

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

ESTUDO DA PROBLEMÁTICA DO
AUMENTO DA PENETRAÇÃO DO GÁS
NATURAL FACE À ELECTRICIDADE E À
ÁGUA QUENTE SOLAR

José Jorge da Silva Nunes

Dissertação submetida para obtenção do grau de mestre em
Engenharia mecânica pela
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

JULHO 2008

Agradecimentos

Embora o presente documento seja apresentado como o resultado de um trabalho individual, não seria possível sem o apoio e incentivo de várias pessoas.

Deste modo, fica o meu mais sincero agradecimento:

Ao Professor Eduardo de Oliveira Fernandes e professor Vítor Leal a oportunidade e incentivo por toda a disponibilidade demonstrada, úteis esclarecimentos e conhecimentos transmitidos, e ainda pela insuperável paciência para todas as dúvidas suscitadas;

À Márcia, pela compreensão e entusiasmo que sempre incentivou a realização deste trabalho;

A todos os meus amigos, que directa ou indirectamente contribuíram para a finalização deste trabalho;

Aos meus pais e irmãs, pelo apoio constante, em todos os sentidos, para a concretização e conclusão deste trabalho;

Resumo

A caracterização detalhada da utilização de energia, sobretudo nas cidades, evidencia um grande peso dos edifícios e dos usos para calor (preparação de refeições, preparação de água quente sanitária, aquecimento ambiente, etc.). Estas necessidades de calor eram tradicionalmente asseguradas por biomassa, mas nas formas modernas de energia são asseguradas sobretudo por electricidade e por gás natural.

Sabe-se que, devido ao facto de a electricidade ter em grande parte origem em centrais térmicas onde as perdas são superiores a 50%, uma dada quantidade de calor fornecida por electricidade (por efeito de Joule) é responsável pela emissão de cerca de 2,5 vezes mais CO₂ do que quando fornecida por gás natural.

Como os equipamentos são os que mais contribuem para o desempenho energético no sector de edifícios é fundamental avaliar qual o impacto do uso do gás natural face à electrização actualmente vivida numa sociedade cada vez mais consumista de energia.

Foi então realizado um estudo cujo objectivo visou no quão importante é o gás natural para garantir um melhor desempenho energético-ambiental. Inicialmente propôs-se estimar que energia que é teoricamente necessária na cidade do Porto para fins de calor e avaliar as diferenças entre o seu fornecimento por tecnologias de electricidade ou por tecnologias de gás natural. Posteriormente analisou-se a utilização real de energia para calor, as possibilidades de optimização por melhoria de equipamentos e por migração da electricidade para o vector gás natural. Para o uso de água quente sanitária avaliou-se também a possível opção pelo solar térmico (com apoios a electricidade ou a gás natural).

Analisaram-se ainda, na perspectiva dos edifícios novos e na dos edifícios existentes, as possibilidades de investimento em equipamentos energeticamente mais eficientes e a viabilidade económica destas alterações, nomeadamente os períodos de retorno dos respectivos investimentos iniciais.

Finalmente, demonstrada a sua bondade ambiental, identificaram-se barreiras que dificultam o aumento da penetração do gás natural face á electricidade.

Índice

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Gás Natural	1
1.2	Importância do gás natural para garantir um melhor desempenho energético -ambiental.....	2
1.3	Gás natural no sector de edifícios	3
Capítulo 2	Matriz energética de calor.....	5
2.1	Caracterização geral.....	5
2.2	Método de cálculo para a energia útil.....	6
2.2.1	Águas quentes sanitárias (AQS).....	6
2.2.2	Máquinas de lavar roupa.....	6
2.2.3	Máquina de lavar louça	6
2.2.4	Climatização	7
2.2.5	Preparação de refeições	7
2.2.5.1	Perdas por Radiação.....	7
2.2.5.2	Perdas por Convecção	7
2.2.5.3	Perdas por Evaporação e por Condensação.....	9
2.3	Energia final	10
2.4	Resultados.....	11
2.4.1	Necessidades teóricas de energia útil.....	11
2.4.2	Consumo teórico de energia final no cenário “tudo a electricidade”	13
2.4.3	Consumo teórico de energia final no cenário “prioridade ao gás natural”	15
2.4.4	Comparação de emissões de CO ₂	17

2.4.5	Análise de custos	18
Capítulo 3	Energia actual	21
3.1	Caracterização Geral	21
3.2	Energia actual.....	23
3.2.1	Edifícios	23
3.2.2	Edifícios residenciais	23
3.2.3	Edifícios de serviços	26
3.2.4	Cenário actual para os edifícios	29
3.3	Comparação de cenários	31
3.3.1	Análise de cenários.....	31
Capítulo 4	Possibilidade de optimização e migração de vectores	35
4.1	Energia e eficiência	35
4.2	Objectivo.....	36
4.3	Preparação de AQS.....	36
4.3.1	Caldeiras murais e de chão a gás.....	37
4.3.2	Caldeiras de condensação.....	37
4.3.3	Colectores solares.....	38
4.4	Maquinas de lavar.....	39
4.5	Climatização	40
4.6	Preparação de refeições	40
4.7	Resultados da utilização de equipamentos eficientes	42
4.7.1	Resultados em energia e emissões de CO ₂	43
4.7.2	Análise de custos para a utilização de equipamentos eficientes	47
4.8	Análise de migração de electricidade para gás natural	48
4.8.1	Resultados em energia final e emissões de CO ₂	48
4.8.2	Análise de custos para a migração do vector electricidade	50
4.9	Análise do apoio energético de colectores solares com electricidade ou gás natural.....	51
4.9.1.1	Apoio do sistema solar a electricidade.....	53

4.9.1.2	Apoio do sistema solar a gás natural	54
4.9.2	Benefícios ambientais	55
4.9.2.1	Apoio do sistema solar a electricidade	55
4.9.2.2	Apoio do sistema solar a gás natural	56
Capítulo 5	Análise de barreiras e mecanismos de mercado	57
5.1	Caracterização geral.....	57
5.2	Disponibilidade de rede do gás natural	57
5.3	Viabilidade e conversão para gás natural	59
5.3.1	Caracterização	59
5.3.2	Cenário habitação nova.....	59
5.3.3	Cenário habitação com substituição	64
5.4	Factores culturais e sociais.....	67
5.4.1	Percepções de segurança.....	67
5.4.2	Questões moda	69
Capítulo 6	Conclusões	71
Bibliográfica	73

Lista de Figuras

Figura 1 – superfície superior da placa aquecida	9
Figura 2 – necessidades teóricas de calor na cidade do Porto	12
Figura 3 – distribuição das necessidades teóricas de calor na cidade do porto	12
Figura 4 – Repartição de energia final no cenário “tudo electricidade”.....	14
Figura 5 – Repartição de energia final no cenário “tudo electricidade”.....	14
Figura 6 – Repartição de energia final no cenário prioridade ao gás natural (gás natural)	15
Figura 7 – Repartição de energia final no cenário prioridade ao gás natural (gás natural)	16
Figura 8 – Repartição de energia final no cenário prioridade ao gás natural (electricidade).....	16
Figura 9 – Repartição de energia final no cenário prioridade ao gás natural (electricidade).....	17
Figura 10 – comparação de cenário em termos de emissões de CO ₂	18
Figura 11 – desagregação da oferta energética nos edifícios residenciais por vectores em estudo.....	24
Figura 12 – desagregação das emissões de CO ₂ no subsector residencial para os vectores em estudo da oferta energética.....	24
Figura 13 – Repartição de energia do subsector residencial pelas utilizações em calor	25
Figura 14 – Repartição de energia (gás natural) do subsector residencial pelas utilizações em calor	26

Figura 15 – desagregação da oferta energética nos edifícios de serviços por vectores em estudo.....	27
Figura 16 – desagregação das emissões de CO ₂ no subsector de serviços para os vectores em estudo da oferta energética.....	27
Figura 17 – Repartição de energia do subsector de serviços pelas utilizações em calor	28
Figura 18 – Repartição de energia (gás natural) do subsector de serviços pelas utilizações em calor	28
Figura 19 – Repartição de energia (electricidade) no sector edifícios	29
Figura 20 – Repartição de energia (gás natural) no sector edifícios	30
Figura 21 – Repartição de energia no sector edifícios.....	30
Figura 22 – Energia final para os cenários em estudo.....	31
Figura 23 – Energia primária para os cenários em estudo	32
Figura 24 – Emissões de CO ₂ nos diversos cenários.....	32
Figura 25 – caldeira a gás	37
Figura 26 – esquema de caldeira de condensação e legenda [12] .	38
Figura 27 – Colector solar	38
Figura 28 – máquinas de lavar [9]	39
Figura 29 – isolamento de uma parede pelo exterior.....	40
Figura 30 – fogão a gás [9]	41
Figura 31 – esquema de utilizações finais	42
Figura 32 – cenário optimização com prioridade ao gás natural...	43
Figura 33 – cenário optimização com prioridade ao gás natural...	43
Figura 34 – comparação do cenário optimização e cenário prioridade ao gás natural.....	44
Figura 35 – comparação do cenário optimização e cenário prioridade ao gás natural.....	45
Figura 36 – comparação do cenário optimização e cenário actual	45
Figura 37 – comparação do cenário optimização e cenário actual	46

Figura 38 – comparação da migração de electricidade para gás natural em energia final	48
Figura 39 – comparação da migração de electricidade para gás natural em emissões de CO ₂	49
Figura 41 – disponibilidade de rede de gás natural	58
Figura 42 – Cenário para utilização de prioridade ao gás natural com caldeira normal.....	60
Figura 43 – Cenário para utilização de prioridade ao gás natural com caldeira de condensação	60
Figura 44 – Cenário para utilização de prioridade à electricidade	61
Figura 45 – custos acumulados para habitação nova com 4 ocupantes	62
Figura 46 – custos acumulados para habitação nova com 4 ocupantes	63
Figura 47 – custos acumulados para habitação nova com 4 ocupantes	63
Figura 48 – custos acumulados para habitação nova com 4 ocupantes	64
Figura 49 – custos acumulados para habitação com substituição de 2 ocupantes.....	65
Figura 50 – custos acumulados para habitação com substituição de 4 ocupantes.....	65
Figura 51 – custos acumulados para habitação com substituição de 2 ocupantes.....	66
Figura 52 – custos acumulados para habitação com substituição de 4 ocupantes.....	66

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Coeficientes C e n para placas horizontais	9
Tabela 2-considerações para o cenário prioridade à electricidade	10
Tabela 3-considerações para o cenário prioridade ao gás natural	11
Tabela 4 – emissões de CO ₂ por kWh	17
Tabela 5 – tarifas relativas ao cenário “prioridade à electricidade”	18
Tabela 6 – tarifas relativas ao cenário “prioridade à electricidade”	19
Tabela 7 – tarifas relativas ao cenário de utilização de dois vectores (gás natural).....	19
Tabela 8 – tarifas relativas ao cenário de utilização de dois vectores (electricidade)	19
Tabela 9 – Peso das utilizações finais no consumo do vector	22
Tabela 10 – Peso das utilizações finais no consumo do vector	22
Tabela 11 – Peso das utilizações finais no consumo do vector	22
Tabela 12 – Peso das utilizações finais.....	23
Tabela 13 – tarifas relativamente ao cenário optimização (electricidade)	47
Tabela 14 – tarifas relativamente ao cenário optimização (gás natural).....	47
Tabela 15 – tarifas relativamente ao cenário actual (electricidade)	50
Tabela 16 – tarifas relativamente ao cenário actual (gás natural)	50
Tabela 17 – tarifas relativamente ao cenário migração (electricidade)	50
Tabela 18 – tarifas relativamente ao cenário migração (gás natural)	51
Tabela 19 – balanço energético anual	52

Tabela 20 – síntese de resultados.....	54
Tabela 21 – síntese de resultados (apoio a gás natural)	54

Capítulo 1

Introdução

1.1 Gás Natural

O gás natural foi descoberto na Pérsia entre 6000 a.C. e 2000 a.C., segundo algumas indicações históricas, era usado para manter aceso o “fogo eterno” – símbolo de adoração de uma seita local. A sua origem é fóssil, resultando da decomposição da matéria orgânica fóssil no interior da Terra. Pode ser encontrado em rochas porosas no subsolo e, muitas vezes, é acompanhado de petróleo [1]

O gás natural é uma fonte de energia que apresenta várias vantagens. Por um lado, tem um impacto ambiental baixo, uma vez que a sua queima produz uma combustão que emite menos CO₂ e poluentes atmosféricos do que outros combustíveis fósseis. O seu uso é, ainda, um factor de diminuição da desflorestação.

Algumas características para a sua utilização são como por exemplo, chama fácil e regulável com temperatura constante, fornecimento directo no local de consumo, sem transtorno para o utilizador, ausência de necessidade de armazenamento no local de consumo.

Do ponto de vista químico, o gás natural é constituído por uma mistura de gases, onde o metano (CH₄) predomina na ordem dos 90%. Fisicamente, é um gás com uma massa volúmica de 0,84 kg/m³ e uma densidade relativamente ao ar de 0,65. Esta característica confere-lhe boa segurança em caso de fuga, por rápido escoamento ascensional. O poder calorífico superior (PCS), consoante as origens, varia entre 9 000 kcal/m³ e 12 000 kcal/m³. Dado o relativo peso do hidrogénio, o poder calorífico inferior é cerca de 10% inferior ao PCS [1].

Não sendo rigorosamente iguais as composições químicas nas diversas proveniências de gás natural, mantém-se, contudo, praticamente constante o índice de Wobbe (É a relação entre o poder calorífico superior do gás e a raiz quadrada da sua densidade relativa ao ar.), pelo que a intermutabilidade fica garantida. O gás natural é utilizado em fase gasosa, sendo esse o estado físico no transporte por gasodutos, mas no transporte marítimo, em metaneiros, é liquefeito por arrefecimento a -160 °C, reduzindo assim em 600 vezes o seu volume [2]

Porém o gás natural é um combustível fóssil, formado em milhares de anos, ou seja uma fonte de energia finita, que, apesar de apresentar muitas vantagens, também comporta riscos, nomeadamente de asfixia, incêndio e explosão. Existem, porém, formas de atenuar estes riscos, como evitar a presença, em ambientes fechados, de electrodomésticos

inadequados, superfícies muito aquecidas ou outras fontes de ignição externa. Além disso as normas técnicas para a construção e manutenção das redes de distribuição são muito exigentes [2].

1.2 Importância do gás natural para garantir um melhor desempenho energético -ambiental

A decisão de introduzir gás natural em Portugal tinha como objectivo dar ao país o acesso a uma nova fonte de energia competitiva, cómoda e menos poluente. O país passou a poder aumentar a competitividade da sua indústria, principalmente a de maior intensidade energética, a facilitar o desenvolvimento social e o bem-estar das populações e a melhorar a segurança do abastecimento energético.

A versatilidade da utilização do Gás Natural permite que o aumento dos consumos de energia na indústria, nos serviços e nos domésticos seja, significativamente suportado por esta fonte de energia. Paralelamente, a versatilidade é acompanhada por ganhos de eficiência, nomeadamente pela substituição de equipamentos termoeléctricos de aquecimento ou climatização.

A introdução do Gás Natural também originou um aumento da eficiência energética das empresas, pelo acesso às mais actuais tecnologias disponíveis, normalmente desenvolvidas por este combustível. De salientar a utilização do Gás Natural na produção de energia eléctrica, seja em termos de produção centralizada, seja em processos de cogeração.

Outra das componentes da estratégia governamental portuguesa, para garantir a continuidade no abastecimento de Gás Natural, é a constituição de reservas subterrâneas de Gás Natural em território português. Este sistema de armazenamento, já inaugurado [3] no Carriço, concelho de Pombal, consiste na adaptação de quatro cavidades salinas para reservatórios de Gás Natural através da dissolução do sal-gema das formações salinas. A continuidade do abastecimento que, deste modo, fica assegurada, é reforçada pelos stocks de gás existentes no próprio sistema de distribuição – gasoduto e redes de baixa pressão – que garantem, em caso de ruptura do abastecimento, 20 dias contínuos de consumo. [2].

1.3 Gás natural no sector de edifícios

Segundo a matriz energética do porto, elaborada pela AdEPorto [4] em termos dos sectores de actividade de energia destacam-se os edifícios, como 58% da energia primária afecta à cidade, sendo que os edifícios residências representam 26% e os edifícios de serviços, nomeadamente instituições, escritórios, comerciais, agências entre outros, absorvem os restantes 32% da energia primária. Verificando o elevado peso que os edifícios tem na cidade do Porto é importante sugerir a importância da electricidade no aprovisionamento energético dos edifícios do Porto que se traduz para os edifícios residências, em 78% e para os edifícios de serviço, em 79% de energia primária.

No que respeita á importância do gás natural para os sectores de edifícios em energia primária, relativamente aos edifícios residenciais tem apenas um peso de 7%, e de 5% para os edifícios de serviços.

Indo ao detalhe das utilizações da energia verifica-se, para os edifícios residenciais que 71% são para fins em calor. Analisando os valores mencionados concluímos o elevado peso da electricidade no porto e o pouco peso que actualmente representa o gás natural para os sector de edifícios.

É de referir que existe a necessidade evidente criar meios para reduzir a agressividade que a electricidade apresenta na cidade do porto. Uma das medidas a tomar passa pela penetração do gás natural, que vai estar em estudo ao decorrer do trabalho presente.

Capítulo 2

Matriz energética de calor

2.1 Caracterização geral

Neste capítulo vai ser apresentada uma estimativa teórica de energia em calor necessária na cidade do porto. Para o sector dos edifícios residenciais e de serviços. Os usos considerados são:

- 1) Água quentes sanitária (AQS),
- 2) Preparação de refeições,
- 3) Máquinas de lavar louça,
- 4) Climatização (apenas aquecimento ambiente),
- 5) Máquinas de lavar roupa.

Primeiramente vai ser caracterizada a repartição de energia útil para satisfazer as necessidades mencionadas.

Para a determinação de energia útil foram assumidas as considerações seguintes.

A energia útil para a AQS obteve-se através dos valores de referência do RCCTE. Para a lavagem mecânica os consumos são reais [5], estimando o número de lavagens por pessoa. Quanto à climatização considerou-se um edifício típico da zona baixa da cidade do porto [6]. Por fim a utilização final em preparação de refeições determinou-se através dos processos de transferência de calor, nomeadamente perdas por radiação, convecção e evaporação [7].

Após a caracterização da energia útil, aquela que é absolutamente necessária para garantir a utilização final, estima-se a energia final, vectores comercializáveis na cidade, e a energia primária, recurso energético que se encontra disponível na natureza. Os vectores comercializados em estudo é a electricidade e gás natural, sendo o gás natural uma energia primaria que se utiliza como final.

Para determinar a energia final foram considerados rendimentos dos equipamentos segundo o regulamento RCCTE [8], com a excepção dos equipamentos para preparação de refeições, cujos rendimentos foram estimados.

Ainda neste capítulo apresentam-se cenários de energia final. O primeiro cenário tem como vector a electricidade e o segundo cenário utiliza essencialmente o gás natural. A Simulação de cenários tem por objectivo estudar o impacto a nível energético, ambiental e económico do gás natural face à electricidade.

2.2 Método de cálculo para a energia útil

2.2.1 Águas quentes sanitárias (AQS)

Água quente sanitária (AQS) refere-se à água potável a temperatura superior a 35°C utilizada para banhos, limpezas, cozinha e outros fins específicos, preparada em dispositivo próprio, com recurso a formas de energia convencionais ou renováveis [9].

$$Qa = \frac{M_{AQS} \cdot 4187 \cdot \Delta T \cdot nd}{3600000}$$

- M_{AQS} é o consumo médio diário de referência do RCCTE para AQS
- $M_{AQS} = 40[l] \cdot \text{numero} \cdot \text{pessoas}$
- ΔT é o aumento da temperatura necessário para aquecer as AQS, que é a diferença entre a temperatura da água de rede pública, 15°C, e a temperatura que deve ser aquecida a água, a 60°C.
- nd representa o numero de dias anuais de consumo AQS, este valor depende do tipo de edifício. Quanto se trata de uso doméstico nd é 365.

2.2.2 Máquinas de lavar roupa

Segundo informação em EDP [5], uma máquina de lavar roupa em Portugal oferece-nos as seguintes características:

- Uma máquina se lavar a 60°C, consome 1,3 kWh por ciclo, mas se lavar a 40°C, o consumo é de apenas 0,6 kWh/ciclo
- O valor de consumo adoptado é de 0,95 kWh/ ciclo, pois é o valor médio.
- Foi considerado 8 lavagens por pessoa em cada mês.

2.2.3 Máquina de lavar louça

- O consumo de uma máquina de lavar louça de classe energética A é aproximadamente 1,01 kWh/ciclo [9].
- Foram considerados 8 lavagens por pessoa em cada mês.

2.2.4 Climatização

- Para determinar as necessidades de aquecimento (Nic) foi considerado um edifício típico da zona histórica do Porto, determinando-se a média de três T1 com orientações a norte e a sul [6].
- Por pessoa foi considerado uma área útil de 30 m², chegando portanto a valores de 111 kWh/m².ano para o aquecimento ambiente.

2.2.5 Preparação de refeições

- Para estimar o consumo na preparação de refeições considerou-se uma panela de alumínio com 30 cm de diâmetro e 15 cm de altura.
- Depois de se elevar a água a 100 °C de temperatura a panela fica 40 minutos a cozinhar.
- Em seguida apresenta-se o método de cálculo [7].

2.2.5.1 Perdas por Radiação

As perdas por radiação são calculadas pela seguinte expressão:

$$Q_{rad} = \dot{q}_{rad} \cdot A_p \cdot \Delta t \quad (\text{eq.1})$$

Onde:

$$\dot{q}_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_p^4 - \bar{T}_{ext}^4) \quad (\text{eq.2})$$

- T_p – Temperatura da superfície exterior da panela (95°C)
- T_{ext} – Temperatura Ambiente dentro da cozinha (20°C)
- σ (constante de Stefan Boltzmann) = $5,729 \cdot 10^{-8} (W/m^2 \cdot K^4)$
- ε -Emissividade do alumínio (0.4)

2.2.5.2 Perdas por Convecção

As perdas por convecção são dadas por:

$$Q_{conv} = \bar{\alpha} \cdot A_p \cdot (T_p - \bar{T}_{ar}) \cdot \Delta t \quad (\text{eq. 3})$$

Coeficiente de convecção: $\bar{\alpha} = \frac{\bar{Nu} \lambda}{L}$

$Nu = f(Ra, \text{geometria})$, onde:

$$Ra_L = Gr_L \cdot Pr \quad (\text{número de RAYLEIGH})$$

$$Gr_L = \frac{\rho^2 g \beta \Delta T L^3}{\mu^2} \quad (\text{número de GRASHOF})$$

Onde:

$$\Delta T = T_p - T_{\infty},$$

g é a aceleração da gravidade,

L é o comprimento característico da geometria

As propriedades do fluido (ρ -massa volúmica e μ -viscosidade dinâmica) são lidas à temperatura do filme calculada pela média aritmética entre a temperatura do fluido fora da camada limite térmica (T_{∞}), e a temperatura na parede (T_p).

