,4	0	1114,8	1429,2	1838,6	18,1	0	285,3	551	618,4	0	0	0	6324,5
01-01-2010	20:45	496	0	1127,6	1437,8	1835,9	13,6	0	285,1	549,2	594,2	0	0	0	6312,7
01-01-2010	21:00	497,2	0	1120,4	1647,9	1840,6	0	182,8	285,3	543,6	558,5	0	0	0	6283,8
01-01-2010	21:15	499,6	0	1111,6	1663,9	1847,7	0	189,3	285,3	518,7	540,3	0	0	0	6250,7
01-01-2010	21:30	499,6	0	1057,6	1639,7	1888,6	0	193,1	285,2	516,3	543,9	0	0	0	6211,1
01-01-2010	21:45	502,8	0	1022	1635,3	1892,2	0	186,3	285,2	535,7	531,4	0	0	0	6189,4
01-01-2010	22:00	503,2	0	1032,4	1662	1886,9	0	221,6	286,1	544,8	501,1	0	0	0	6166,8
01-01-2010	22:15	490	0	1063,2	1665,2	1888,7	0	208,4	285	538,4	481,6	0	0	0	6174,3
01-01-2010	22:30	498,8	0	1106	1658,6	1885,1	0	254,2	282,2	536,7	447,2	0	0	0	6129,5
01-01-2010	22:45	554	0	1132,4	1616,5	1879,8	0	349,5	279,5	539	419,3	0	0	0	6040,2
01-01-	23:00	591,6	0	1338,8	1613,6	1879,8	0	711,9	279,4	550	405	0	0	0	5914,9

2010															
01-01-2010	23:15	574,4	0	1376	1484,4	1875,7	0	690,7	287,8	555	405,6	0	0	0	5837,2
01-01-2010	23:30	545,6	0	1222	1497,5	1875,1	0	692,9	288,2	556,6	437,9	0	0	0	5701,5
01-01-2010	23:45	552	0	995,6	1563,6	1870,3	0	641,8	293,7	552,1	472,9	0	0	0	5631

Tabela A.2 - Exemplo das produções e consumos diários, com dados agregados

		PRODUÇÃO (MW)									CONSUMO (MW)	
Data	Hora	Carvão	Fuel	Gás Natural	Hídrica	PRE Térmico	PRE Eólica	PRE Fotovoltaico	Importação	Exportação	Consumo	
01-01-2010	00:00	231,3	0	586,6	3165,95	608,825	2197,95	0	0	1250,925	5515,575	
01-01-2010	01:00	474,9	0	510,7	3188,975	581,25	2219,375	0	0	1552,85	5396,65	
01-01-2010	02:00	498	0	325,3	3031,5	578,95	2301,975	0	0	1601,975	5103,875	
01-01-2010	03:00	266,4	0	269,8	2944,425	575,95	2364,6	0	0	1578,125	4812,575	
01-01-2010	04:00	109,9	0	263,8	2851,575	581,125	2432,925	0	0	1580,175	4628,325	
01-01-2010	05:00	109,2	0	303,4	2672,15	585,1	2446,3	0	0	1568,275	4517,5	
01-01-2010	06:00	109,7	0	263,7	2744,2	588,675	2460,95	0	0	1623,725	4513,6	
01-01-2010	07:00	109,4	0	346,3	2522,425	592,525	2405,75	0,05	0	1528,85	4415,075	
01-01-2010	08:00	109,5	0	272	2500,15	591,525	2413,075	10,9	0	1640,825	4221,6	
01-01-2010	09:00	110	0	307,2	2731,55	591,85	2373,2	25,925	0	1623,2	4480,525	
01-01-2010	10:00	160,1	0	271,7	3061,775	592,85	2330,275	47,8	0	1521,425	4918,1	
01-01-2010	11:00	293,8	0	281,6	3321,875	595,125	2226,6	60,975	0	1460,975	5293,2	
01-01-2010	12:00	317,1	0	240,7	3438,125	593,25	2122,475	47,825	0	1245,275	5488,675	
01-01-2010	13:00	223,9	0	290	3427,9	588,825	1849,25	51,525	0	1102,9	5303,85	
01-01-2010	14:00	219	0	351,3	3638,05	587,625	1483,6	42,8	0	1172,55	5123,925	
01-01-2010	15:00	220,3	0	457,8	3766,3	590,175	1052,25	33,65	0	1006,65	5090,125	

01-01-2010	16:00	250,2	0	597,8	3745,2	587,5	792,775	17,15	0	857,175	5110,375
01-01-2010	17:00	275	0	773,8	3473,475	572,05	726,575	0,375	6,425	222,475	5582,45
01-01-2010	18:00	439	0	937,7	3334,2	553,525	745,9	0	200,35	0	6185,425
01-01-2010	19:00	592,7	0	1103,6	3422,9	547,85	757,3	0	99,825	0	6498,55
01-01-2010	20:00	505,4	0	1129,5	3547,05	549,7	631,85	0	34,7	0	6371,825
01-01-2010	21:00	499,8	0	1077,9	3799,225	528,575	543,525	0	0	187,875	6233,75
01-01-2010	22:00	511,5	0	1083,5	3818,9	539,725	462,3	0	0	258,425	6127,7
01-01-2010	23:00	565,9	0	1233,1	3702,275	553,425	430,35	0	0	684,325	5771,15

Tabela A 3 - Dias e Horas em que o uso de centrais electroprodutoras a fuelóleo é mais significativo

Data	Hora	Share
06-07-2010	14:00	5,365%
06-07-2010	15:00	6,438%
28-11-2010	16:00	6,119%
28-11-2010	17:00	6,876%
28-11-2010	18:00	9,719%
28-11-2010	19:00	12,061%
28-11-2010	20:00	13,615%
28-11-2010	21:00	13,085%
28-11-2010	22:00	10,539%
29-11-2010	11:00	6,632%
29-11-2010	12:00	7,013%
29-11-2010	13:00	7,383%
29-11-2010	14:00	7,354%
29-11-2010	15:00	7,251%
29-11-2010	16:00	6,808%
29-11-2010	17:00	6,490%
29-11-2010	18:00	6,439%
29-11-2010	19:00	6,391%
29-11-2010	20:00	6,549%
30-11-2010	12:00	5,781%
30-11-2010	13:00	7,780%
30-11-2010	14:00	7,825%
30-11-2010	15:00	10,181%
30-11-2010	16:00	10,281%
30-11-2010	17:00	9,662%
30-11-2010	18:00	8,778%
30-11-2010	19:00	8,542%
30-11-2010	20:00	8,374%
30-11-2010	21:00	7,771%
01-12-2010	08:00	5,499%
01-12-2010	09:00	6,621%

01-12-2010	10:00	6,174%
01-12-2010	11:00	5,924%
01-12-2010	12:00	5,844%
01-12-2010	13:00	6,095%
01-12-2010	14:00	6,068%
01-12-2010	15:00	7,218%
01-12-2010	16:00	7,134%
01-12-2010	17:00	8,943%
01-12-2010	18:00	11,994%
01-12-2010	19:00	9,259%
01-12-2010	20:00	7,326%
01-12-2010	21:00	6,233%
01-12-2010	23:00	6,034%
02-12-2010	00:00	4,901%
03-12-2010	13:00	5,633%
03-12-2010	14:00	5,620%
03-12-2010	15:00	6,654%
03-12-2010	16:00	6,228%
03-12-2010	17:00	5,876%
03-12-2010	18:00	7,155%
03-12-2010	19:00	6,614%
03-12-2010	20:00	6,558%
03-12-2010	21:00	7,022%
03-12-2010	22:00	5,433%