- Área lateral da panela de altura L :

As equações para a placa vertical podem ser, também, aplicadas a cilindros verticais de altura L , se a espessura da camada limite (δ) for muito menor que o diâmetro do cilindro (D). Para que esta condição se verifique é necessário que:

$$\frac{D}{L} \geq \frac{35}{Gr_L^{1/4}}$$

O número de Nusselt é, em regime laminar ($Ra_L < 10^9$) dado por :

$$\bar{Nu} = 0,59 (Ra_L)^{1/4} \quad (\text{eq. 4})$$

- Placa horizontal:

$$\bar{Nu} = C (Gr_{L_{ref}} Pr)^n \quad (\text{eq.5})$$

Substituindo L por L_{ref} na equação de GRASHOF, determinado da seguinte forma:

$$L_{ref} = \frac{A}{P} \quad (\text{eq.6})$$

Onde **A** é a área superficial da placa e **P** o seu perímetro.

As constantes **C** e **n** a usar na equação dependem da orientação da superfície que influencia o escoamento, como se mostra na figura:

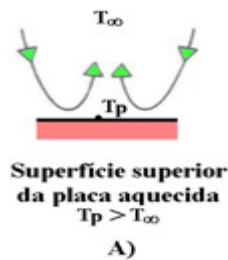


Tabela 1 – Coeficientes C e n para placas horizontais

Coeficientes C e n para placas Horizontais			
Orientação	C	n	Validade
A)	0,54	1/4	$10^4 < Ra_{Lef} < 10^7$
	0,15	1/3	$10^7 < Ra_{Lef} < 10^{11}$

Figura 1 – superfície superior da placa aquecida

2.2.5.3 Perdas por Evaporação e por Condensação

Aquecendo água até ferver, a temperatura atinge 100°C originando o vapor de água. Nesta altura, mesmo que se aplique mais calor, a temperatura da água mantém-se constante nos 100°C. A água aquecida vai sendo convertida em vapor, se for aplicado mais calor.

O calor necessário para esta mudança de fase é denominado calor latente de evaporação. Se retirarmos a tampa, podemos ver a condensação do vapor de água na tampa em forma de pequenas gotas de água. A energia térmica contida no vapor é transmitida para tampa e para o ambiente circulante. Todo o aquecimento perdido durante a condensação é denominado calor latente de condensação.

$$Q_{evap} = m_{evap} \cdot \Delta H_{vap}$$

- Considerou-se que na preparação de refeições a massa evaporada é de 1 kg por hora
- Para a água a 100 °C, o calor latente de vaporização é $\Delta H_{vap} \approx 2256 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

2.3 Energia final

Para a energia final foram considerados dois cenários, um em que o vector é tudo electricidade e outro cenário em que o vector é maioritariamente gás natural, complementando por electricidade para o accionamento mecânico e para o arrefecimento ambiente.

No primeiro cenário (tabela 2) considerou-se como equipamento para preparação das AQS, um termoacumulador eléctrico (equipamento mais comum), com rendimento de 95% [8]. Para as máquinas de lavar, como já foi referido anteriormente, os consumos são valores já finais. Quanto ao aquecimento ambiente considerou-se que 80% correspondem a resistência eléctrica e os restantes 20% atribuem-se a bomba de colar com COP de referência igual a 4 [8]. Para a utilização em preparação de refeições assumiu-se um rendimento de 90%.

No segundo cenário (tabela 3), assumiu-se que a preparação de AQS, e água quente para a lavagem mecânica e aquecimento ambiente é assegurado por uma caldeira a gás natural com rendimento de 85% [8].

Relativamente a preparação de refeições considerou-se um equipamento com rendimento de 75%.

É de referir ainda que para as máquinas de lavar existe uma repartição de 15%, energia necessária para o accionamento mecânico, e os restantes 85% para o aquecimento de água [10]. Ou seja mesmo no segundo cenário este uso tem como vectores o gás natural e electricidade.

Relativamente à utilização final para climatização considerou-se apenas 50% da energia útil, pois normalmente as áreas não são climatizadas em permanência.

Tabela 2-considerações para o cenário prioridade à electricidade

Utilizações Finais	Equipamento	η
AQS	Termoacumulador eléctrico	0,95
Máquina de lavar roupa	100% Eléctrico	-
Máquina de lavar louça	100% Eléctrico	-
Climatização Aquecimento	Resistência eléctrica (80%)	1
	Bomba de calor (20%)	4
Preparação de refeições	Resistência eléctrica	0,9

Tabela 3-considerações para o cenário prioridade ao gás natural

Utilizações Finais	Equipamento	η
AQS	Caldeira a gás natural	0,85
Máquina de lavar roupa	Caldeira para água quente (85%)	0,85
	Accionamento electro-mecânico (15%)	-
Máquina de lavar louça	Caldeira para água quente (85%)	0,85
	Accionamento electro-mecânico (15%)	-
Climatização Aquecimento	Caldeira a gás natural	0,85
Preparação de refeições	Resistência eléctrica	0,75

2.4 Resultados

Para determinar o valor de energia útil, para o sector de edifícios considera-se o número de habitantes do concelho do porto, ou seja os consumidores de energia final. O valor apurado corresponde á soma dos produtos dos consumos específicos pelo número de habitantes.

2.4.1 Necessidades teóricas de energia útil

A estimativa de energia-calor útil necessária na cidade do porto apura-se por:

$$E_{\text{útil}} = n^{\circ} \text{ habitantes} \cdot (c.e.AQS + c.e.P.refeições + c.e.M.l.roupa + c.e.M.l.louça + c.e.Caq)$$

Onde:

$E_{\text{útil}}$ – energia útil em calor para a cidade do Porto

c.e.AQS – consumo específico de AQS

c.e.P.refeições – consumo específico para preparação de refeições

c.e.M.l.roupa – consumo específico para máquinas de lavar roupa

c.e.M.l.louça – consumo específico para máquinas de lavar louça

c.e.Caq – consumo específico para o aquecimento ambiente.

$$E_{\text{útil}} = 227790 \cdot (764,1 + 772,8 + 182,4 + 193,9 + 3333) \quad \text{em kWh}$$

Energia útil: 1195 GWh.

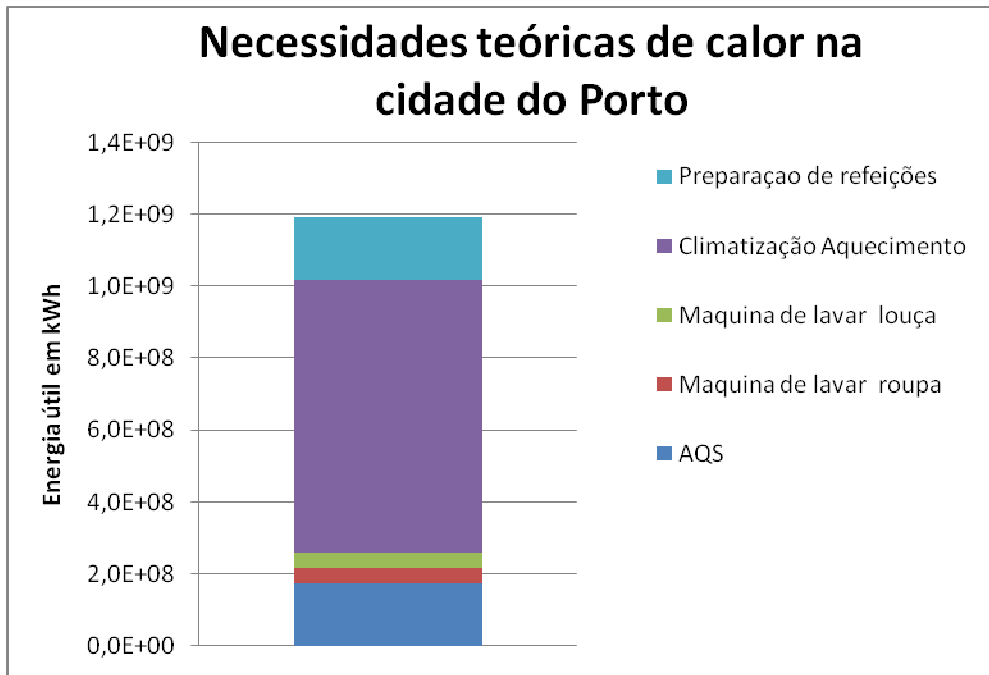


Figura 2 – necessidades teóricas de calor na cidade do Porto

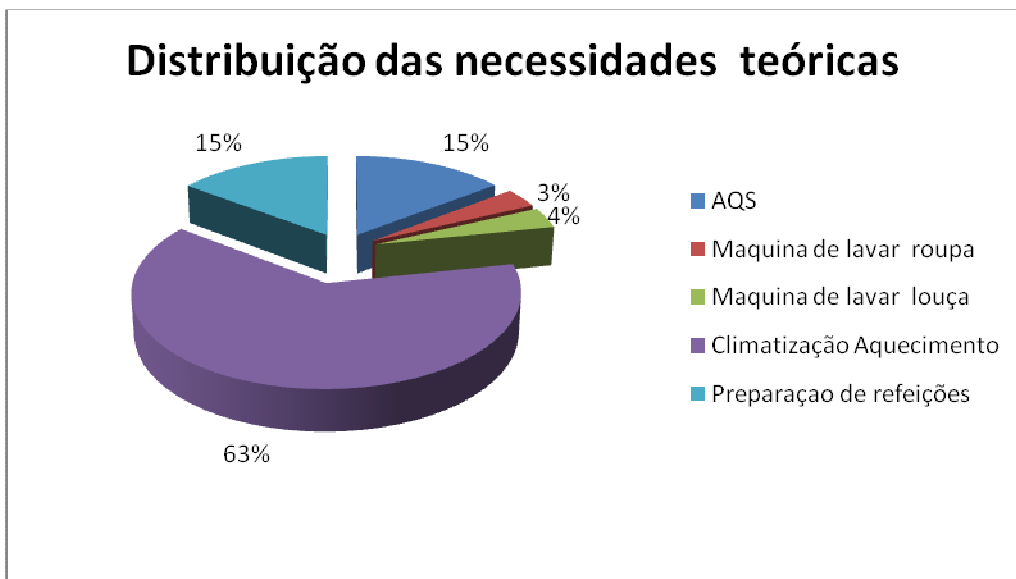


Figura 3 – distribuição das necessidades teóricas de calor na cidade do porto

As figuras anteriores representam a repartição de energia, em que apuramos uma elevada desigualdade entre o aquecimento ambiente (63%) e as outras utilizações de energia. Tal diferença deve-se às necessidades de aquecimento na cidade, mas na realidade não se verifica o consumo de energia, pois maioritariamente a climatização é apenas efectuada pontualmente e não em permanência.

Observamos ainda que o aquecimento de água (15%) e preparação de refeições (15%) aparecem com igual peso na matriz. Concluimos assim que, aquecimento ambiente, preparação das AQS e preparação de refeições ocupam a maior parte de consumo de energia em forma de calor. É de referir que os valores apresentados são estimativas, pois o objectivo nesta fase é calcular as necessidades de calor na cidade do Porto.

2.4.2 Consumo teórico de energia final no cenário “tudo a electricidade”

A estimativa de energia final no cenário prioridade à electricidade apura-se por:

$$E_{\text{final}} = n^{\circ} \text{ habitantes} \cdot \left(\frac{c.e.AQS}{\eta_{AQS}} + \frac{c.e.P.refeições}{\eta_{P.refeições}} + c.e.M.l.roupa + c.e.M.l.louça + 0,8 \cdot \frac{c.e.Cl.aq}{\eta_{cl.aq}} + 0,2 \cdot \frac{c.e.Cl.aq}{COP} \right)$$

Onde:

η_{AQS} – rendimento do equipamento para AQS

$\eta_{P.refeições}$ – rendimento do equipamento para preparação de refeições

$\eta_{Cl.aq}$ – rendimento do equipamento para aquecimento ambiente

COP – Coeficiente de eficiência do equipamento para o aquecimento ambiente

$$E_{\text{final}} = 227790 \cdot \left(\frac{764,1}{0,95} + \frac{772,8}{0,90} + 182,4 + 193,9 + 0,8 \cdot \frac{3333}{1} + 0,2 \cdot \frac{3333}{4} \right) \text{ em kWh}$$

O factor de conversão de energia eléctrica em energia primária é de 2,2 kWh_{EP}/kWh_{en.eléct}

Cenário prioridade à electricidade: 790 GWh de energia final.

: 1732 GWh de energia primária.

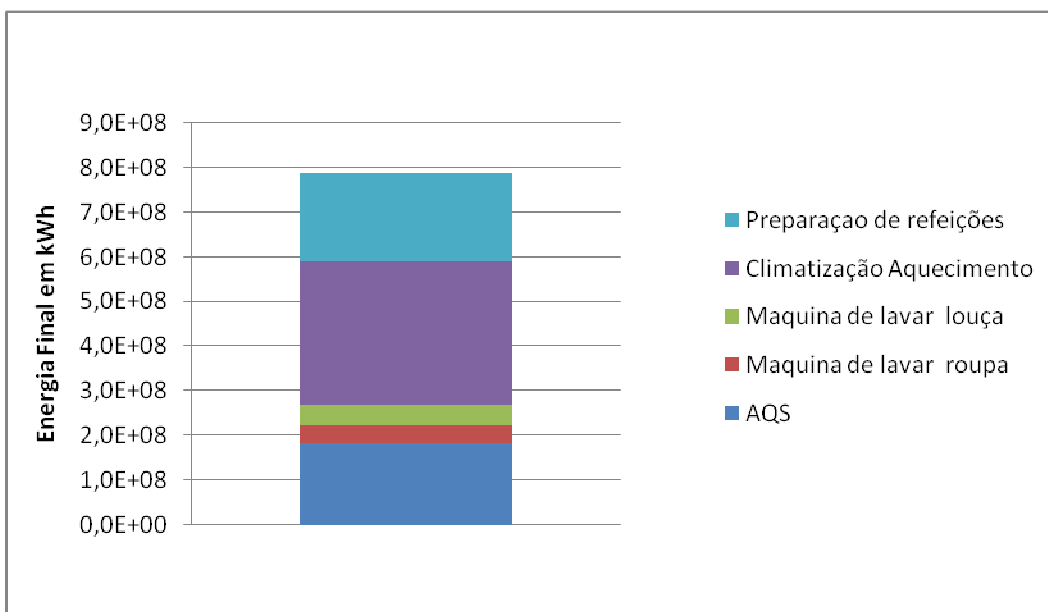


Figura 4 – Repartição de energia final no cenário “tudo electricidade”

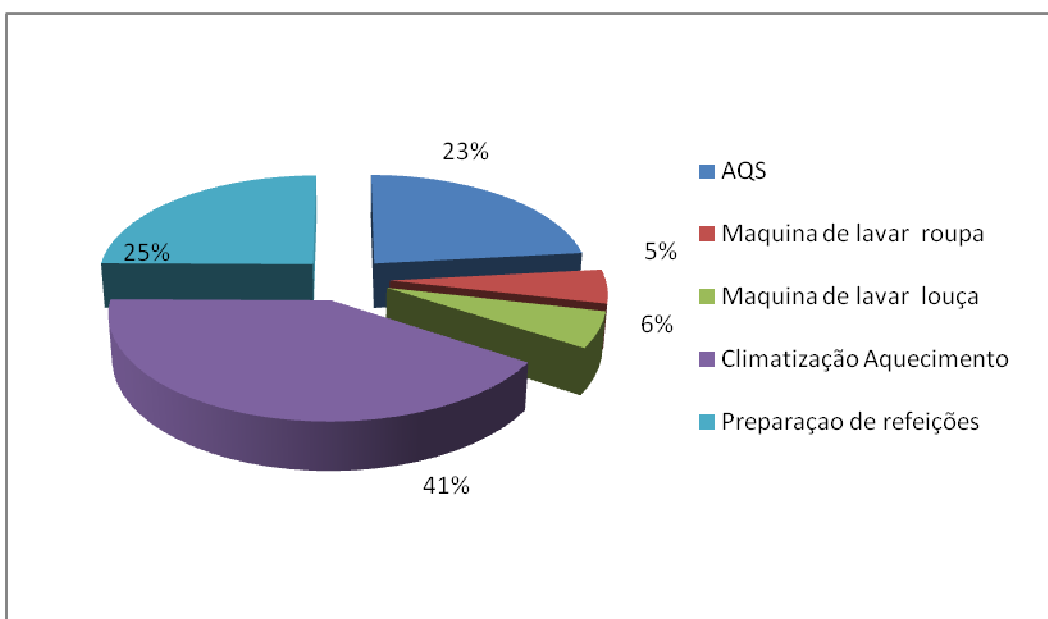


Figura 5 – Repartição de energia final no cenário “tudo electricidade”.

2.4.3 Consumo teórico de energia final no cenário “prioridade ao gás natural”

A estimativa de energia final no cenário prioridade ao gás natural apura-se por:

$$E_{\text{final}} = n^{\circ} \text{habitantes} \left(\frac{c.e.AQS}{\eta_{AQS}} + \frac{c.e.P.refeições}{\eta_{P.refeições}} + 0,85 \cdot \frac{c.e.M.l.roupa}{\eta_{caldeira}} + 0,15 \cdot c.e.M.l.roupa + \right. \\ \left. + 0,85 \cdot \frac{c.e.M.l.louça}{\eta_{caldeira}} + 0,15 \cdot c.e.M.l.louça + \frac{c.e.Cl.aq}{\eta_{caldeira}} \right)$$

$$E_{\text{final}} = 227790 \left(\frac{7641}{0,85} + \frac{7728}{0,75} + 0,85 \cdot \frac{1824}{0,85} + 0,15 \cdot 1824 + 0,85 \cdot \frac{1939}{0,85} + 0,15 \cdot 1939 + \frac{3333}{0,85} \right)$$

De referir que o gás natural é uma energia primária que se usa como final.

Cenário prioridade ao gás natural: 985 GWh de energia final.

: 1000 GWh de energia primária.

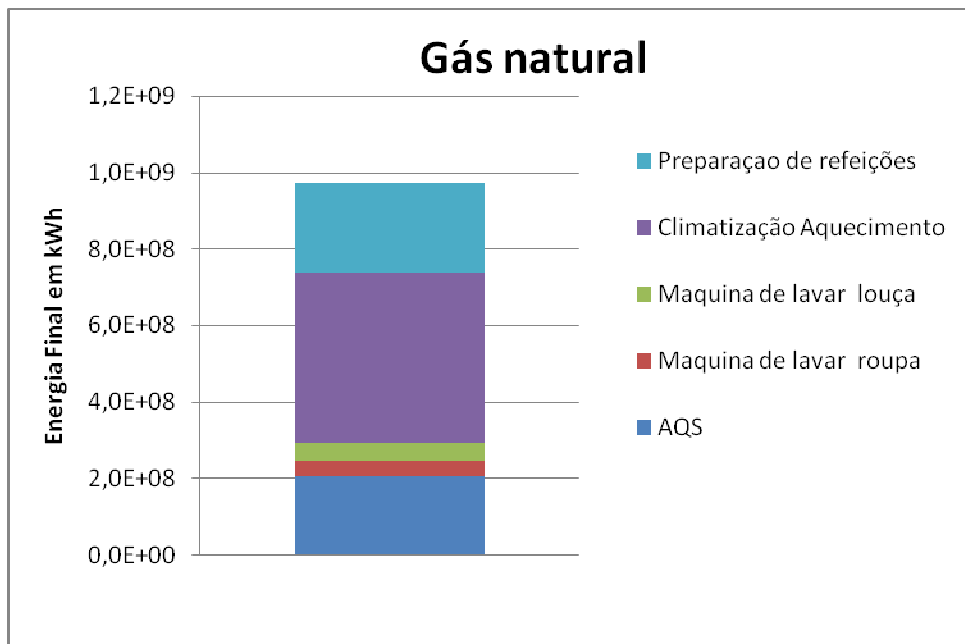


Figura 6 – Repartição de energia final no cenário prioridade ao gás natural (gás natural)

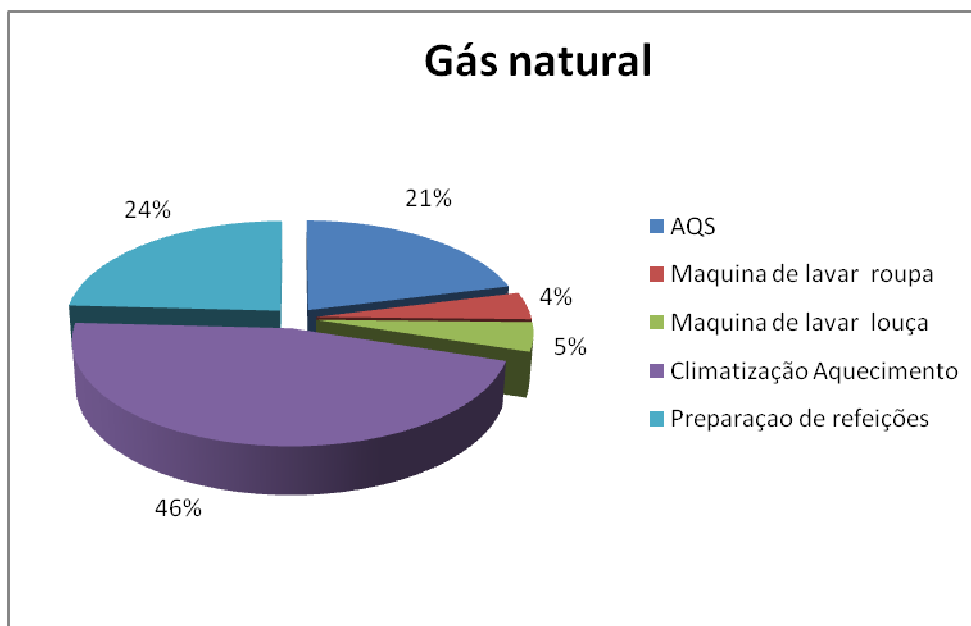


Figura 7 – Repartição de energia final no cenário prioridade ao gás natural (gás natural)

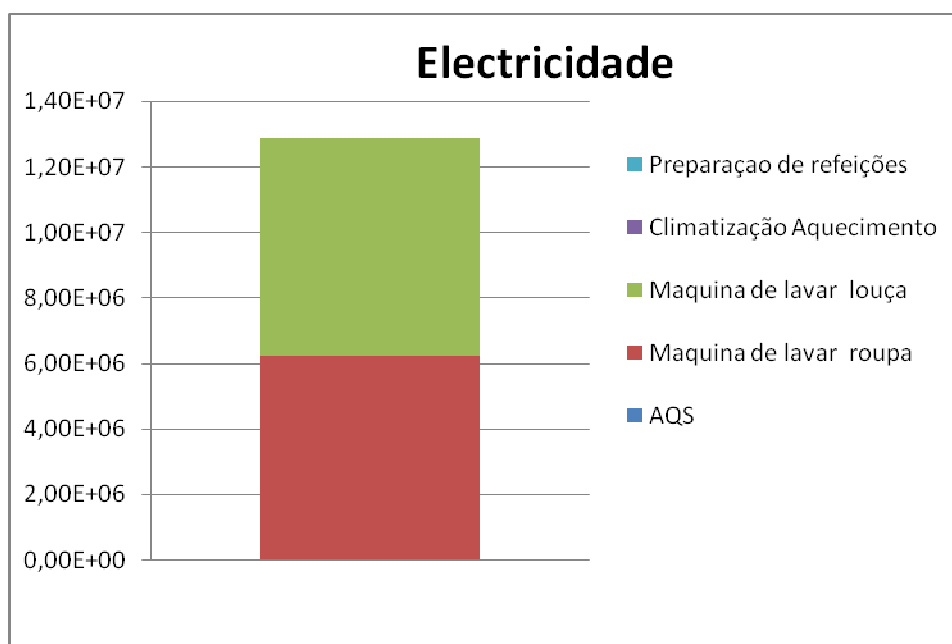


Figura 8 – Repartição de energia final no cenário prioridade ao gás natural (electricidade)

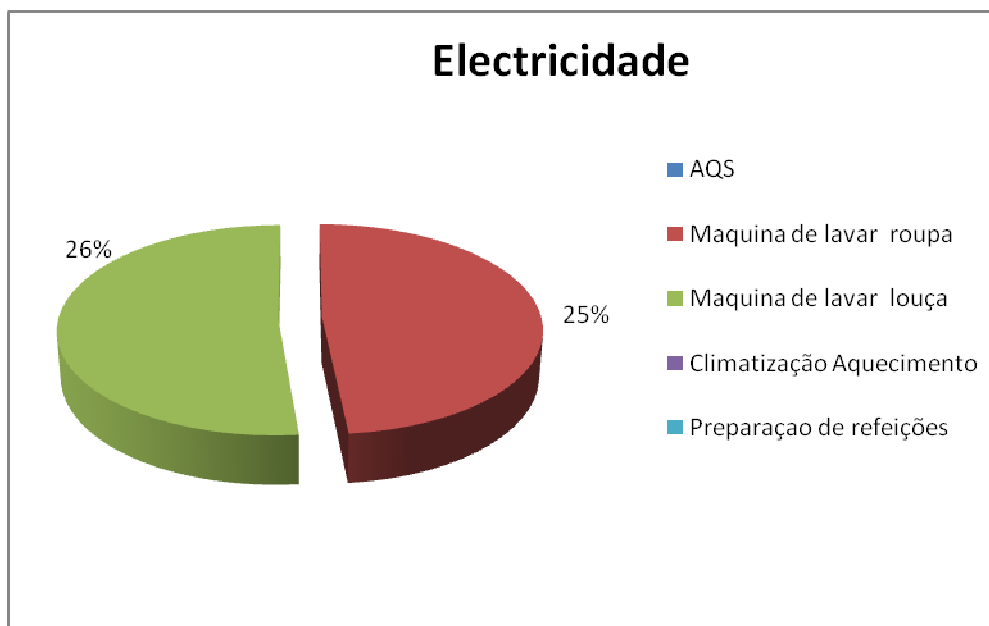


Figura 9 – Repartição de energia final no cenário prioridade ao gás natural (electricidade)

No cenário em que o vector é apenas a electricidade observamos que em energia final (790 GWh) é inferior ao cenário em que são impostos dois vectores, o gás natural e electricidade (985 GWh). Mas em termos de uso de energia primária destaca-se consideravelmente o primeiro cenário (1732 GWh) do segundo cenário (1000 GWh).

2.4.4 Comparação de emissões de CO₂

Após determinação da energia final para os dois cenários referidos, apresenta-se a comparação em termos de emissões de CO₂.

Tabela 4 – emissões de CO₂ por kWh

Electricidade	0,19	kg de CO ₂ /kWh
Gás natural	0,48	kg de CO ₂ /kWh

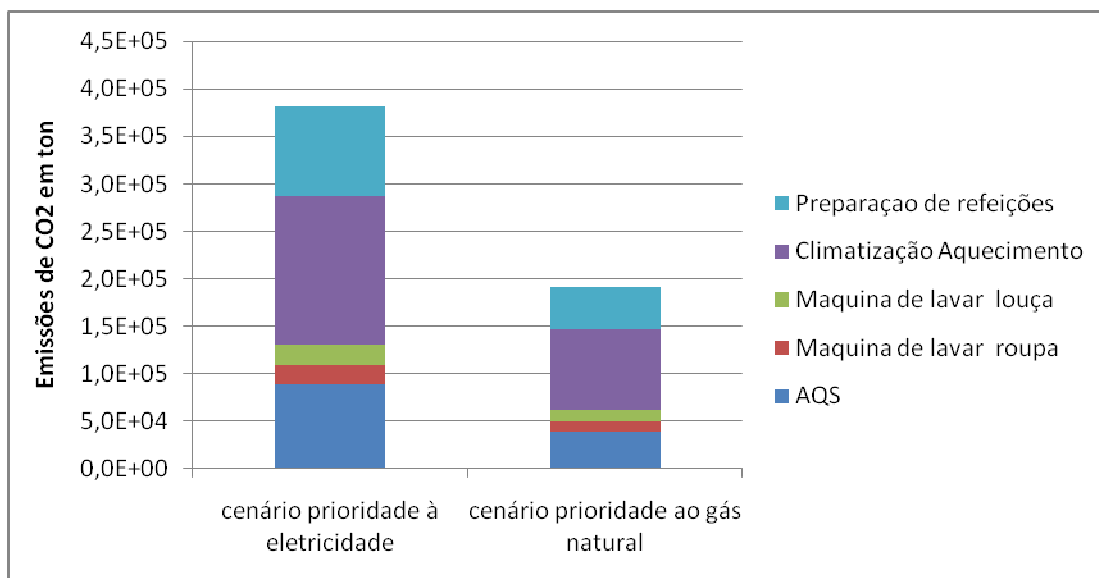


Figura 10 – comparação de cenário em termos de emissões de CO₂

Observando a figura 10 que representa as emissões de CO₂ para os dois cenários mencionados. Concluímos que é o cenário em que utiliza os dois vectores o mais vantajoso para o meio ambiente, pois apresenta valores de 190867 ton CO₂ comparando com os 381068 ton CO₂ do cenário “tudo electricidade”.

Ainda da análise da figura 10 verificamos que o aquecimento ambiente é o mais agressivo para o meio ambiente.

2.4.5 Análise de custos

Apresenta-se em seguida tabelas relativas à análise de custos para os dois cenários.

i) Cenário prioridade à electricidade [11]:

Tabela 5 – tarifas relativas ao cenário “prioridade à electricidade”

Tarifa simples Electricidade					
Potência contratada (kVA)	Mensalidade (euros/mês)	Preço da Energia (euros/kWh)	Consumo mensalidade (euros/(ano.pessoa))	Consumo energia (euros/(ano.pessoa))	Consumo total (euros)
6,9	10,09	0,118	121,08 €	407,78 €	528,86 €

Tabela 6 – tarifas relativas ao cenário “prioridade à electricidade”

Tarifa bi-horaria Electricidade						
Potência contratada (kVA)	Mensalidade (euros/mês)	Preço da Energia euros/kWh		Consumo mensalidade euros/(ano.pessoa)	Consumo energia euros/(ano.pessoa)	Consumo total euros
		Horas fora de vazio	Horas de vazio			
6,9	10,18	0,1396	0,0829	122,16 €	351,80 €	473,96 €

Utilizando a tarifa bi-horaria considerou-se apenas um terço dos consumos em horas fora de vazio.

Esta tarifa com o consumo de preferência nas horas de vazio permite economias. Neste caso em que a utilização é apenas de um terço nas horas fora de vazio, o consumo abate de 529 euros para 474 euros por ano por cada pessoa de referência.

Consideramos assim vantajosa a preferência da tarifa bi-horaria quando bem utilizada, ou seja quanto maior for a concentração do consumo nas horas de vazio menor será o valor a pagar pelos consumidores.

ii) Cenário prioridade ao gás natural [12]:

Tabela 7 – tarifas relativas ao cenário de utilização de dois vectores (gás natural)

Gás Natural					
Consumo anual (m³)	Mensalidade (euros/mês)	Preço da Energia (euros/kWh)	Consumo mensalidade euros/(ano.pessoa)	Consumo energia euros/(ano.pessoa)	Consumo total
220 - 480	4,6	0,059742009	55,20 €	254,87 €	310,07 €

Tabela 8 – tarifas relativas ao cenário de utilização de dois vectores (electricidade)

Electricidade					
Potência contratada (kVA)	Mensalidade (euros/mês)	Preço da Energia (euros/kWh)	Consumo mensalidade de	Consumo energia euros/(ano.pessoa)	Consumo total euros/(ano.pessoa)
6,9	10,09	0,118	121,08 €	6,66 €	127,74 €

Analisando o cenário relativo aos dois vectores, em que o consumo de gás natural e de electricidade é de 438 euros, concluímos que esta opção não é só favorável em termos de emissões de CO₂, mas também é ligeiramente mais conveniente no campo económico.

Capítulo 3

Energia actual

3.1 Caracterização Geral

No presente capítulo pretende-se determinar a energia-calor que a cidade do porto consome actualmente em edifícios de serviços e edifícios residenciais, numa perspectiva de oferta (vectores energéticos) e de Procura (usos finais).

Na perspectiva de oferta, os vectores são exclusivamente os mencionados anteriormente, a electricidade e o gás natural. Relativamente á electricidade foram usados dados da DGEG de 2006 [13]. Os dados do consumo de gás natural são provenientes da matriz energética do Porto [4].

Em relação à perspectiva de procura, é referente à utilização final da energia em calor, ou seja a repartição caracterizada no capítulo anterior:

- 1) Água quente sanitária
- 2) Preparação de refeições
- 3) Máquinas de lavar roupa
- 4) Climatização aquecimento
- 5) Máquinas de lavar louça

Quanto à repartição do consumo de energia consideraram-se os dados fornecidos em trabalhos anteriores [14], consulta em EDP [11] e nalguns casos de escassez de informação estimativas próprias.

Com o objectivo de determinar a energia-calor para o sector de edifícios, apresentam-se em seguida as tabelas referentes aos pesos das utilizações finais.

Para compreender melhor o conteúdo das tabelas, explica-se por exemplo a tabela 9: os 5% correspondentes às AQS e máquinas de lavar roupa, 3% para as máquinas de lavar louça, os 20 % para o aquecimento ambiente e 2% para preparação de refeições significam que é o peso na matriz energética (contém todas as utilizações finais) para o sector doméstico utilizando como vector a electricidade. Com os pesos das utilizações finais e com os consumos totais de energia torna-se possível determinar a energia para fins de calor, em perspectiva de oferta e de procura.

Tabela 9 – Peso das utilizações finais no consumo do vector

Sector Doméstico (Electricidade)	
Utilizações Finais	%
AQS	5,00%
Máquina de lavar roupa	5,00%
Máquina de lavar louça	3,00%
Climatização Aquecimento	20,00%
Preparação de refeições	2,00%

Tabela 10 – Peso das utilizações finais no consumo do vector

Sector dos serviços (Electricidade)	
Utilizações Finais	%
AQS	5,00%
Máquina de lavar roupa	1,00%
Máquina de lavar louça	1,00%
Climatização Aquecimento	5,00%
Preparação de refeições	5,00%

Tabela 11 – Peso das utilizações finais no consumo do vector

Sector Doméstico (Gás Natural)	
Utilizações Finais	%
AQS	50,00%
Máquina de lavar roupa	-
Máquina de lavar louça	-
Climatização Aquecimento	20,00%
Preparação de refeições	30,00%

Tabela 12 – Peso das utilizações finais

Sector dos Serviços (Gás Natural)	
Utilizações Finais	%
AQS	25,00%
Máquina de lavar roupa	-
Máquina de lavar louça	-
Climatização Aquecimento	50,00%
Preparação de refeições	25,00%

Ainda neste capítulo, apresenta-se de seguida uma comparação entre os dois cenários teóricos de energia final determinada anteriormente, e a energia actual aqui determinada.

3.2 Energia actual

3.2.1 Edifícios

Segundo a matriz energética do Porto [4], os edifícios residenciais e edifícios de serviços representam cerca de 58% da energia primária e das emissões de CO₂ do concelho. É valioso o conhecimento destes indicadores para determinar uma estratégia inteligente e capaz de atacar de forma eficaz sobretudo os problemas ambientais.

3.2.2 Edifícios residenciais

As figuras 11 e 12 representam em termos de oferta a desagregação dos vectores em estudo, para utilização final em calor.

Residencial: 281 GWh de energia final.

: 493 GWh de energia primária.

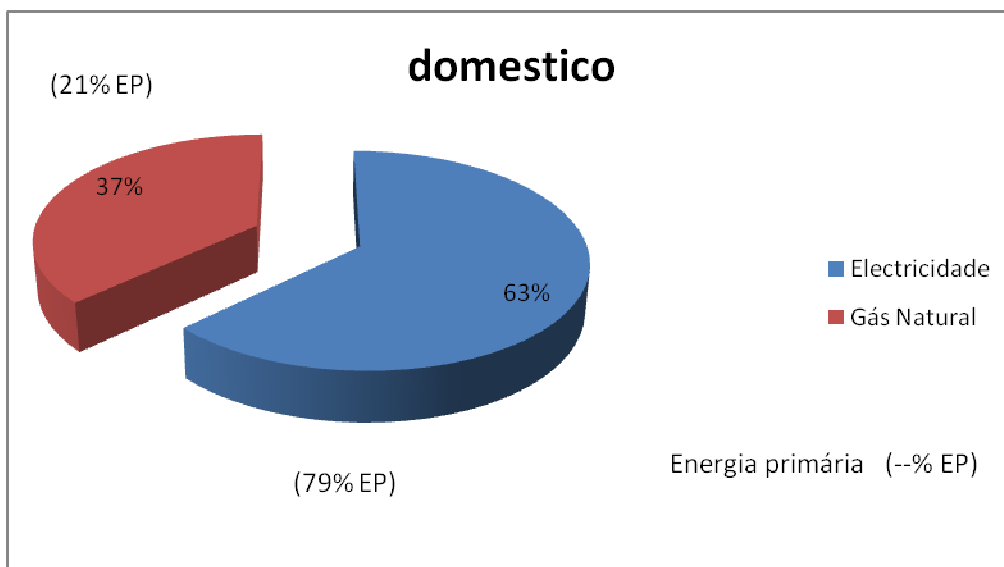


Figura 11 – desagregação da oferta energética nos edifícios residenciais por vectores em estudo.

Residencial: 105378 ton de CO₂

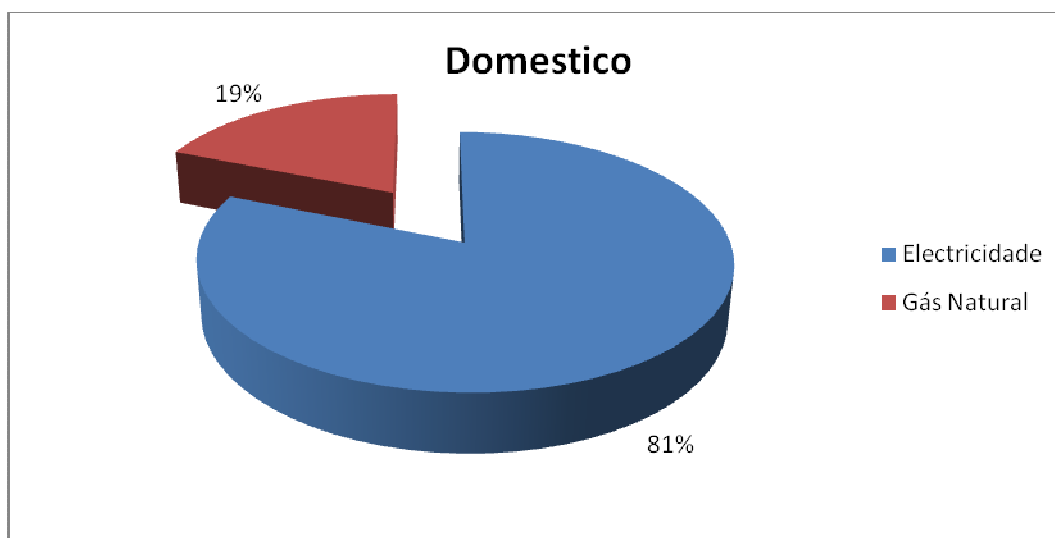


Figura 12 – desagregação das emissões de CO₂ no subsector residencial para os vectores em estudo da oferta energética

Na perspectiva de oferta, a electricidade com cerca de 80 % de energia primária e igual percentagem de emissões de CO₂, domina claramente a matriz referente aos dois vectores em estudo.

Em perspectiva de procura, as figuras 13 (electricidade) e 14 (gás natural) caracterizam a repartição energética do subsector residencial.

Residencial: 177 GWh (electricidade) de energia final

: 389 GWh (electricidade) de energia primária

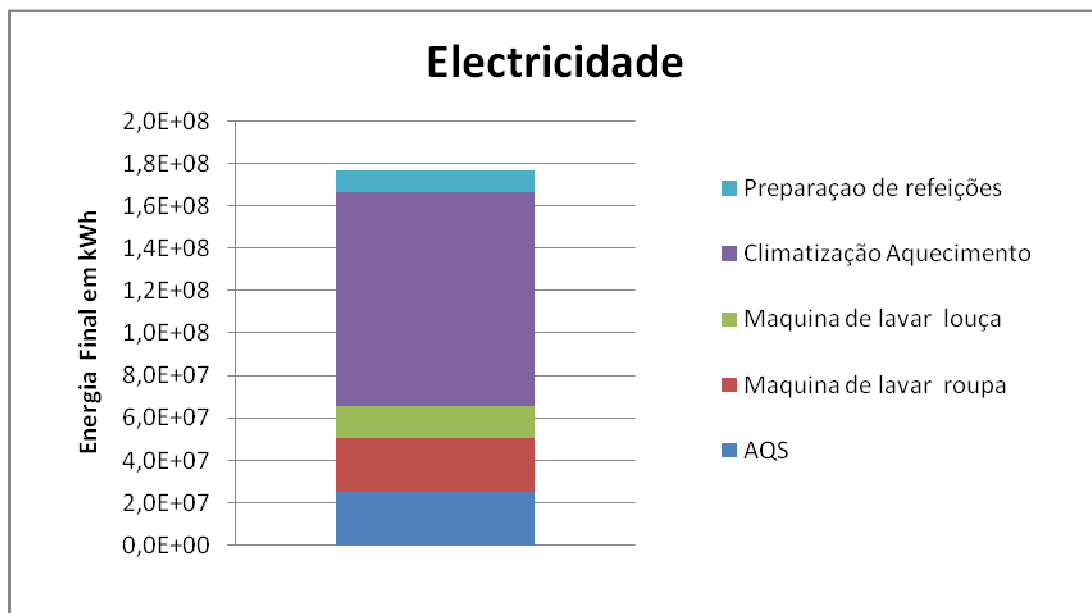


Figura 13 – Repartição de energia do subsector residencial pelas utilizações em calor

Residencial: 104 GWh (gás natural) de energia final e valor semelhante em energia primária

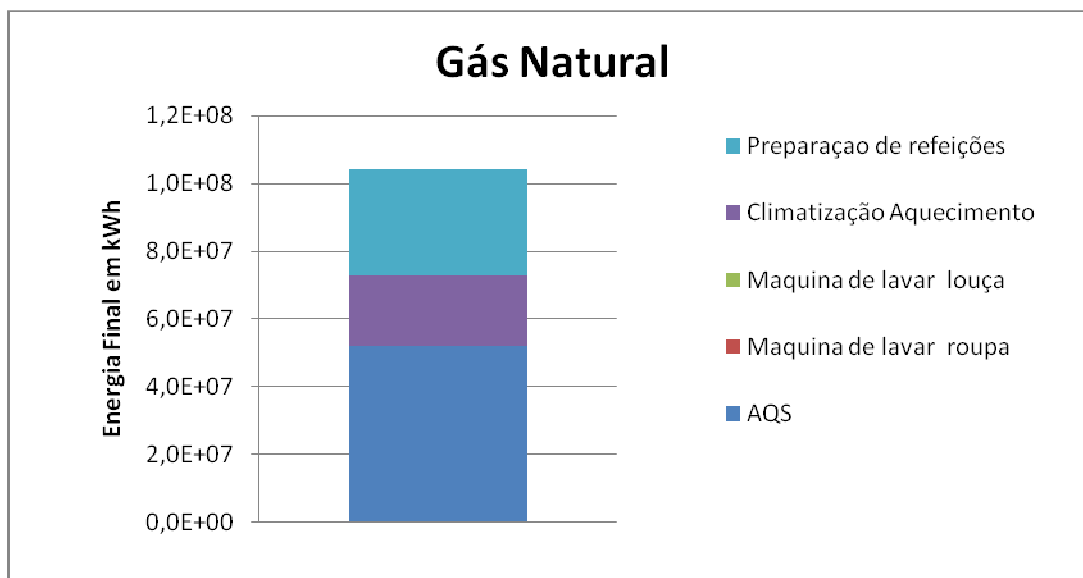


Figura 14 – Repartição de energia (gás natural) do subsector residencial pelas utilizações em calor

Na perspectiva de procura, analisando a figura 13, correspondente ao vector electricidade, observamos que a matriz é dominada nitidamente pela utilização em aquecimento ambiente.

Quanto á figura 14, relativa ao gás natural, verificamos que actualmente o vector é apenas usado para preparação de refeições (30%), aquecimento ambiente (20%) e preparação de água quente (50%), sendo esta a responsável pela parcela maior da matriz.

3.2.3 Edifícios de serviços

Igualmente ao sector residencial apresenta-se nas figuras 15 e 16 a desagregação da electricidade e gás natural em termos de oferta.

Serviços: 196 GWh de energia final

: 311 GWh de energia primária

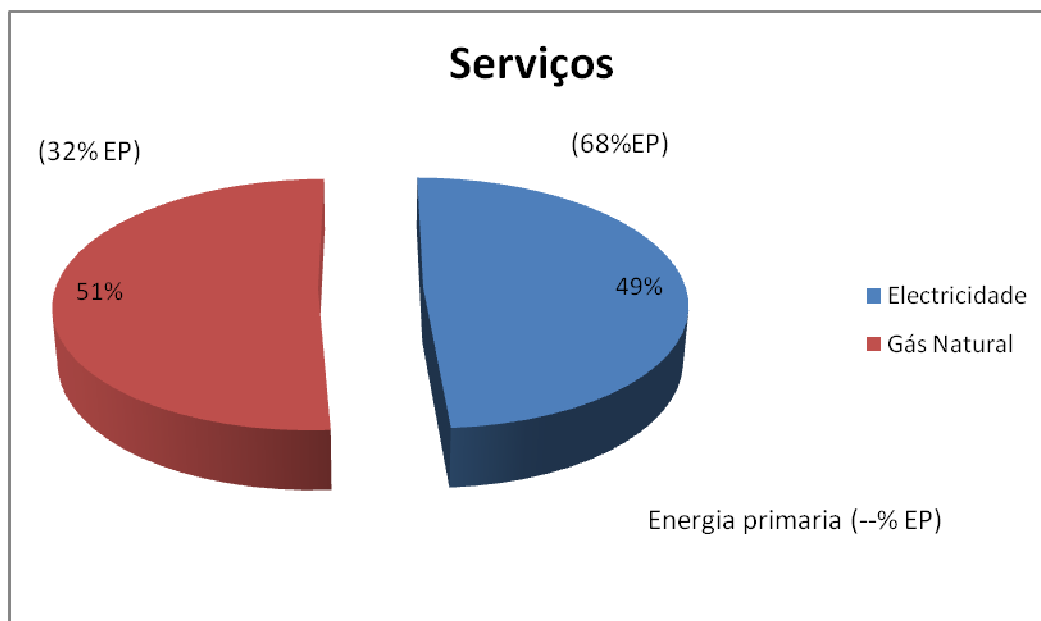


Figura 15 – desagregação da oferta energética nos edifícios de serviços por vectores em estudo.

Serviços: 653798 ton de CO₂.

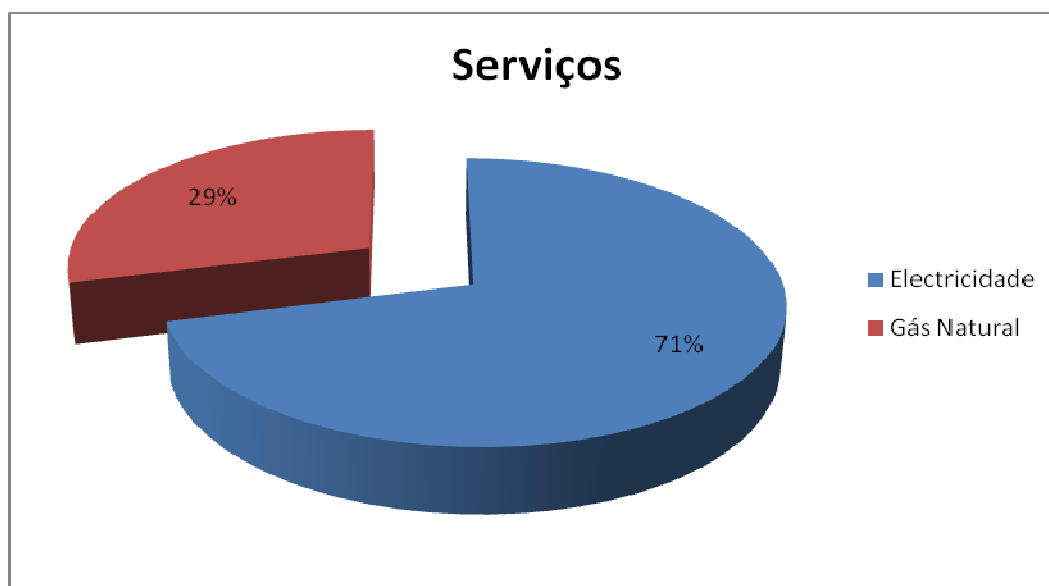


Figura 16 – desagregação das emissões de CO₂ no subsector de serviços para os vectores em estudo da oferta energética

Na perspectiva de oferta, a electricidade de igual modo ao sector residencial ocupa claramente a fatia maior, quer em energia primária quer na emissão de CO₂.

Na perspectiva de procura, as figuras 17 (electricidade) e 18 (gás natural) caracterizam a repartição energética do subsector de serviços.

Serviços: 96 GWh (electricidade) de energia final

: 211 GWh (electricidade) de energia primária

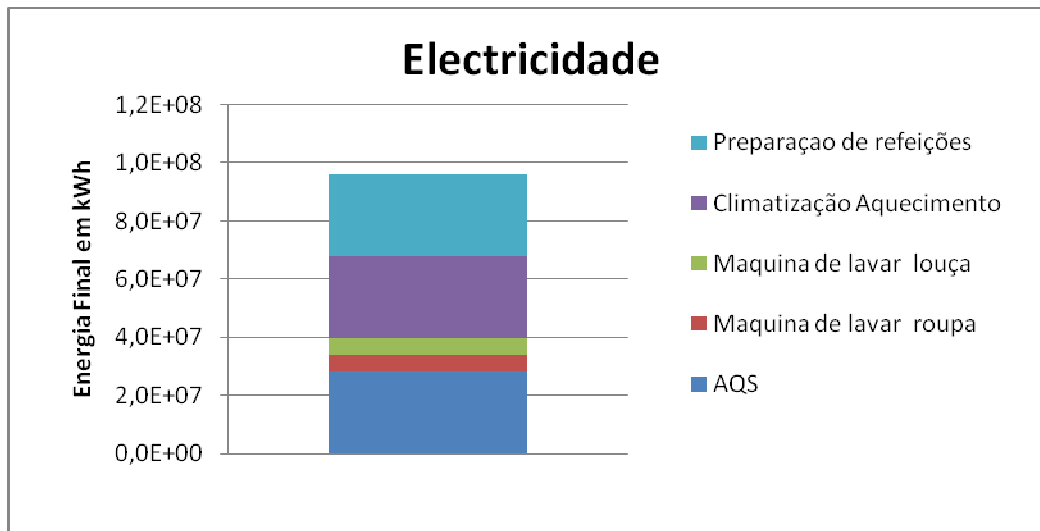


Figura 17 – Repartição de energia do subsector de serviços pelas utilizações em calor

Residencial: 100 GWh (gás natural) de energia final e primária

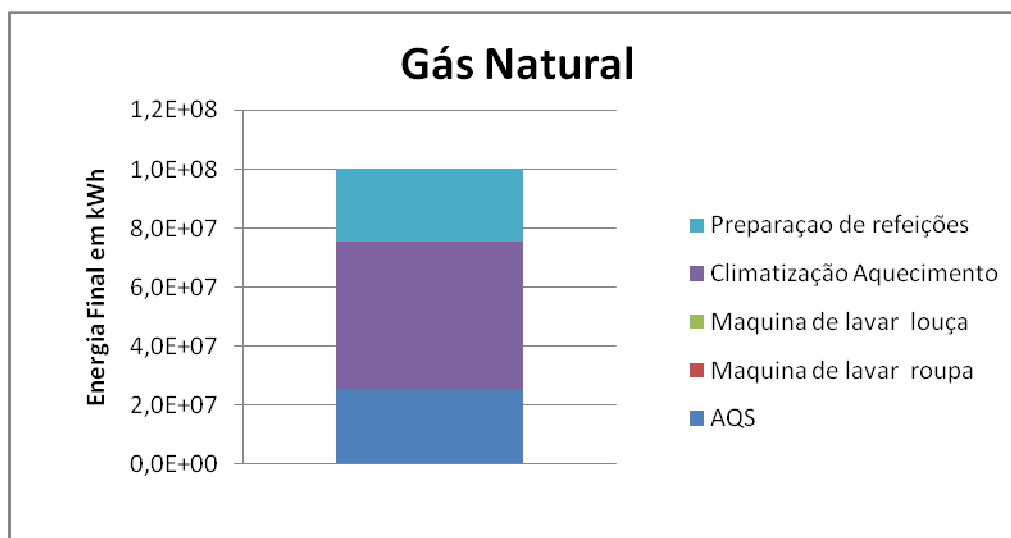


Figura 18 – Repartição de energia (gás natural) do subsector de serviços pelas utilizações em calor

Na perspectiva de procura:

-Como era de esperar no sector de serviços, a AQS, preparação de refeições e aquecimento ambiente dominam a matriz.

-em relação ao vector gás natural é o aquecimento ambiente que tem maior influencia (50%), preparação de refeições (25%) e preparação das AQS (25%) completam a matriz.

3.2.4 Cenário actual para os edifícios

Cenário actual: 273 GWh de energia final em electricidade

: 600 GWh de energia primária em electricidade

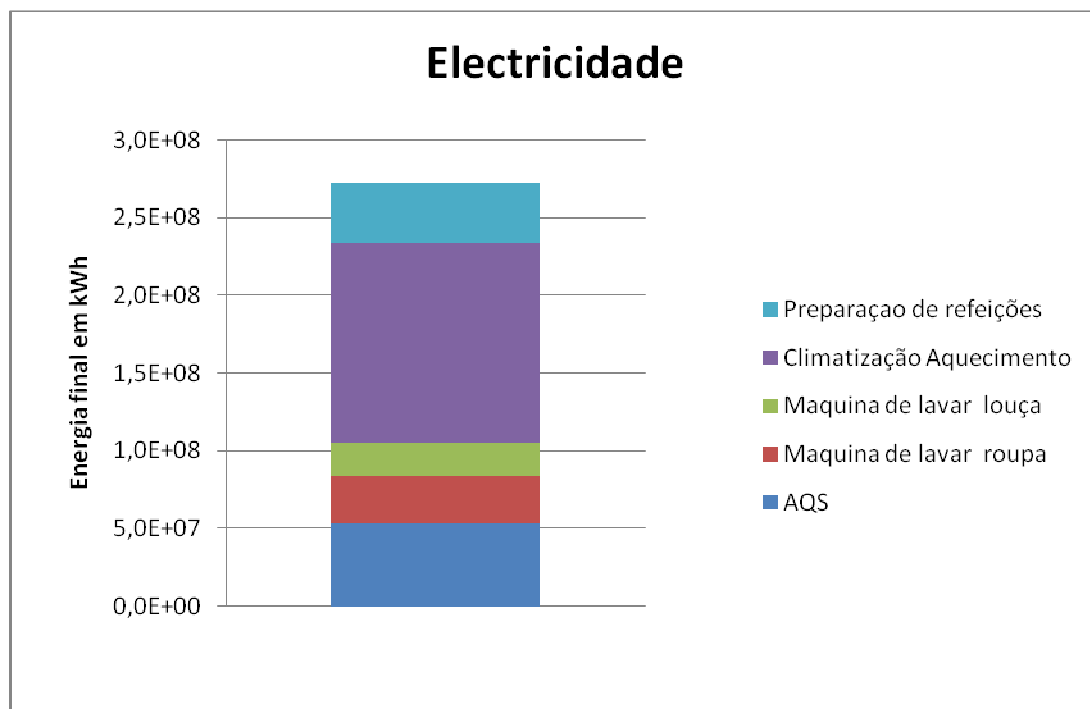


Figura 19 – Repartição de energia (electricidade) no sector edificios

Cenário actual: 204 GWh de energia final e primaria em gás natural

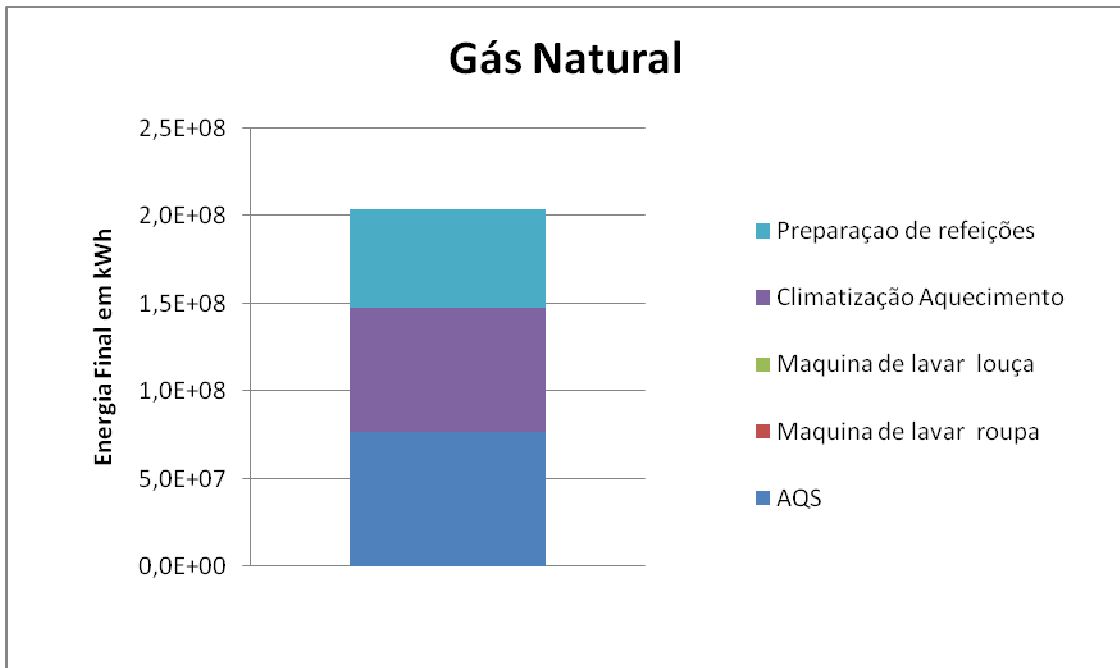


Figura 20 – Repartição de energia (gás natural) no sector edifícios

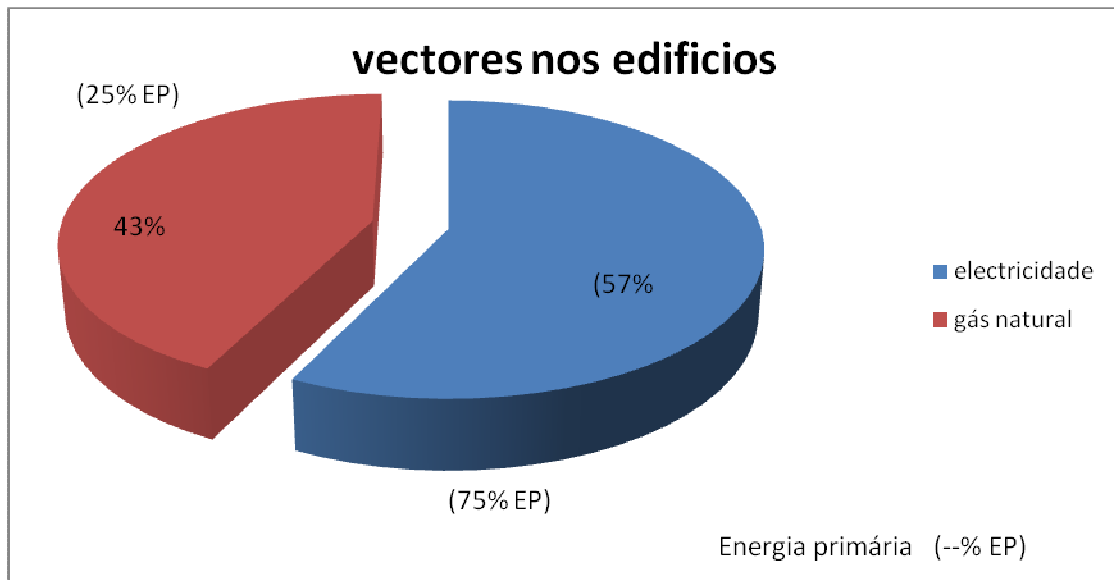


Figura 21 – Repartição de energia no sector edifícios

3.3 Comparação de cenários

No subcapítulo anterior foi caracterizado o consumo actual por sectores de actividade, na perspectiva da procura e na perspectiva da oferta. Apresentou-se ainda o consumo actual de energia dos vectores electricidade e gás natural para o sector residencial e sector de serviços.

Após apresentação do consumo actual efectua-se uma analogia entre os cenários referidos no capítulo 2 e o cenário actual.

A comparação de cenários é relativa à energia final, energia primária e emissões de CO₂.

3.3.1 Análise de cenários

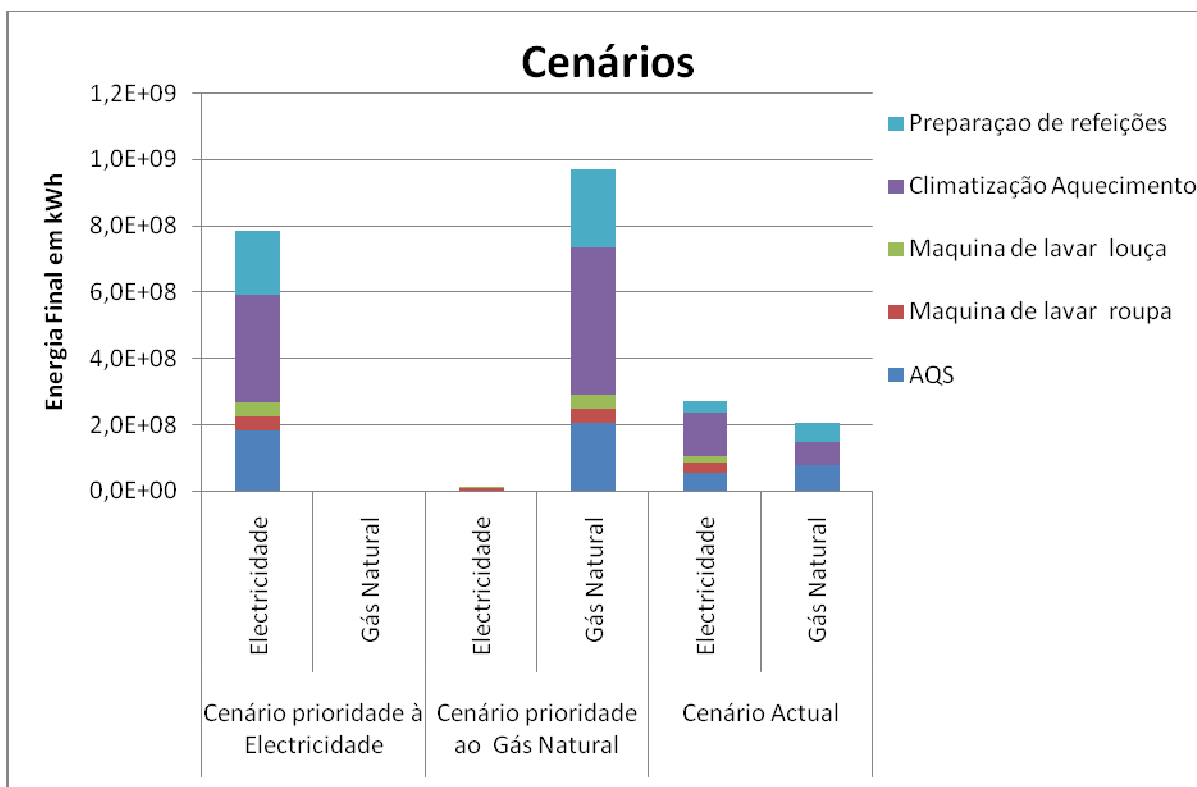


Figura 22 – Energia final para os cenários em estudo

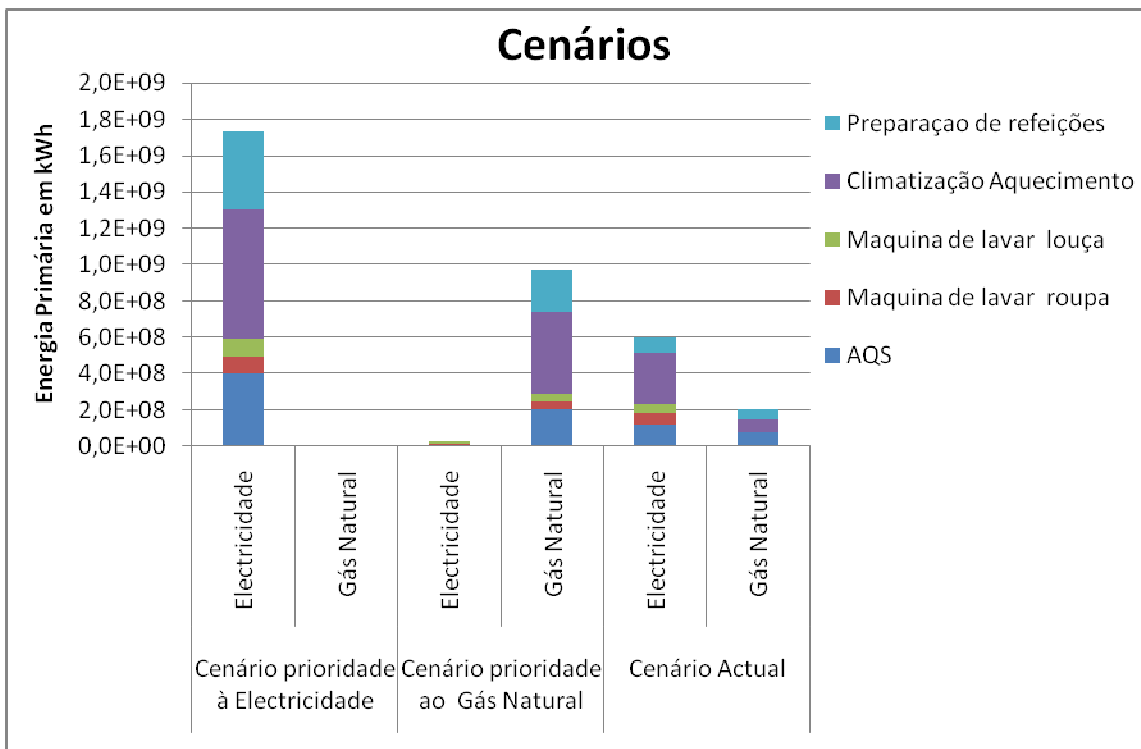


Figura 23 – Energia primária para os cenários em estudo

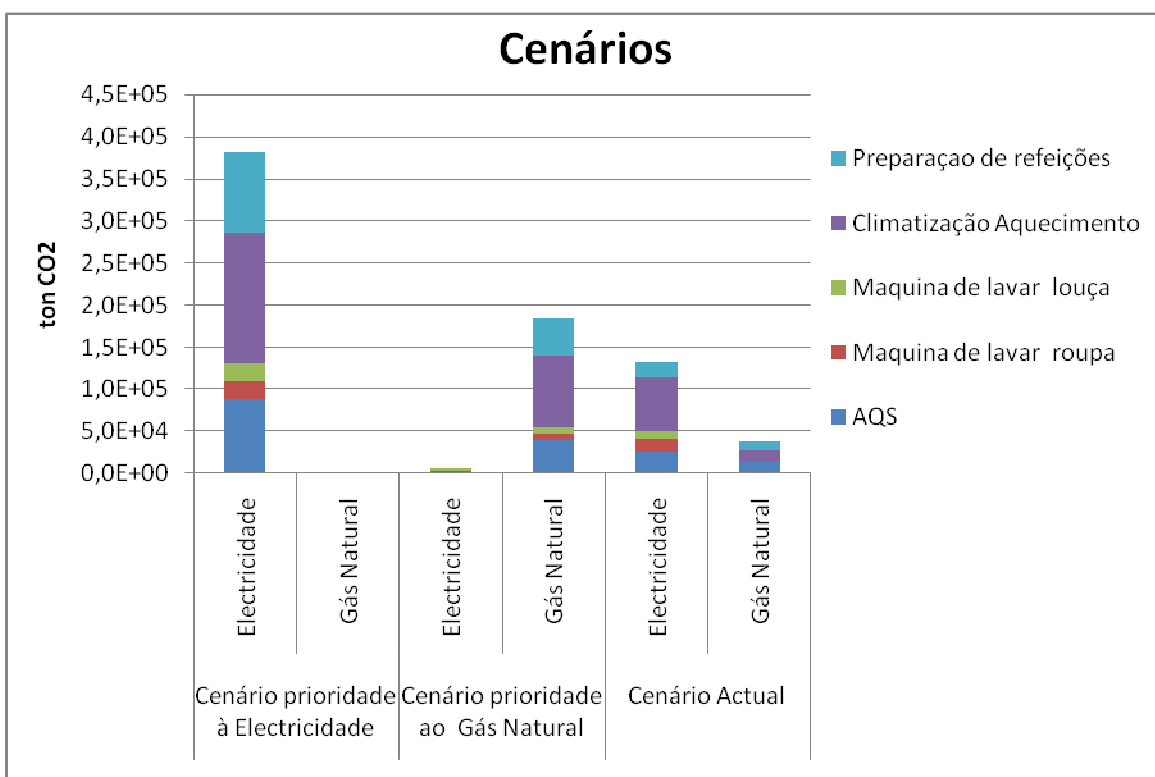


Figura 24 – Emissões de CO₂ nos diversos cenários

Em termos de energia final o cenário que apresenta maiores valores é o cenário prioridade ao gás natural, cerca de 972 GWh. Este valor pode ser justificado pelo rendimento dos equipamentos, que em termos de energia final são maiores na electricidade.

Já em termos de energia primária é o cenário de prioridade à electricidade, cerca de 1732 GWh, que possui maiores valores. Sendo assim permite-nos compreender a grandeza de emissões de CO₂ observada na figura 23 pelo cenário da electricidade.

Atendo às utilizações finais de energia verifica-se para preparação de refeições, aquecimento ambiente e AQS diferenças acentuadas entre os cenários teóricos e o cenário real. Tais diferenças podem ser justificadas por: as pessoas não consumirem os 40 litros de água quente por dia; consumirem refeições frias; e como anteriormente referido a climatização é pontual e não em permanência.

Contudo no cenário actual é a electricidade que tem mais influência no sector dos edifícios, no que diz respeito a energia em calor.

De um modo geral podemos especular que quanto maior é o recurso à electricidade maior será o impacto ambiental. A penetração do gás natural, e o uso de equipamentos e técnicas de construção mais eficientes são uma mais-valia face ao impacto que a electricidade tem no ambiente.

Capítulo 4

Possibilidade de optimização e migração de vectores

4.1 Energia e eficiência

Portugal produz apenas 15% da energia que consome, tornando-o num dos países mais dependentes da utilização de energias fósseis importadas.

Passamos 80% do nosso tempo em edifícios. Para Portugal os edifícios de serviços e residenciais representam 22% do consumo global de energia, um valor que tem aumentado 4% ao ano [15].

Em relação ao Porto 58% de energia primária corresponde a usos em edifícios de serviços e residenciais.

Estas situações têm consequências directas na economia, uma vez que o custo dos combustíveis fósseis importados encarece a produção de bens e serviços em território nacional.

Adicionalmente, a utilização pouco eficiente da energia traduz-se em ameaças preocupantes para o país, seja do ponto de vista económico, social ou ambiental

Uma alternativa a esta situação é o aumento da eficiência no consumo de energia e o aproveitamento do potencial de energias renováveis, que em Portugal é assinalável, com destaque para a energia solar, eólica, hídrica e da biomassa.

Eficiência energética pode ser definida como a optimização que podemos fazer na utilização da energia. A ameaça de esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, a pressão dos resultados económicos e as preocupações ambientais, levam-nos a encarar a eficiência energética como uma das soluções para equilibrar o modelo de consumo existente e para combater as alterações climáticas.

Aprender a utilizar de forma responsável a energia de que dispomos é garantir um futuro melhor para as gerações vindouras. No entanto, para lá chegarmos, precisamos de alterar a nossa atitude em relação ao consumo de energia, reflectindo-a nos gestos do dia-a-dia.

4.2 Objectivo

Neste capítulo abordam-se as possibilidades de optimização de energia e analisar o impacto quando se migra do vector electricidade para gás natural. Ou seja as hipóteses de redução do consumo de energia final.

Neste trabalho estão em estudo dois vectores de energia, o gás natural e electricidade. Sendo assim neste capítulo estudam-se os equipamentos com melhor eficiência energética e com preferência para o vector gás natural. Para o caso da climatização, não é apenas na tipologia dos sistemas para o efeito, mas também nas soluções construtivas para um melhor isolamento térmico dos edifícios, de modo a potenciar as economias de energia.

4.3 Preparação de AQS

Água Quente Sanitária (AQS) é a água quente canalizada que está disponível quando abrimos uma torneira. Poderemos estar a falar da torneira de uma cozinha como de uma casa de banho ou balneário.

Nas nossas casas recebemos a água fria à temperatura que nos é fornecida pela rede e teremos de ser nós a suportar os custos energéticos com o aquecimento da água. Este custo representa uma percentagem significativa de gastos de energia de uma família.

Existem várias formas de aquecer a água. Sendo as mais comuns, a utilização dos cilindros eléctricos e a utilização de esquentador a gás (gás butano, gás propano ou gás natural), um esquentador aquece a água de forma instantânea, ou seja, não existe depósito acumulador de água quente.

Estas alternativas não são as mais eficientes, pois nos cilindros eléctricos apesar de terem rendimentos entre os 80% e 95% [8], dependendo do isolamento no acumulador, são uma solução económica e ambiental pouco eficaz. Relativamente ao uso dos esquentadores não são um equipamento muito eficiente pois não possuem um depósito. Assim o aquecimento da água é instantâneo. O equipamento é portanto solicitado a funcionar em carga parcial e em ciclos muito curtos que reduzem o rendimento do processo.

Em seguida apresentam-se alternativas eficientes para um melhor uso da energia final.

4.3.1 Caldeiras murais e de chão a gás



Figura 25 – caldeira a gás

O conforto em água sanitária é um dos desejos mais importantes do utilizador. A água quente deve estar rapidamente disponível, de modo estável, e em caso de variações do seu caudal por abertura de um segundo ponto de consumo, que as consequências na temperatura de saída sejam o mais pequenas possíveis, ou até inexistentes. As caldeiras permitem o conforto desejado e algumas apresentam rendimentos de 94% [16].

As caldeiras são uma alternativa viável pela facilidade de instalação e pelos seus rendimentos elevados.

4.3.2 Caldeiras de condensação

As caldeiras de condensação distinguem-se das tradicionais pela sua capacidade de recuperarem calor dos produtos de combustão a partir do calor sensível (energia térmica recuperável pelo arrefecimento dos gases de combustão sem mudança de fase do vapor de água) e do calor latente (ou de condensação – energia libertada pela passagem do vapor de água contido nos gases de combustão a estado líquido).

O calor recuperado é reutilizado na caldeira para o processo de aquecimento, obtendo-se assim uma redução dos tradicionais desperdícios.

Numa caldeira normal, a temperatura de exaustão dos gases deve estar acima da temperatura de condensação do vapor de água. Esta exigência deve-se ao facto do vapor de água condensado poder conter enxofre, o que poderá provocar corrosão dos materiais se estes não forem de elevada qualidade.

Com a utilização do Gás Natural torna-se possível aumentar a quantidade de recuperação de calor dos gases de escape [12].

- Por ser praticamente isento de enxofre, o Gás Natural permite baixar a temperatura de saída de gases de combustão a níveis inferiores aos dos outros combustíveis, sem riscos de corrosão, aumentando deste modo a recuperação do calor sensível;
- As caldeiras de condensação a Gás Natural possibilitam também uma descida adicional da temperatura dos gases de exaustão até valores de apenas 10°C acima da temperatura de retorno da água da caldeira, possibilitando a recuperação de uma parte bastante
- Significativa do calor latente de condensação do vapor de água.

Comparativamente com as caldeiras tradicionais, as caldeiras de condensação a Gás Natural conduzem a um aumento de rendimento de cerca de 10%, sendo possível obter rendimentos sobre PCI superiores a 100%, devido à capacidade de aproveitamento do calor latente de condensação (PCI - Poder calorífico inferior – calor libertado na combustão total de um combustível se a água formada na combustão estiver no estado de vapor).

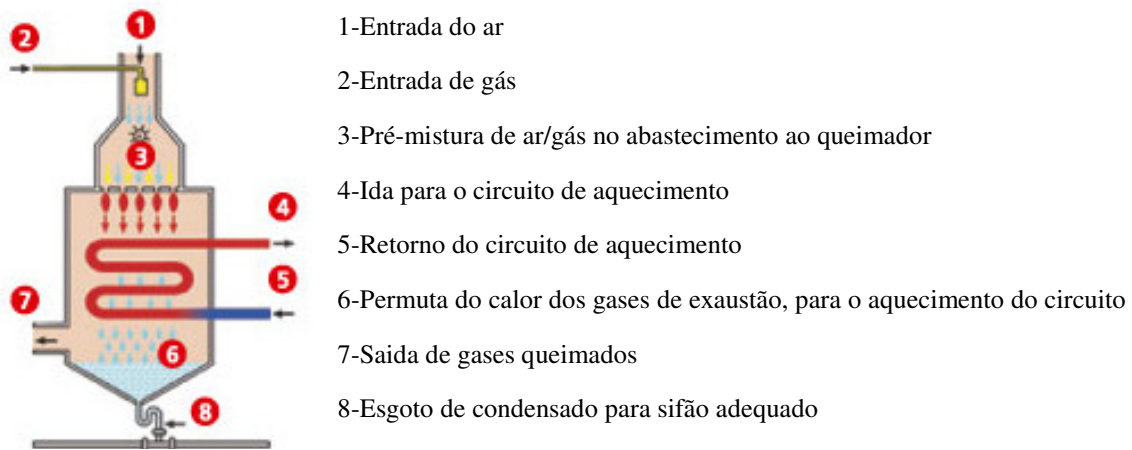


Figura 26 – esquema de caldeira de condensação e legenda [12]

A tecnologia de condensação permite atingir um elevado nível de rendimento, na ordem dos 109%, comparativamente com o rendimento de 94% de uma caldeira mural tradicional [16]

4.3.3 Colectores solares

Na preparação de águas quentes sanitárias o caso em que é mais benéfico para o meio ambiente é a utilização de colectores solares.



Nesta situação o que se pretende não é analisar *pay back* do colector solar mais sim as diferenças existentes, quer em impacto ambiental e económico, do apoio energético, para fazer face a períodos de menor insolação ou sem Sol. É utilizado um equipamento convencional de apoio (caldeiras, termoacumuladores, resistência eléctrica) que deve, no entanto, ser instalado de forma a dar sempre prioridade ao bom funcionamento do sistema solar.

Figura 27 – Colector solar

4.4 Máquinas de lavar

Em Portugal, na grande maioria das casas onde se utilizam máquinas de lavar são as próprias máquinas a aquecer a água através de uma resistência eléctrica. Isto representa um elevado consumo de electricidade, tendo também o inconveniente de aquecer a água muito lentamente e por isso obrigar a que as máquinas estejam a funcionar durante mais tempo.

Existem máquinas preparadas para receber água pré-aquecida, evitando assim a necessidade da resistência eléctrica. Estas máquinas permitem poupar uma quantidade significativa de energia se o nosso sistema de aquecimento de água apresentar elevado rendimento. No entanto, teremos de exigir aos fabricantes de electrodomésticos que disponibilizem equipamentos com estas características, ainda praticamente inexistentes no mercado nacional



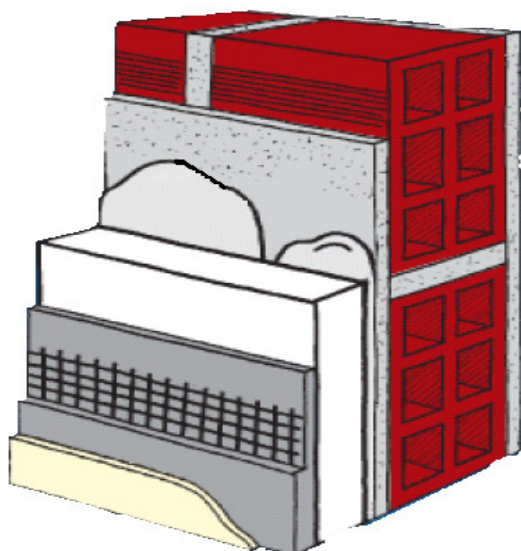
É necessário referir que estas máquinas, devido às suas características específicas, não estão abrangidas pelas normas relativas à etiquetagem energética, no entanto, são muito mais eficientes que uma máquina com classe de eficiência energética A.

Assim a eficiência das máquinas de lavar deverá considerar o rendimento relativo ao accionamento mecânico (consumo de electricidade) e o rendimento do sistema de preparação de água quente.

Figura 28 – máquinas de lavar [9]

4.5 Climatização

O aquecimento e arrefecimento ambiente são responsáveis por uma elevada percentagem na matriz de calor. Anteriormente observamos que as necessidades de climatização não eram satisfeitas na totalidade, para estes fins os consumos energéticos não deixam de ser bastante acentuados.



Como nas outras utilizações finais existe a necessidade de aumentar a eficiência energética, não apenas em equipamentos mas também em soluções construtivas que permitam reduzir significativamente as necessidades de aquecimento e arrefecimento.

As soluções construtivas como isolamento de pavimentos, paredes e coberturas, utilização de vidros duplos, sombreamento de vãos envidraçados, etc., Têm então um impacto importante ao nível da poupança de energia no que diz ao Aquecimento e Arrefecimento Ambiente.

Figura 29 – isolamento de uma parede pelo exterior

4.6 Preparação de refeições

Os equipamentos para preparação de alimentos evoluíram muito nos últimos anos. Hoje, além do vulgar fogão com placa e forno no mesmo aparelho, podemos encontrar aparelhos encastráveis, com placa e forno separados, de *design* mais ou menos inovador e fontes de calor muito diversificadas.

As fontes de calor podem ser alimentadas por gás e por electricidade. O aquecimento com gás abrange a chama directa em que o queimador actua directamente sobre o recipiente e a chama indirecta em que o queimador aquece a placa vitrocerâmica onde são colocados os recipientes. O aquecimento com electricidade engloba os discos eléctricos aquecidos através de resistência e as placas vitrocerâmicas aquecidas através de resistência, lâmpadas de halogéneo ou indução magnética.

No aquecimento com gás com chama directa o calor é produzido pela reacção do gás com o oxigénio do ambiente (chama) que transfere o calor para o utensílio por contacto directo. A chama deve ser regulada de modo a não ultrapassar o diâmetro da base do utensílio para evitar dissipação de energia

Este tipo de aquecimento pode ser adequado a qualquer tipo de utensílio (material e diâmetro da base), tem uma relação rendimento/preço razoável, a presença de “calor” é visível e os aparelhos são baratos.



Figura 30 – fogão a gás [9]

Na chama indirecta a chama encontra-se por baixo de uma placa de vidro, não havendo contacto directo com o utensílio. O calor é transferido por condução do vidro. Apresenta com vantagem a facilidade de limpeza e como inconvenientes o preço elevado, a obrigatoriedade dos utensílios possuírem base plana e a elevada temperatura do vidro que pode mesmo partir-se caso se ligue sem o recipiente em cima.

4.7 Resultados da utilização de equipamentos eficientes

A protecção do meio ambiente é uma das principais vantagens dos equipamentos e soluções energeticamente mais eficientes que reduzem a emissão de dióxido de carbono e são mais económicos.

Em seguida apresenta-se um esquema relativo aos equipamentos e soluções para as utilizações finais de energia em calor.

Utilização Final	Equipamentos	Rendimento	Vector
- Água Quente Sanitaria	caldeira de condensação	109%	Gás Natural
- Máquinas de lavar roupa		109%	85% Gás Natural
			15% Electricidade
- Máquinas de lavar louça		109%	85% Gás Natural
			15% Electricidade
- Aquecimento ambiente		109%	Gás Natural
- Preperação de refeições		75%	Gás Natural

Figura 31 – esquema de utilizações finais

Nas AQS, máquinas de lavar e aquecimento ambiente considerou-se como aquecimento de água uma caldeira de condensação com rendimento de 109% [16].

Nas máquinas de lavar, como anteriormente referido apenas 15% do consumo são para a parte mecânica, ou seja os restantes 85% corresponde ao aquecimento de água [5].

Em relação ao aquecimento ambiente realiza-se através de água quente, proveniente da caldeira. As soluções construtivas mais eficientes também são uma das alterações. As novas necessidades de energia para o aquecimento ambiente correspondem aos mesmos apartamentos analisados no trabalho [6] referido no capítulo 2, mas cumprindo o RCCTE. O novo valor de necessidades de climatização para aquecimento é sensivelmente 74 kWh/m².ano.

Para a preparação de refeições como não foi encontrado qualquer rendimento optou-se por um rendimento igual ao já considerado capítulo 2.

4.7.1 Resultados em energia e emissões de CO₂

Cenário otimização: 706 GWh de energia final

: 721 GWh de energia primária

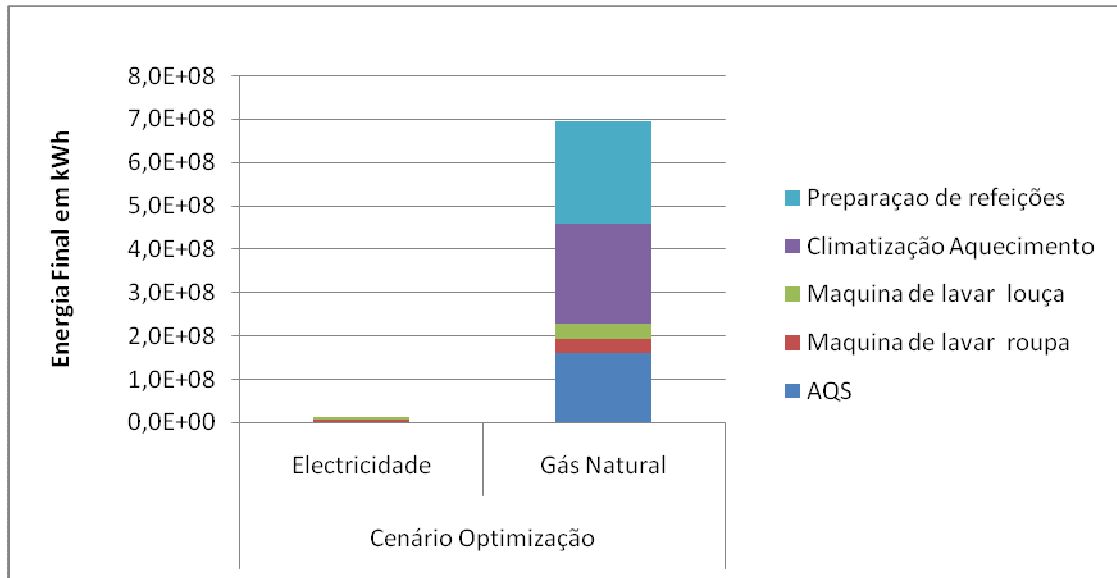


Figura 32 – cenário otimização com prioridade ao gás natural

Cenário otimização: 137896 ton de CO₂

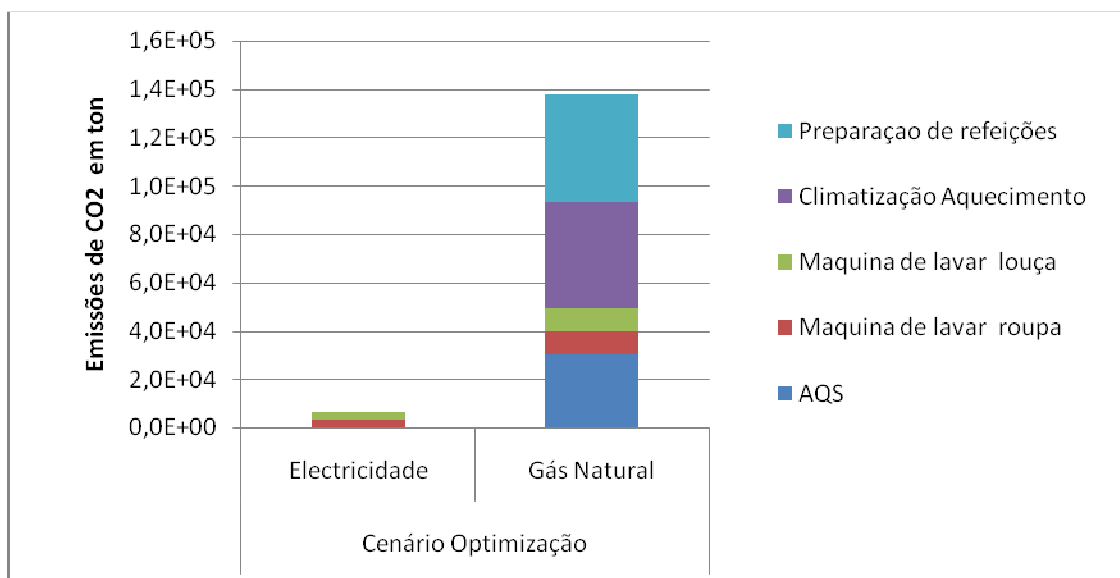


Figura 33 – cenário otimização com prioridade ao gás natural

As figuras seguintes apresentam a comparação do cenário optimização com os cenários prioridade ao gás natural e actual em relação à energia final e emissões de CO₂.

Cenário optimização e cenário prioridade ao gás natural em energia final

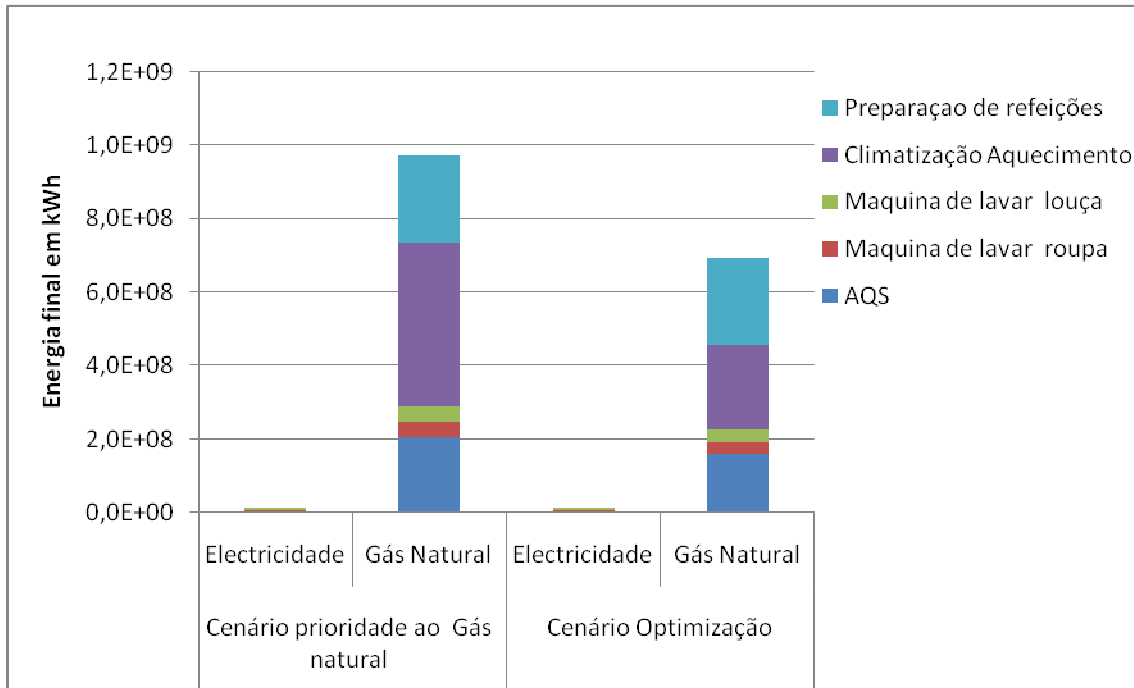


Figura 34 – comparação do cenário optimização e cenário prioridade ao gás natural

Cenário otimização e cenário prioridade ao gás natural em emissões de CO₂

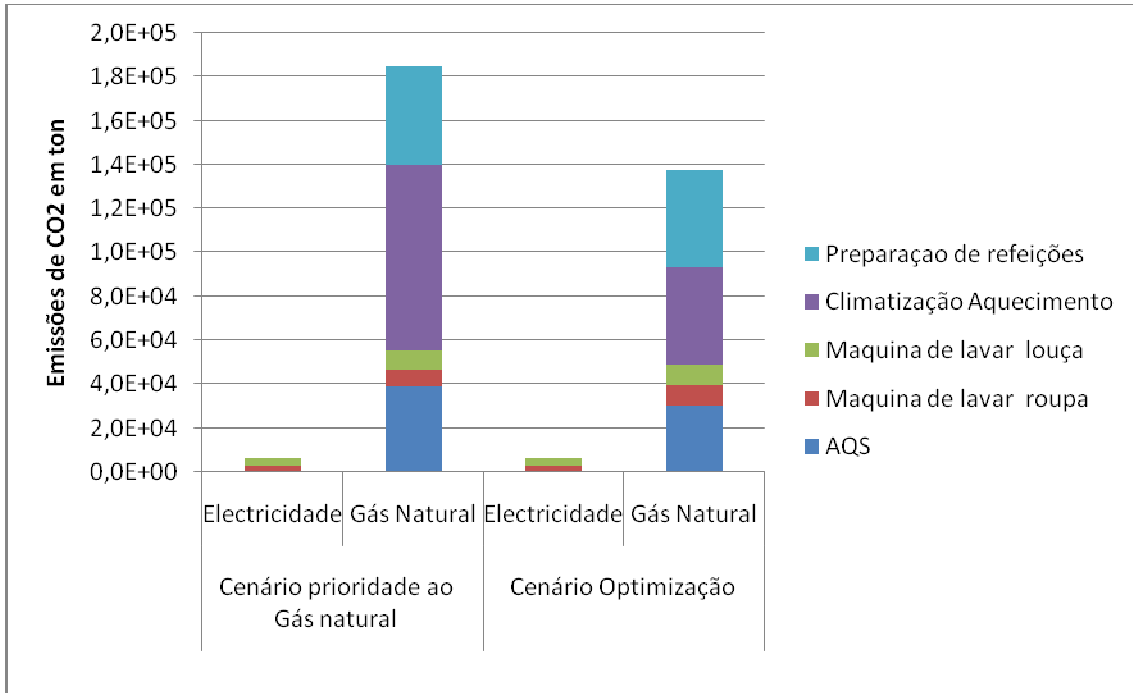


Figura 35 – comparação do cenário otimização e cenário prioridade ao gás natural

Cenário otimização e cenário actual em energia final

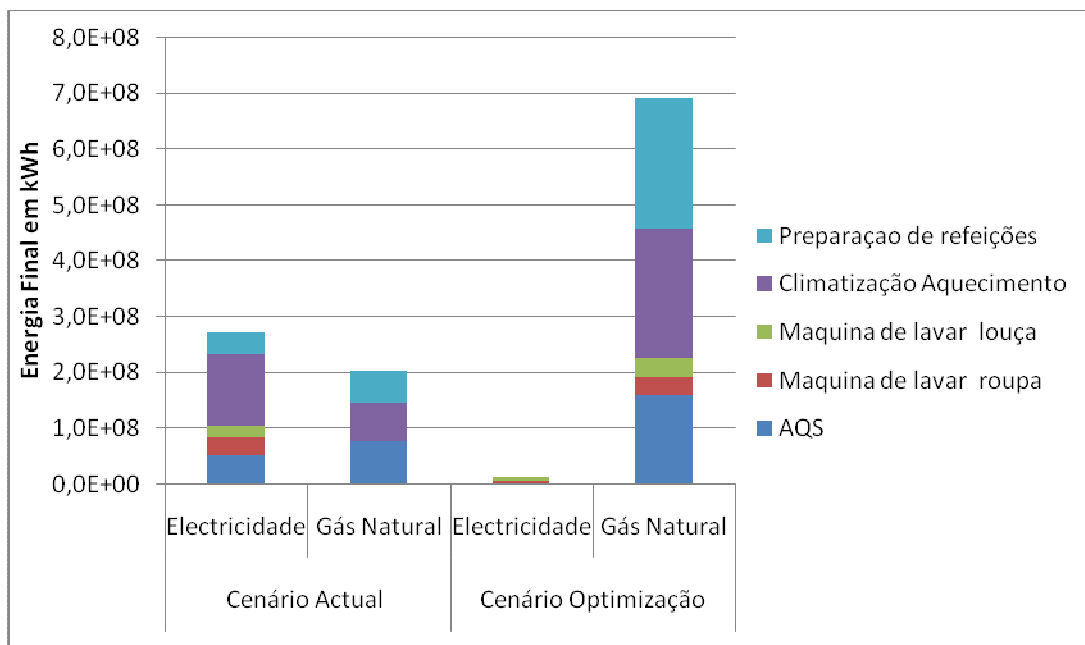


Figura 36 – comparação do cenário otimização e cenário actual

Cenário optimização e cenário actual em emissões de CO₂

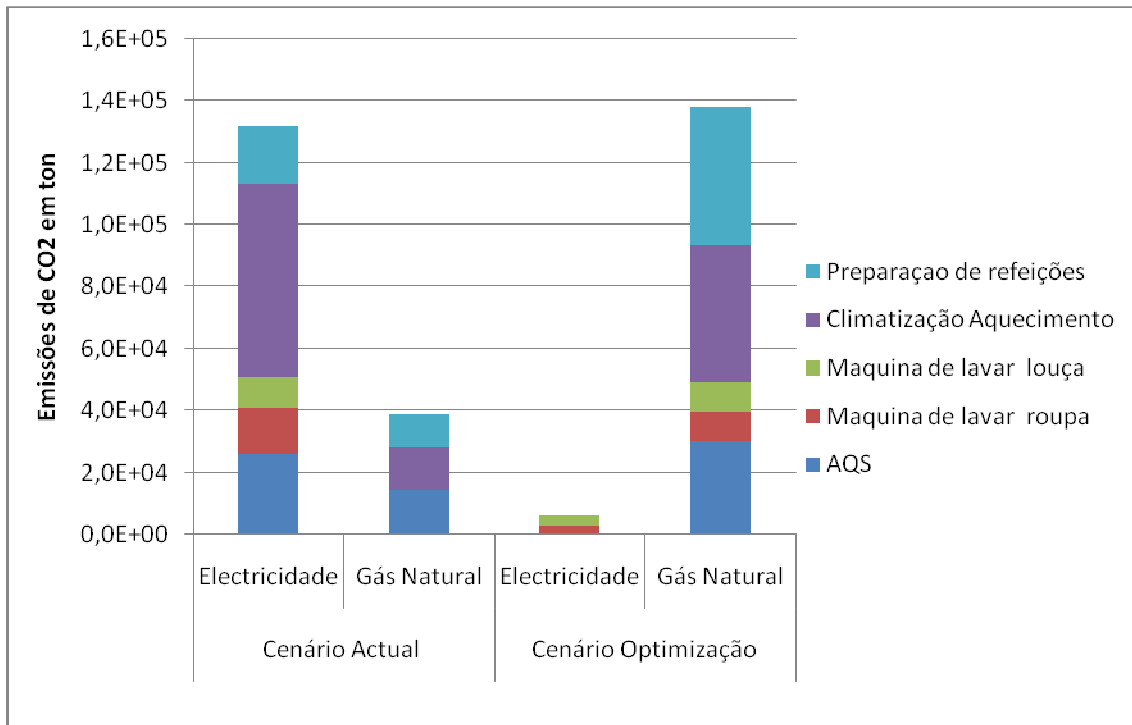


Figura 37 – comparação do cenário optimização e cenário actual

Analisando a figura 30 e 31 observamos que o cenário prioridade ao gás natural quando optimizado, ou seja aumentar a eficiência energética sofre reduções cerca de 280 GWh em energia final. Em termos de emissões de CO₂ a redução é aproximadamente 46746 ton de CO₂. Sendo assim o aumento da eficiência energética permite reduzir significativamente a energia final e por consequência reduzir as emissões de gases poluentes para a atmosfera terrestre que aumenta o efeito de estufa.

4.7.2 Análise de custos para a utilização de equipamentos eficientes

Em seguida apresentam-se tabelas relativo aos custos económicos do cenário optimização e a comparação com o cenário prioridade ao gás natural

Tabela 13 – tarifas relativamente ao cenário optimização (electricidade)

Electricidade					
Potência contratada	Mensalidade	Preço da Energia	Consumo mensalidade	Consumo energia	Consumo total
(kVA)	(euros/mês)	(euros/kWh)	euros/(ano.pessoa)	euros/(ano.pessoa)	euros/(ano.pessoa)
6,9	10,09	0,118	121,08 €	6,66 €	127,74 €

Tabela 14 – tarifas relativamente ao cenário optimização (gás natural)

Gás Natural					
Consumo anual	Mensalidade	Preço da Energia	Consumo mensalidade	Consumo energia	Consumo total
(m ³)	(euros/mês)	(euros/kWh)	euros/(ano.pessoa)	euros/(ano.pessoa)	
220 - 480	4,6	0,059742009	55,20 €	181, 75 €	236,95 €

O cenário optimização em termos económicos por pessoa é de 364,70 euros de despesa por ano. Comparando com o cenário prioridade ao gás natural existe uma diminuição 73,11 euros.

Contudo esta análise é efectuada em cenários em que os equipamentos têm prioridade ao gás natural. Como já tínhamos observado no capítulo 2, as vantagens do gás natural face à electricidade, concluímos que em termos económicos também era vantajoso. Porém a análise não deve ser apenas em termos de custos de energia, mas sim também ter em conta o preço do investimento nas alternativas mais eficientes.

O preço do investimento nem sempre compensa a diferença do custo da energia final, assim deparamos com uma barreira para a penetração do gás natural que no capítulo seguinte aborda-se mais detalhadamente.

4.8 Análise de migração de electricidade para gás natural

Para o subcapítulo presente pretendem-se analisar quais os impactos da substituição da electricidade para o gás natural.

A substituição é apresentada igualmente com equipamentos e soluções construtivas mais eficientes com o objectivo de diminuir a energia final e consequentemente “agredir” menos o meio ambiente.

4.8.1 Resultados em energia final e emissões de CO₂

Comparação do cenário migração e cenário actual em energia final.

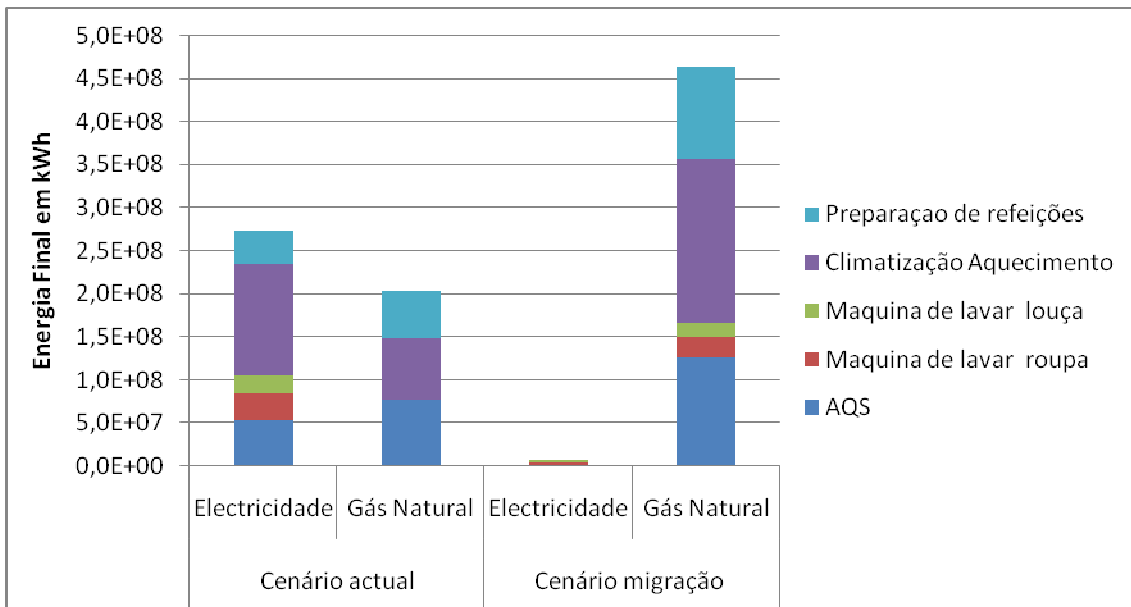


Figura 38 – comparação da migração de electricidade para gás natural em energia final

Comparação do cenário migração e cenário actual em emissões de CO₂

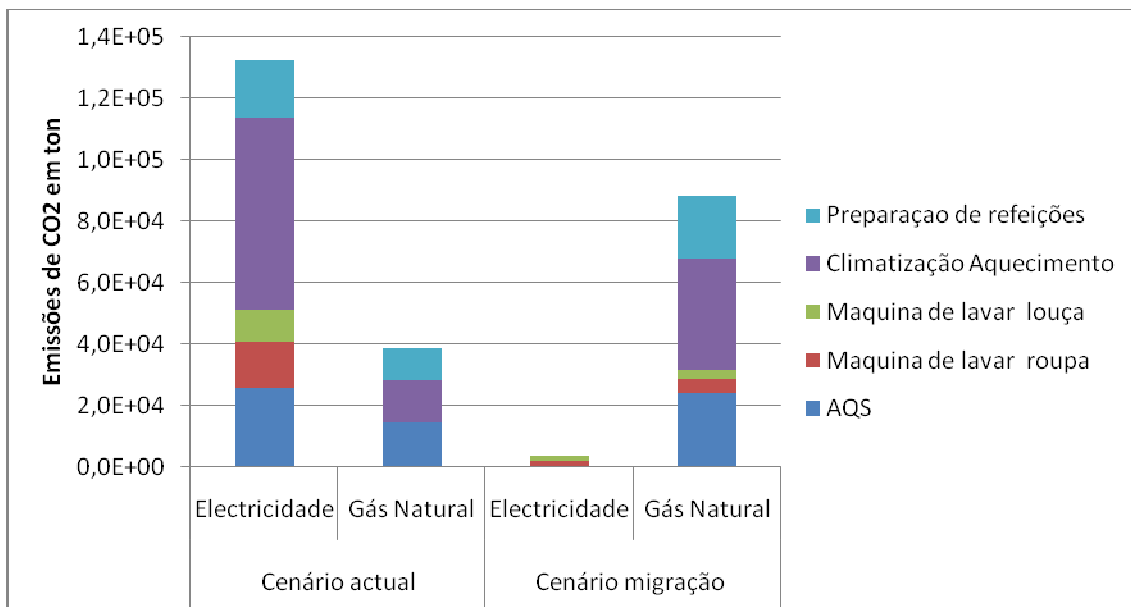


Figura 39 – comparação da migração de electricidade para gás natural em emissões de CO₂

Atendendo ao gráfico 38, em energia final o cenário migração é relativamente igual ao cenário actual, com a diferença da conversação de electricidade para o gás natural.

Observando o gráfico 39 que compara o cenário migração e o cenário actual, concluímos que existe uma diferença significativa no que respeita a emissões de CO₂. Com o cenário actual as emissões são de 170758 ton de CO₂ por ano. A conversão de electricidade para gás natural utilizando equipamentos mais eficientes apresenta valores de 91718 ton de CO₂.

4.8.2 Análise de custos para a migração do vector electricidade

As tabelas seguintes são relativas aos custos económicos de energia do cenário migração e cenário actual.

i) Custos de energia do cenário actual

Tabela 15 – tarifas relativamente ao cenário actual (electricidade)

Electricidade					
Potência contratada	Mensalidade	Preço da Energia	Consumo mensalidade	Consumo energia	Consumo total
(kVA)	(euros/mês)	(euros/kWh)	euros/(ano.pessoa)	euros/(ano.pessoa)	euros/(ano.pessoa)
6,9	10,09	0,118	121,08 €	141,25 €	262,33 €

Tabela 16 – tarifas relativamente ao cenário actual (gás natural)

Gás Natural					
Consumo anual (m ³)	Mensalidade (euros/mês)	Preço da Energia (euros/kWh)	Consumo mensalidade euros/(ano.pessoa)	Consumo energia euros/(ano.pessoa)	Consumo total
220 - 480	4,6	0,059742009	55,20 €	53, 50 €	108,70 €

ii) Custos de energia do cenário migração

Tabela 17 – tarifas relativamente ao cenário migração (electricidade)

Electricidade					
Potência contratada	Mensalidade	Preço da Energia	Consumo mensalidade	Consumo energia	Consumo total
(kVA)	(euros/mês)	(euros/kWh)	euros/(ano.pessoa)	euros/(ano.pessoa)	euros/(ano.pessoa)
6,9	10,09	0,118	121,08 €	4,02 €	125,10 €

Tabela 18 – tarifas relativamente ao cenário migração (gás natural)

Gás Natural					
Consumo anual (m ³)	Mensalidade (euros/mês)	Preço da Energia (euros/kWh)	Consumo mensalidade euros/(ano.pessoa)	Consumo energia euros/(ano.pessoa)	Consumo total
220 - 480	4,6	0,059742009	55,20 €	121, 42 €	176,62 €

O cenário actual em termos de custos económicos por pessoa é de 371 euros de despesa por ano. Comparando com o cenário migração do vector electricidade existe uma diminuição de cerca 70 euros.

Comparando os cenários em termos de proporcionalidade não se verifica a acentuada redução que existe em termos de emissões de CO₂, mas conclui-se que em termos de custo de energia também é vantajoso.

4.9 Análise do apoio energético de colectores solares com electricidade ou gás natural

Este estudo é referente a um abastecimento de águas quentes sanitárias para uma habitação unifamiliar onde residem 4 habitantes.

O programa *Solterm* é utilizado para analisar o desempenho energético dos sistemas solares, foi a ferramenta de trabalho para analisar as diferenças existentes no caso de o apoio ser a electricidade ou a gás natural [17].

Em seguida apresenta-se as características do colector solar.

Modelo de colector: YAZAKI SP-C1020

- Tipo: Plano
- 2 Módulos (3.8 m²)
- Inclinação 36° - Azimute Sul
- Coeficientes de perdas térmicas: a1= 6,500 W/m²/K, a2=0,002W/m²/K

Permutador:

- Interno ao depósito, tipo de serpentina, com eficácia 55%

- Caudal no grupo painel/permutador: 64,3 l/m² por hora (=0,07 l/s)

Depósito

- Modelo: típico 200 l
- Volume: 200 l
- Área externa: 2.70 m²
- Material: médio condutor de calor
- Posição deitada
- Deflectores interiores
- Coeficiente de perdas térmicas: 2.72W/K

Localização, posição e envolvente do sistema:

- Concelho de Porto
- Coordenadas nominais: 41.2°N, 8.6°W
- TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (fonte: INETI - versão 2004)
- Obstruções do horizonte: 3°(por defeito)

Orientação do painel: inclinação 36° - azimute 0°

Tabela 19 – balanço energético anual

	Rad.Horiz. KWh/m ²	Rad.Inclin. KWh/m ²	Desperdiçado KWh	Fornecido KWh	Carga KWh	Apoio KWh
Anual	1449	1659	0	1946	3122	1177

- **Rad. Horiz.** – energia acumulada da radiação solar global na horizontal à superfície, por unidade de área (kWh/m²);
- **Rad. Inclin.** – energia acumulada da radiação solar global à face dos colectores solares por unidade de área (kWh/m²), ou seja, num plano inclinado;
- **Desperdiçado** – energia acumulada que o sistema recolhe mas tem de dissipar, frequentemente devido por se ultrapassarem os limites de temperatura de armazenamento de água em situações que o consumo é reduzido ou nulo;
- **Fornecido** – energia acumulada que o sistema efectivamente fornece para consumo (kWh). O valor anual desta energia é o designado E_{solar} do RCCTE que é necessário contabilizar para os cálculos de verificação do regulamento,
- **Carga** – valor acumulado da energia solicitada para consumo (kWh);

- **Apoio** – energia acumulada entregue para o sistema pelo sistema de apoio, para complementar a energia fornecida pelo sistema solar (kWh).

Fracção solar: 62,3%

Produtividade: 512 kWh/[m² colector]

4.9.1.1 Apoio do sistema solar a electricidade

Parâmetros operacionais e económicos do sistema, Cenário financeiro sobre 20 anos

- Área de captação: 3.8 m²
- Tempo de vida da instalação: 20 anos
- Renovação de componentes: no 10º ano
- Componente fixa do preço: 600 €
- Componente variável do preço: 450 €/m² de colector
- Preço total do sistema: 2310 €
- Componente fixa dos incentivos: 700 €
- Componente variável dos incentivos: 0 €/m² de colector
- Incentivos: 700 €
- Valor das renovações: 1.0 % do preço do sistema
- Manutenção anual: 1.0 % do preço do sistema
- Valor residual em fim de vida: 1.0 % do preço do sistema
- Fonte de energia convencional: Electricidade
- Preço da energia convencional: 0.118 €/kWh [11]

Energia convencional deslocada: 1946 kWh/ano

Relativamente a Taxa de inflação média, é 2.5 % ao ano. Deriva média do preço da energia é 2.0 % ao ano e rendimento seguro de aplicação alternativa: 5.0 % ao ano.

Tabela 20 – síntese de resultados

Investimento	2.310 €
Incentivos	700 €
Custos energéticos evitados	7202 €
Valor residual em fim-de-vida:	38 €
Reinvestimentos	3537 €
Manutenção	605 €
Reparações	30 €
Benefícios totais:	8512 €

4.9.1.2 Apoio do sistema solar a gás natural

As considerações económicas são praticamente as mesmas, excepto os parâmetros ao nível da fonte de energia para o apoio.

- Fonte de energia convencional: Gás Natural
- Poder Calorífico Inferior: 10.73 kWh/m³ [13]
- Rendimento da transformação: 85 %
- Preço da energia convencional: 0.814 €/m³ (0.089 €/kWh) [12]
- Energia convencional deslocada: 1946 kWh/ano

Tabela 21 – síntese de resultados (apoio a gás natural)

Investimento	2.310 €
Incentivos	700 €
Custos energéticos evitados	5.447 €
Valor residual em fim-de-vida:	0 €
Reinvestimentos	2.569 €
Manutenção	605 €
Reparações	30 €
Benefícios totais:	5.809 €

Gráfico da figura 40 representa os custos de energia evitados ao longo de vinte anos. Utilizando como fonte de energia para o apoio do colector solar a electricidade ou gás natural.

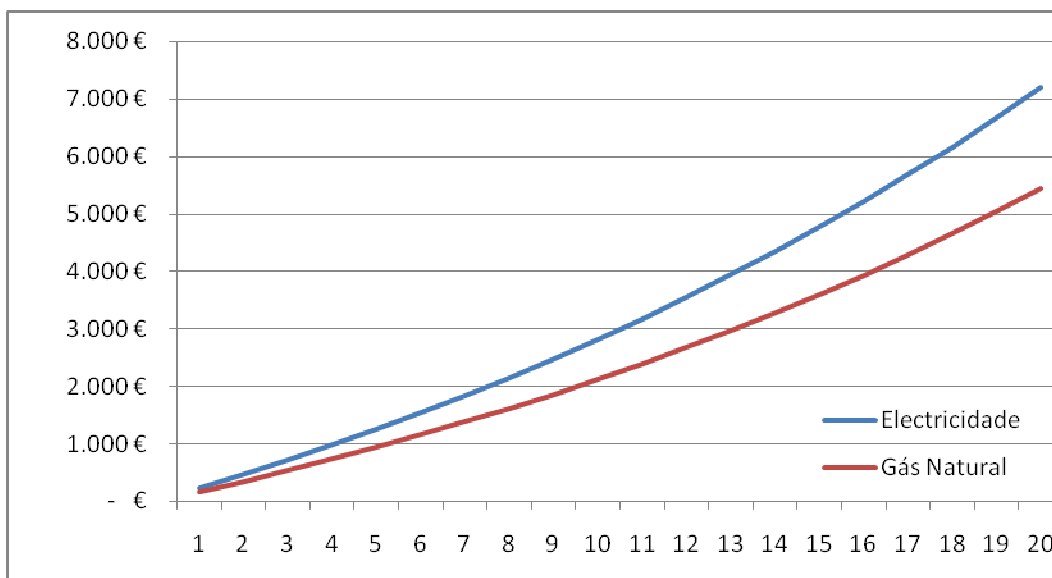


Figura 40- energia evitada com apoio ao colector solar com electricidade e gás natural

Caso na habitação seja utilizado gás natural, verifica-se que a instalação dum equipamento térmico solar é financeiramente menos interessante relativamente ao uso de electricidade como apoio. Como o preço deste tipo de energia ainda é relativamente económico a poupança na factura energética é reduzida resultando por isso, num período de retorno do investimento mais extenso. Por outras palavras, para se obter um período de retorno não muito extenso, seria necessário que o preço do sistema térmico solar indicado pelo fabricante fosse bastante reduzido, facto não condizente com a realidade actual.

4.9.2 Benefícios ambientais

Além das razões económicas, também os benefícios ambientais deverão ter um papel importante parcela na decisão de implementação dum equipamento térmico solar para aquecimento de águas quentes sanitárias. Daí apresentar-se de acordo com cada uma das soluções estudadas, as emissões de gases com efeito de estufa.

4.9.2.1 Apoio do sistema solar a electricidade

Consumo de energia primária de origem fóssil: 3,19 MWh/ano (admitindo 39% de electricidade de origem renovável na rede eléctrica)

Emissões de CO₂: 1400 kg CO₂

4.9.2.2 Apoio do sistema solar a gás natural

Consumo de energia primária de origem fóssil: 2,29 MWh/ano (213 m³ de Gás Natural/ano)

Emissões de CO₂: 527 kg CO₂

Observando as emissões de CO₂ verificamos que com o uso de electricidade para o apoio ao sistema de colector solar emite mais do dobro comparativamente ao uso de gás natural.

Capítulo 5

Análise de barreiras e mecanismos de mercado

5.1 Caracterização geral

No capítulo anterior estudou-se os benefícios da penetração do gás natural face á electricidade, ou seja promover de forma voluntaria a substituição da electricidade pelo gás natural para os usos de calor, com o objectivo de obter resultados a médio prazo significativos na redução das emissões de CO₂.

Face ao estudo dos benefícios, em emissões de CO₂ e em termos económicos do gás natural é importante mencionar as dificuldades de penetração do gás natural, ou ainda as barreiras que dificultam o consumo de gás natural na cidade do porto.

No que respeita às barreiras para a entrada do gás natural na cidade do porto no sector edifícios, analisa-se no presente capítulo a distribuição do gás natural (número de fogos disponíveis), viabilidade financeira económica do investimento em equipamentos a gás natural e por último os factores culturais e sociais.

5.2 Disponibilidade de rede do gás natural

É a Edpgás [12], sociedade anónima, que tem por objecto o desenvolvimento e a exploração, em regime de serviço público, da rede de distribuição de Gás Natural na região litoral Norte. O serviço de distribuição foi concessionado a esta empresa, em 1993, por um período de 35 anos (até 2028).

A Edpgás tem como objectivo continuar o desenvolvimento da rede pública de distribuição de gás da sua área de concessão e promover o aumento da utilização do Gás Natural por parte dos diversos sectores.

Após passagem pelo posto de distensão, o gás entra na principal rede nacional de distribuição, a rede primária ou média pressão (19-17 bar). Esta transporta o Gás Natural até às zonas de consumo, onde as redes secundárias (ou de baixa pressão) asseguram o seu fornecimento a todos os clientes domésticos ou empresas com consumos anuais inferiores a 2 milhões de metros cúbicos. Os grandes consumidores são, normalmente, fornecidos directamente pela rede de transporte nacional.

As redes são enterradas, em média, a um metro de profundidade, e normalmente situadas junto a passeios e bermas de forma a evitar as vibrações e desabamentos provocadas pela circulação automóvel, as diferentes canalizações permitem o fornecimento em condições de segurança aos clientes.

Actualmente o cenário na cidade do porto em clientes ligados à rede de gás natural é aproximadamente 23000 clientes.

Potenciais clientes sobre a rede ainda não ligados pelos diversos motivos, como por exemplo electrização e devolutos, representam um mercado de mais ou menos 70000 clientes, em que estão numa situação ou possível ligação ou acessível.

Na totalidade existe cerca de 140000 fogos, analisando os clientes actuais e os potenciais clientes não ligados existe ainda 47000 que ainda não dispõem de gás natural à porta.

Como actualmente ainda não existe rede de gás natural que abranja toda a cidade do porto, é de salientar que uma percentagem de população portuense fica impossibilitada de poder optar por esta fonte de energia. Apuramos uma das barreiras à penetração do gás natural face à electrização, espera-se que em breve esta barreira não seja tão expressiva.

Gráfico representativo das parcelas de disponibilidade de acesso ao gás natural:

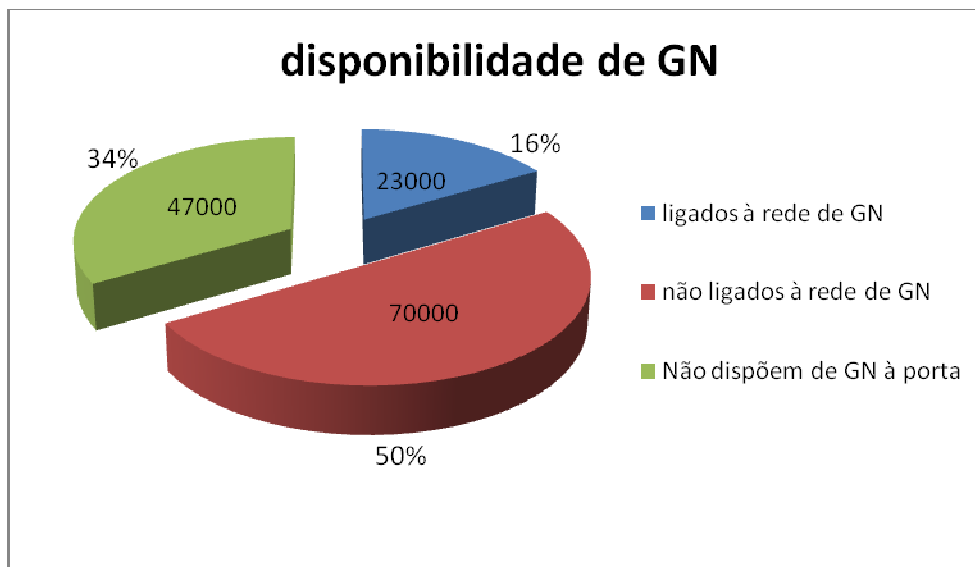


Figura 41 – disponibilidade de rede de gás natural

5.3 Viabilidade e conversão para gás natural

5.3.1 Caracterização

Como já é conhecido, o gás natural é menos agressivo para o meio ambiente face à electricidade, e com equipamentos eficientes, como já observado, a factura ao fim do mês torna-se mais económica. Apesar de o gás natural poder apresentar custos mais reduzidos é necessário ter em conta o investimento dos equipamentos mais eficientes.

Neste subcapítulo vai ser apresentado casos de estudo onde se analisa o *Pay Back*, o tempo entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento, ou seja quantos anos demora a recuperar o investimento em gás natural face à utilização de electricidade.

O primeiro cenário em estudo trata de uma habitação nova onde existe a possibilidade de adoptar como vector a electricidade ou o gás natural. Considera-se um investimento inicial para os dois vectores, e comparam-se os custos acumulados ao longo de vinte anos.

No segundo caso de estudo considera-se uma habitação em que já existem equipamentos eléctricos e pretende-se substituir para equipamentos a gás natural. O processo de análise é o mesmo, a diferença é no investimento inicial, pois no caso de uso da electricidade não se considera esse custo.

É de referir que nos cenários anteriores se apresentam duas hipóteses: a primeira corresponde à utilização da energia real, e na segunda considera-se a energia útil determinada no capítulo 2.

5.3.2 Cenário habitação nova

Primeiramente vai ser apresentado o caso em que a habitação se considera nova, ou seja tanto no caso da electricidade como no do gás natural existe um investimento inicial, ou dizendo de outra forma, custos de aquisição dos equipamentos.

Relativo ao aquecimento de água para o caso de prioridade ao gás natural, figura 41 e figura 42, considera-se uma caldeira mural. Nestas condições a caldeira mural não é apenas para AQS mas também alimenta as necessidades de água quente para as máquinas de lavar e para o aquecimento ambiente.

Na figura 35 e figura 42 é importante lembrar que este rendimento das máquinas de lavar é apenas para 85% do consumo, pois os restantes 15% são para o accionamento mecânico e supridos por electricidade.

Relativamente aos preços, no caso da figura 42, e 43 e 44, observamos que existem equipamentos com os mesmos valores de investimento. Tal facto deve-se a que existe uma elevada gama de diferentes preços para o mesmo tipo de equipamento e relativamente próximos. A justificação da diferença de preços, entre a climatização no caso de prioridade ao gás natural face ao caso de prioridade à electricidade, é devido aos equi-

pamentos e mão-de-obra que exigem uma instalação de aquecimento ambiente. A instalação é composta por quatro elementos: caldeira mural, radiadores, tubagem e elementos de regulação. O aquecimento central a gás natural funciona com base na água quente que é produzida pela caldeira e distribuída através da rede interior que alimenta os radiadores [18].

Figura com fornecimento de água com caldeira mural.

AQS	Máquinas lavar roupa	Máquinas lavar louça	Climatização	Preparação de Refeições
$\eta=94\%$	$\eta=94\%$	$\eta=94\%$	$\eta=94\%$	$\eta=75\%$
1300 euros	600 euros	600 euros	1500 euros	450 euros

Figura 42 – Cenário para utilização de prioridade ao gás natural com caldeira normal

Figura relativo a caldeira mural de condensação.

AQS	Máquinas lavar roupa	Máquinas lavar louça	Climatização	Preparação de Refeições
$\eta=109\%$	$\eta=109\%$	$\eta=109\%$	$\eta=109\%$	$\eta=75\%$
2300 euros	600 euros	600 euros	1500 euros	450 euros

Figura 43 – Cenário para utilização de prioridade ao gás natural com caldeira de condensação

Figura relativo a equipamentos eléctricos.

AQS	Máquinas lavar roupa	Máquinas lavar louça	Climatização	Preparação de Refeições
$\eta=95\%$	-	-	$\eta=100\%$	$\eta=90\%$
300 euros	600 euros	600 euros	500 euros	450 euros

Figura 44 – Cenário para utilização de prioridade à electricidade

A figura anterior representa o investimento inicial dos equipamentos a electricidade. Como anteriormente explicado algumas das utilizações apresentam iguais valores de custos. Relativamente ao aquecimento ambiente o valor de 500 euros é justificado pela utilização de equipamentos a resistência eléctrica [19].

Após conhecimento do investimento inicial o passo seguinte é estimar os custos acumulados ao longo de vinte anos com o objectivo de determinar o *Pay Back* para o gás natural.

A fórmula para determinar os custos acumulados é:

$$C_a = C_o + \sum C_E + C_M$$

Em que:

C_a – custo acumulado

C_o – custo do investimento inicial

C_E – custo da energia por ano

C_M – custo de manutenção em cada 5 anos. Valor assumido de 70 euros [16]

Os custos de manutenção apenas se aplicam no caso prioridade ao gás natural, relativo á caldeira.

Para o custo de energia assumiu-se um acréscimo de 2,5% ao ano.

$$C_E = C_{actual} \cdot (1 + t_a)^{n-1} \quad \text{Em que:}$$

C_{actual} – custo actual do preço da energia (electricidade ou gás natural)

t_a – taxa de acréscimo por ano, neste caso é 2,5%.

n – numero de anos.

Habitação nova com quatro ocupantes e consumos reais (caldeira mural)

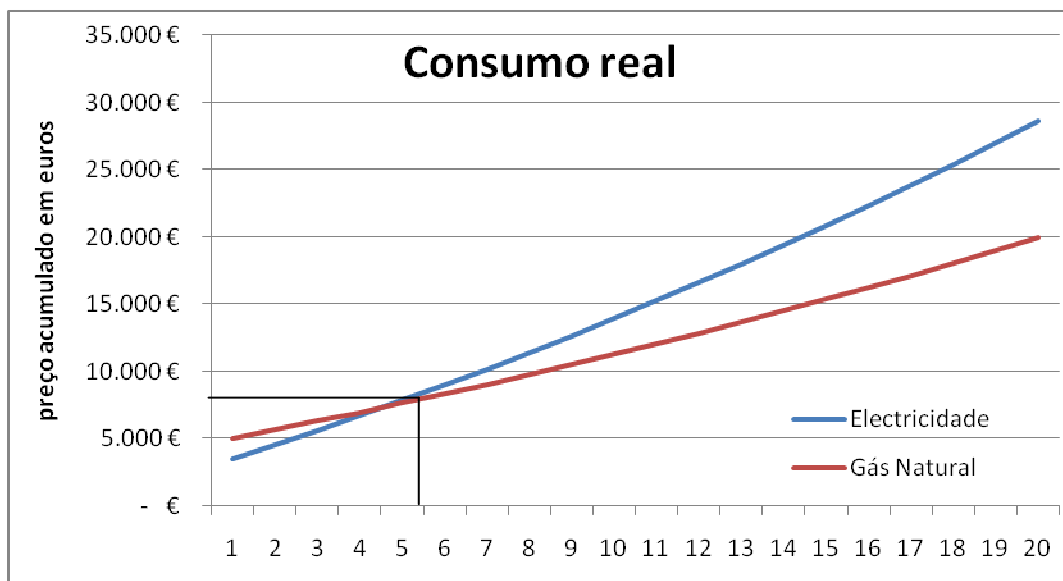


Figura 45 – custos acumulados para habitação nova com 4 ocupantes

Habitação nova com quatro ocupantes e consumos teóricos (caldeira mural)

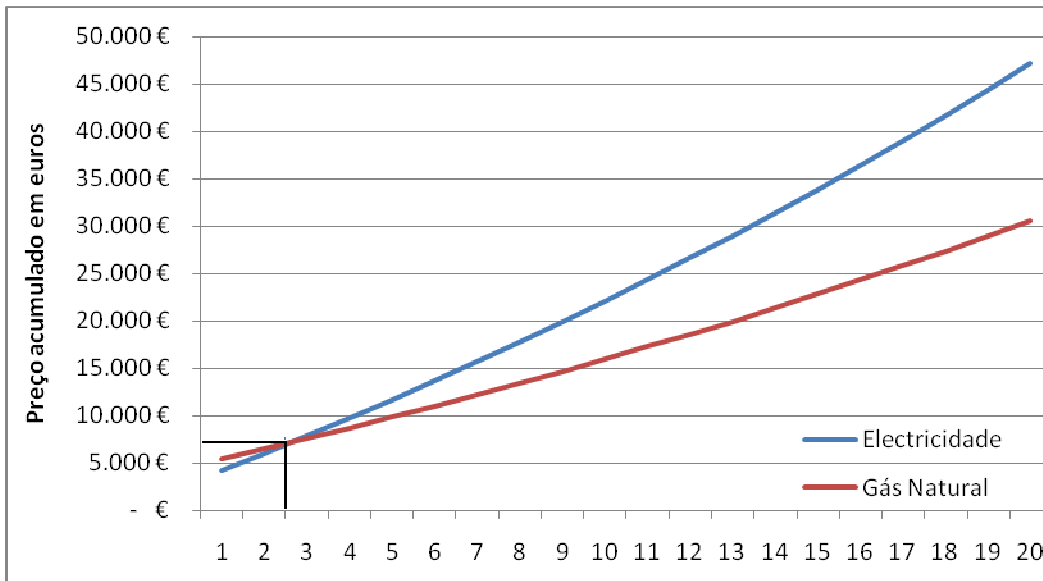


Figura 46 – custos acumulados para habitação nova com 4 ocupantes

Habitação nova com quatro ocupantes e consumos reais (caldeira mural de condensação)

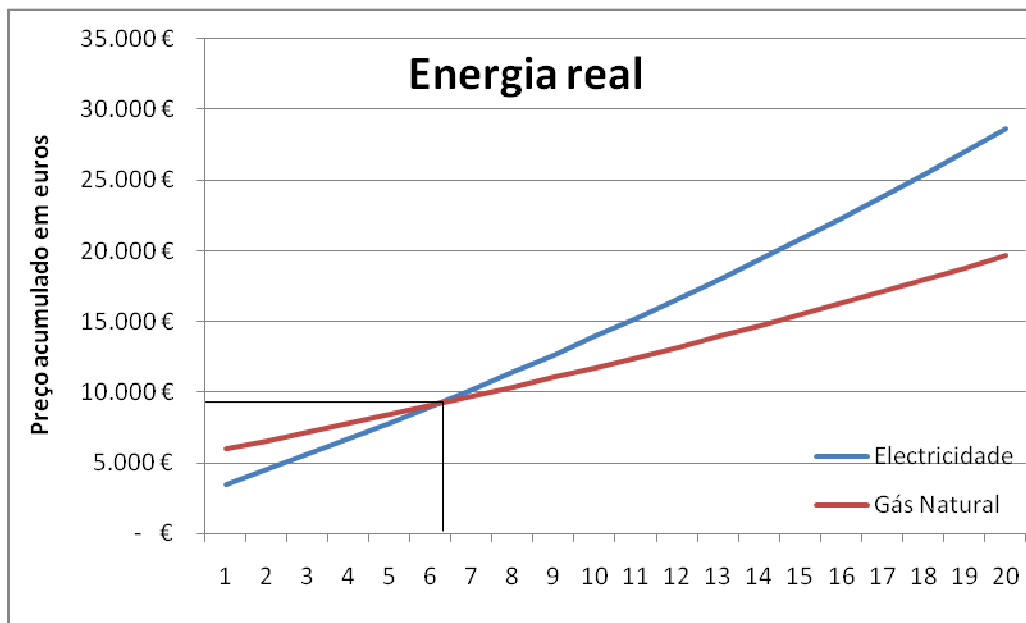


Figura 47 – custos acumulados para habitação nova com 4 ocupantes

Habitação nova com quatro habitantes e consumos teóricos (caldeira mural de condensação)

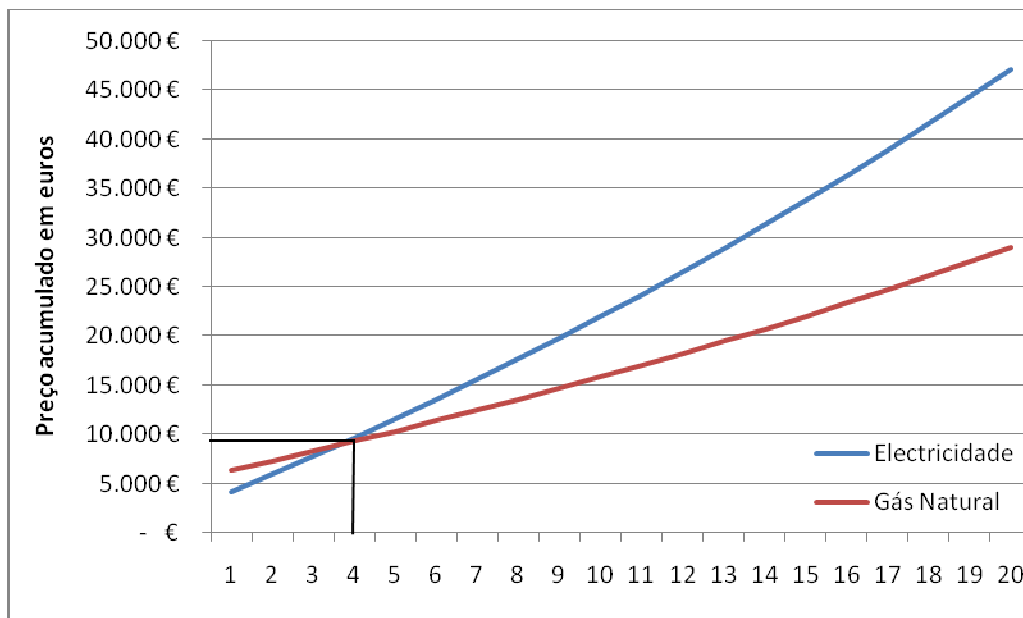


Figura 48 – custos acumulados para habitação nova com 4 ocupantes

O gráfico da figura 45 e 47 (consumos reais) mostra que inicialmente a electricidade apresenta um investimento mais reduzido, mas após cinco anos, para o caso de a caldeira ser normal (figura 45) e seis anos para o caso de a caldeira ser de condensação (figura 47). Como se verifica pelo traçado do *Pay Back* (linha de intersecção entre as curvas de electricidade e gás natural) o gás natural apresenta-se como uma fonte de energia mais económica.

No caso de os consumos serem teóricos, o gráfico da figura 46 e 48 evidencia igualmente ao cenário anterior um investimento inicial favorável à electricidade, mas o *Pay Back* é apenas de dois anos para o uso de caldeira normal (figura 46) e três anos e meio para caldeira de condensação (figura 48), ou seja o investimento inicial é maior mas a curto prazo é recuperado.

Comparando a utilização de caldeiras normais e caldeiras de condensação: para consumos reais ao fim de vinte anos existe uma diferença de 322 euros, e para consumos teóricos a diferença é de 1495 euros, sendo assim é mais económico para caldeiras de condensação.

5.3.3 Cenário habitação com substituição

Para a situação presente, no caso de usar equipamento com prioridade ao gás natural o processo de cálculo é o mesmo que o anterior. Para analisar os custos no caso prioridade à electricidade elimina-se o investimento inicial na fórmula dos custos acumulados.

Habitação com substituição, quatro ocupantes e consumos reais (caldeira mural).

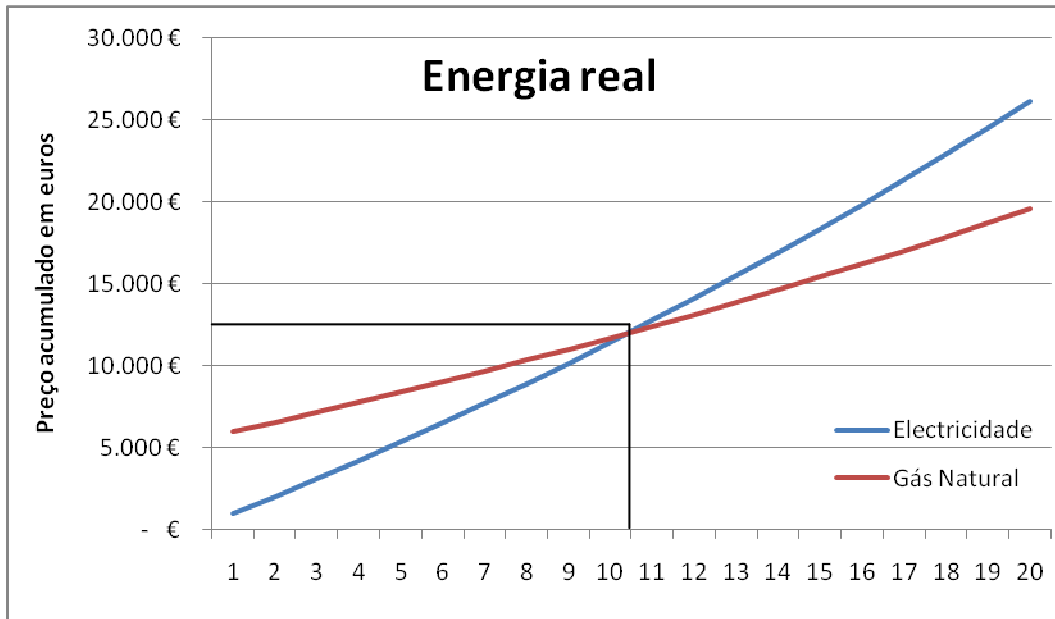


Figura 49 – custos acumulados para habitação com substituição de 2 ocupantes

Habitação com substituição, quatro ocupantes e consumos teóricos (caldeira mural).

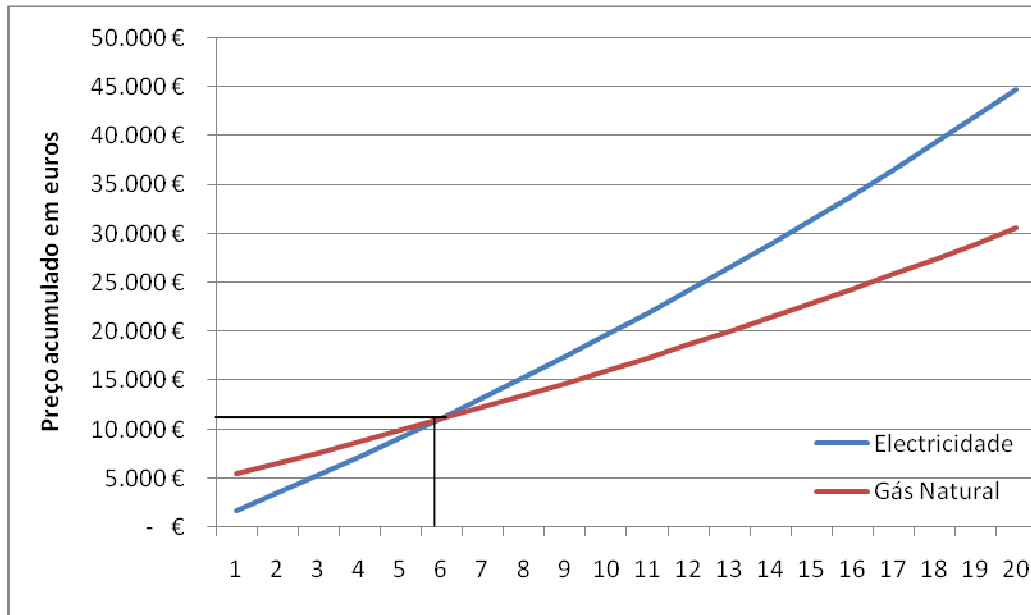


Figura 50 – custos acumulados para habitação com substituição de 4 ocupantes

Habitação com substituição, quatro ocupantes e consumos reais (caldeira de condensação).

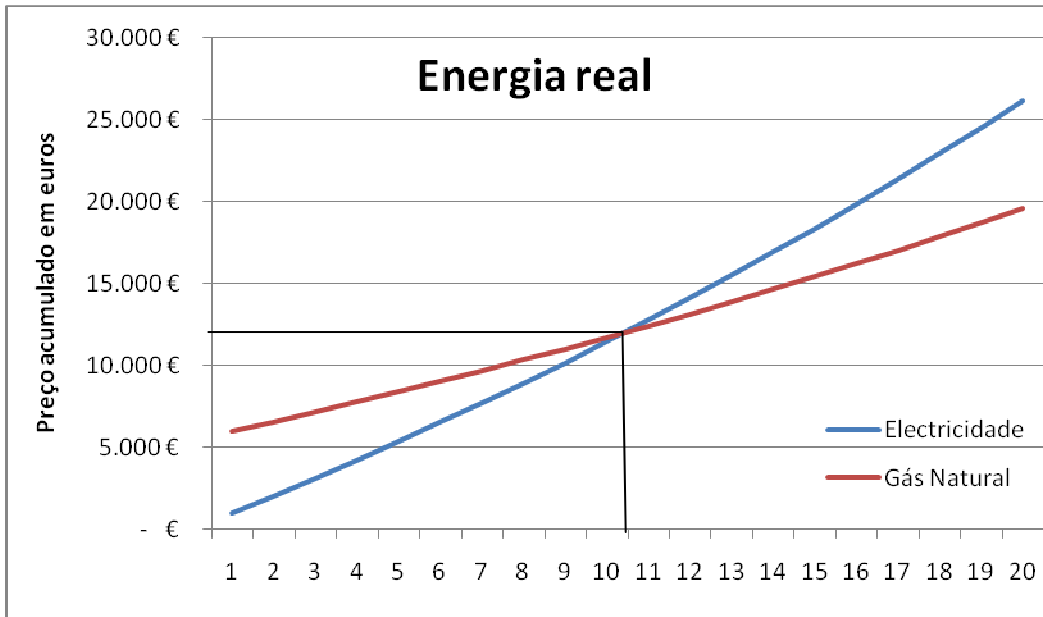


Figura 51 – custos acumulados para habitação com substituição de 2 ocupantes

Habitação com substituição, quatro ocupantes e consumos teóricos (caldeira de condensação).

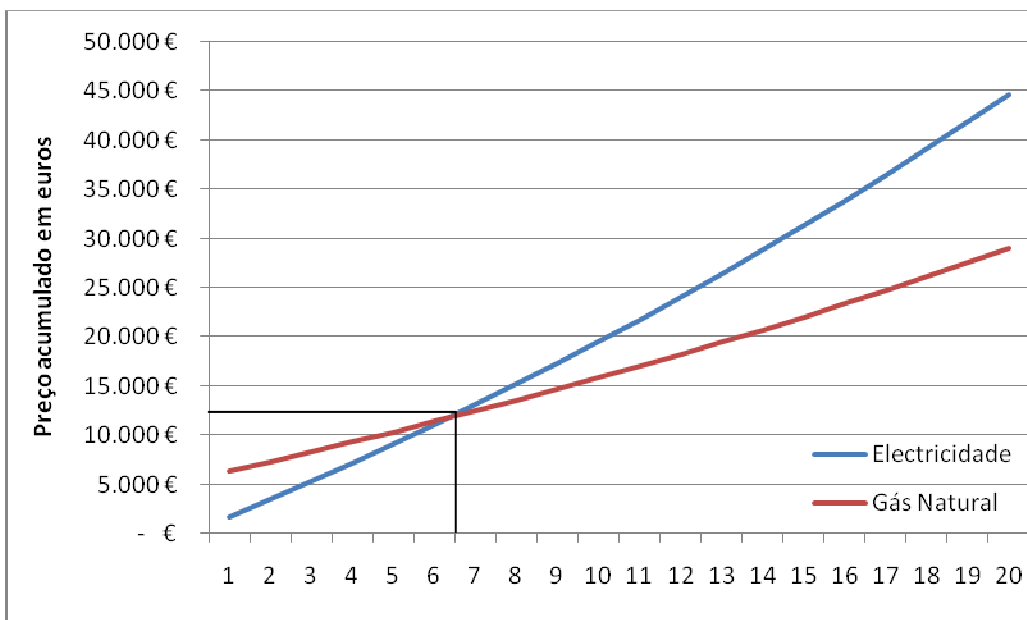


Figura 52 – custos acumulados para habitação com substituição de 4 ocupantes

Analisando a figura 49 e 51 (consumos reais), como era de esperar inicialmente a electricidade apresenta-se mais económica. Atendendo á curva do gás natural só a partir dos

10 anos para as figuras 49 e 51 é que intersecta a curva da electricidade (*Pay Back*). Se considerarmos que a vida útil de funcionamento dos equipamentos eléctricos esta a metade (10 anos) e que o *Pay Back* também é de dez anos, justifica-se a aquisição dos equipamentos com prioridade ao gás natural, pois apresentam-se menos agressivos para o meio ambiente.

Observando a figura 50 e 52 (consumos teóricos), deparamo-nos com uma situação mais vantajosa que o cenário anterior. O *Pay Back* para este cenário é um pouco superior a 5 anos quando o equipamento para aquecimento de água é caldeira mural e de seis anos para utilização de caldeira mural de condensação como representam as linhas de intersecção. Recorrendo á suposição que os equipamentos estão a meio da sua vida útil de funcionamento esta opção é igualmente justificável a troca de equipamentos.

Analisando as situações referidas neste subcapítulo a maior barreira apresentada é o investimento inicial que se impõe aos consumidores de energia. Pois em ambos os cenários concluímos que é uma solução vantajosa, se consideremos uma vida útil dos equipamentos em vinte anos.

5.4 Factores culturais e sociais

Nos subcapítulos anteriores analisou-se a distribuição da rede de gás natural no porto, por outras palavras, as possibilidades da população portuense ter acesso ao gás natural, e factores financeiros e económicos, ou seja a viabilidade de investir na mudança para o gás natural. E como podemos verificar em todas as situações apresentadas eram favoráveis ao investimento em equipamentos com prioridade ao gás natural.

Após identificação das barreiras de acessibilidade ao gás natural e questões económicas pretendem-se identificar as dificuldades de penetração do gás natural face à electricidade associadas a causas culturais e sócias.

A nível cultural e social identificam-se como barreiras ao gás natural a percepção de segurança e questões de moda.

5.4.1 Percepções de segurança

Um das questões que pode levar os clientes de energia a não optar por gás natural é o facto de existir falta de conhecimento desta fonte de energia ao nível da segurança.

Em seguida apresenta-se os motivos que permitem aferir acerca da segurança do gás natural. As características físicas próprias do gás natural, rigor utilizado na construção das redes de distribuição e o tipo de materiais e tecnologia utilizados proporcionam a segurança para os clientes.

São as próprias características do gás natural que representa conforto ao nível da segurança [12]:

- O Gás Natural é fisicamente um gás com uma massa volúmica de 0,84 kg/m³ e uma densidade relativamente ao ar de 0,65, pelo que se dissipa rapidamente na atmosfera em caso de fuga. Esta enorme vantagem torna possível a sua utilização em caves (nas empresas, restaurantes e habitações), com garantia de segurança total, contrariamente ao que se passa por exemplo com o GPL.
- O Gás Natural é menos inflamável do que o gás propano e butano, o que minimiza a probabilidade de ocorrência de explosões (para que possa ocorrer uma explosão é necessária uma fuga três vezes maior e uma chama cerca de 25% mais quente).
- Com uma pressão de distribuição mais baixa e um menor poder calorífico por m³, o Gás Natural é muito mais seguro que o gás em garrafa.

A elevada segurança que resulta destas características do Gás Natural é acrescido pelo rigor e extrema exigência com que todo o sistema de distribuição é construído. O traçado das redes é cuidadosamente seleccionado, de seguida para a sua construção recorre-se exclusivamente a empresas credenciadas pelo Ministério da Economia e previamente qualificadas pela EDP Gás que recorrem aos seus melhores materiais e a tecnologia mais avançada. Ao longo de todo o processo são respeitadas todas as normas de segurança e toda a legislação aplicável [12].

A rede de gás natural após ter sido construída é gaseificada e colocada em serviço recorrendo às mais avançadas tecnologias na sua gestão e exploração do dia-a-dia. A rede de média pressão é controlada através de um sistema de tele-exploração que permite, a partir de um terminal central, saber a cada momento as variações de caudais, pressões e temperaturas do gás. Podendo isolar-se qualquer secção através de fecho telecomandado das válvulas. A todos os cinco anos é efectuada uma verificação das redes de distribuição para garantir a sua integridade para evitar quaisquer problemas futuros.

Relativamente às redes de distribuição nos edifícios estão colocadas válvulas de corte em locais estratégicos que fecham automaticamente quando surge uma variação brusca e anormal de pressão. Antes da ligação ao gás, a empresa gestora do gás natural (EDP Gás no caso da cidade do porto) efectua uma vistoria técnica às condições de estanquidade, funcionamento e segurança da rede interior das habitações e dos equipamentos a gás de todos os clientes.

5.4.2 Questões moda

Não são apenas as questões de segurança que influencia a escolha ou mudança para o gás natural. Questões de moda, falta de conhecimento e comodidade constitui em algumas das razões para não optar por gás natural.

Existe uma tendência actual em implementar equipamentos a electricidade pela sua estética, como o caso das placas eléctricas usadas para preparação de refeições, termoacumuladores eléctricos (conhecidos também por cilindros eléctricos) para aquecimento de águas quentes sanitárias, ar condicionado, radiadores eléctricos entre outros.

Outra razão para a electrização, é aquando da construção de edifícios novos os empreiteiros não optarem por equipamentos a gás natural. Ou seja, como já referido, esteticamente na montagem de cozinhas, não optar por utilização de caldeiras a gás natural para AQS e aquecimento central, falta de conhecimento relativo às máquinas de lavar, pois existe a possibilidade de adaptação à água pré aquecida.

Capítulo 6

Conclusões

O presente trabalho apontou para os benefícios do gás natural face à electricidade. A determinação da matriz teórica de calor permite conhecer quais as necessidades de energia em calor para o sector de edifícios. Verificamos que as necessidades energia útil, 1195 GWh no total, repartiam-se em: o aquecimento ambiente ocupa o maior peso da desagregação com 63%, para as AQS e preparação de refeições corresponde 15%, 4% para as máquinas de lavar louça e para as máquinas de lavar roupa correspondem 3%.

De seguida apresentaram-se dois cenários No primeiro atribui-se prioridade à electricidade (790 GWh de energia final e 1732 GWh de energia primaria) e no segundo cenário atribui-se prioridade ao gás natural (985 GWh de energia final e 1000 GWh de energia primária).

Comparando os dois cenários, conclui-se que a prioridade ao gás natural apresenta ligeiramente maior energia final devido a piores rendimentos da parte dos equipamentos a gás natural. No que diz respeito à energia primária é o cenário prioridade à electricidade que apresenta maiores valores, ou por outras palavras, em termos de emissões de CO₂ para a atmosfera é claramente superior com 381068 ton de CO₂ para os 190867 ton de CO₂ do cenário prioridade ao gás natural.

Quanto à análise de custos, também é o gás natural que apresenta maiores vantagens, mesmo quando se aplica a tarifa bi-horária para a electricidade. Contudo a diferença é apenas de 474 euros de electricidade (tarifa bi-horaria) para os 438 euros do cenário prioridade ao gás natural.

No capítulo 3 é caracterizada a energia em calor que a cidade do Porto consome efectivamente nos edifícios, quer em perspectiva de oferta (vectores energéticos) quer em perspectiva de procura (usos finais de energia). Aquando da apresentação da energia actual comparou-se com os cenários mencionados no capítulo 2. As principais conclusões da análise de resultados são:

- na perspectiva de oferta para o sector de serviços a electricidade domina claramente com 57% em energia final e 75% de energia primaria. Este facto indica que na cidade do porto há um acentuado consumo de electricidade para fins de calor face ao consumo de gás natural, situação extremamente desfavorável para o meio ambiente. Uma das causas possíveis é a herança da situação de privilégio de que o Porto aproveitou e, relação ao tarifário eléctrico durante quase meio século, agravada também pela inexistência de outras alternativas por rede [4];

- Na perspectiva de procura, relativamente à electricidade é o aquecimento ambiente com cerca de 47% que domina claramente a matriz de calor. Para o gás natural não existe nenhum domínio claro por parte das utilizações finais. A repartição actual é apenas para AQS (38%), aquecimento ambiente (35%) e preparação de refeições (27%).

-comparando os cenários referidos no capítulo 2 com o cenário real em termos de energia final concluímos que há uma diferença significativa nas utilizações de energia. As utilizações para efeitos de calor que apresentam maior diferença são: aquecimento ambiente, águas quentes sanitárias e preparação de refeições. A possível justificação para o aquecimento ambiente como já foi referida anteriormente, deve-se a que na realidade não se climatizam em permanência as fracções todas nos edifícios ou não cumprem as necessidades de conforto térmico. As razões para a diferença nas AQS podem ser atribuídas ao facto de nem todas as pessoas tomarem banho todos os dias. Para o caso da utilização de calor em preparação de refeições pode ser justificado pelas pessoas recorrerem a refeições rápidas e frias, sem grande confecção e também por serem preparadas em grande massa como por exemplo em cantinas e restaurantes.

Em relação ao capítulo 4, onde se pretendia otimizar a eficiência energética dos equipamentos a gás natural, comparar sistemas solares com apoio eléctrico ou gás natural, e migração do vector electricidade real para gás natural apresentam-se em seguida as principais conclusões.

Comparando o cenário definido como optimização ao cenário prioridade ao gás natural (985 GWh de energia final) obteve-se resultados com diminuição significativa para 706 GWh em energia final. Como resultado do aumento de eficiência, os impactos ambientais e custos de energia também reduzem consideravelmente, apesar que nos custos de energia não se verifica a mesma proporcionalidade de diminuição das emissões de CO₂.

Ainda no capítulo 4 conclui-se que as vantagens da migração são mais significativas em termos de impacto ambiental, com uma redução cerca de 79040 ton de CO₂ por ano aquando da migração do vector electricidade para gás natural. Em termos de custos de energia apenas se verifica uma redução de cerca 70 euros por pessoa em cada ano.

Do estudo pretendido para os colectores solares conclui-se que o período de retorno do investimento na instalação deste tipo de equipamento é variável em função do tipo de energia substituída, sendo o caso economicamente menos vantajoso a utilização de gás natural. Comparando em custos financeiros e emissões de gases poluentes para a atmosfera (CO₂) ao fim de vinte anos é o gás natural o mais compensador.

Por fim, fez-se uma tentativa de identificação de dificuldades ou barreiras para a penetração do gás natural na cidade do Porto. Apenas 16% num universo de aproximadamente 140000 fogos estão ligados á rede de gás natural. Uma dificuldade estará ligada à disponibilidade de acesso à rede de gás natural, onde concluímos que actualmente cerca de 34% dos edifícios ainda não têm acesso ao gás natural, constitui uma possível barreira. Acrescem outras razões, como o investimento inicial em equipamento para utilização do vector gás natural, ou mesmo factores culturais e sociais.

Bibliográfica

- [1] Entidade reguladora dos serviços energéticos -ERSE. <http://www.erse.pt> .
- [2] Centro de Formação Profissional da Industria de Construção Civil e Obras Publicas do Norte – CICCOPN.
- [3] Galp energia – [http:// www.galpennergia.pt](http://www.galpennergia.pt)
- [4] Agência de energia do Porto – AdEPORTo. Matriz energética do Porto, Março 2008. <http://www.adeporto.eu> (Março 2008).
- [5] Programa de eficiência energética da EDP – ECO EDP. <http://www.eco.edp.pt>.
- [6] Craveiro, Francisco (2008). Estudo das possibilidades de intervenção face ao RCCTE na reabilitação de edifícios na zona histórica do Porto e suas consequências na etiquetagem energética
- [7] Fernandes, Oliveira (2006/2007) – Acetatos da disciplina Transferências de calor do curso mestrado integrado em engenharia mecânica, FEUP.
- [8] *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*. Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril. –.
- [9] Catálogo Siemens 2007 – SIEMENS
- [10] Casa Virtual de Energia – Ecocasa. [http:// www.ecocasa.org](http://www.ecocasa.org)
- [11] Energias de Portugal – EDP. [http:// www.edp.pt](http://www.edp.pt)
- [12] Energias de Portugal gás – Edp gás. [http:// www.portgas.pt](http://www.portgas.pt)
- [13] Direcção Geral de Energia e Geologia – DGEG. <http://www.dgge.pt> (2006)
- [14] Damas, Manuel Costa (2007). Avaliação de cenários para a evolução do sistema energético em portugal.
- [15] Guia pratico da eficiencia energetico de EDP –EDP. http://www.cgd.pt/blog/pdf/guia_edp.pdf
- [16] Catálogo Vulcano (2008).– VULCANO. [http:// www.vulcano.pt](http://www.vulcano.pt)
- [17] Aguiar, R, Carvalho, M.J. *Programa de Software SolTerm, Versão 5.02*. 27 Abril 2007
- [18] Catalogos tecnologias térmicas wilarco – WILARCO. <http://www.wilarco.pt>
- [19] Catalogo manutan –MANUTAN. <http://www.manutan.pt/radiadores-banho-de-oleo>

