

**UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO**

**CONSUMO DOMÉSTICO DE BIOMASSA LENHOSA NO CONCELHO DE  
BOTICAS: AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E QUANTIFICAÇÃO DAS  
EMISSÕES ATMOSFÉRICAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**CÉLIA PAULA ALVES SANCHES**

**ORIENTAÇÃO:**

**PROFESSORA DOUTORA MARGARIDA MARIA CORREIA MARQUES  
UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO**

**PROFESSOR DOUTOR MANUEL JOAQUIM SABENÇA FELICIANO  
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA**



Vila Real, 2013



**Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro**

**CONSUMO DOMÉSTICO DE BIOMASSA LENHOSA NO CONCELHO DE  
BOTICAS: AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E QUANTIFICAÇÃO DAS  
EMISSIONES ATMOSFÉRICAS**

Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente

Célia Paula Alves Sanches

Orientação:

Professora Doutora Margarida Maria Correia Marques  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Professor Doutor Manuel Joaquim Sabeça Feliciano  
Instituto Politécnico de Bragança

Composição do Júri:

Presidente    Doutora Edna Carla Janeiro Cabecinho da Câmara Sampaio  
                  Professora Auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vogais        Doutor Nelson Augusto Cruz de Azevedo Barros  
                  Professor Associado da Universidade Fernando Pessoa

Doutor João Carlos Martins de Azevedo  
Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Bragança

Doutora Margarida Maria Correia Marques  
Professora Auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vila Real, 2013



As Ideias Expressas na Presente Dissertação  
são da Inteira Responsabilidade da Autora.



# AGRADECIMENTOS

Um trabalho não é apenas fruto de pesquisa individual. Há todo um conjunto de pessoas que cooperam na sua elaboração e contribuem com os seus conhecimentos, experiência, dedicação e pareceres.

À Professora Doutora Margarida Correia Marques, pela disponibilidade e ajuda demonstradas neste trabalho.

Ao Professor Doutor Manuel Feliciano, o mais profundo agradecimento e reconhecimento pelo interesse e acompanhamento prestados, bem como por todas as sugestões de trabalho propostas.

A todos os inquiridos contactados, pelo precioso tempo dispensado para a realização das entrevistas, aos quais se deve grande parte deste trabalho.

A todos os presidentes e membros de Juntas de Freguesia do Concelho de Boticas, pela valiosa ajuda prestada no contacto com a população.

Aos meus amigos, pelo estímulo que sempre me incutiram e pelos bons momentos passados no dia-a-dia.

Um enorme agradecimento à minha família, nomeadamente, ao meu marido, pelo permanente encorajamento, carinho e atenção.

A todos os que de uma maneira ou de outra tornaram tudo isto possível.



## RESUMO

A combustão de biomassa lenhosa no setor doméstico é uma fonte de energia com uma vasta tradição em várias regiões do mundo sendo utilizada principalmente para cozinhar, aquecer o ar ambiente e para aquecer águas sanitárias. É uma fonte de energia renovável, com grande potencial no futuro, baixo custo, elevada disponibilidade e impulsionada atualmente pelas estratégias de mitigação do aquecimento global. A combustão de biomassa lenhosa no setor doméstico é todavia uma importante fonte de poluentes atmosféricos, perigosos para o ambiente e para a saúde humana.

Com este trabalho pretende-se avaliar a contribuição da biomassa lenhosa em termos de energia no setor doméstico e estimar as emissões de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos, associadas à queima doméstica de biomassa lenhosa. Outro dos objetivos é avaliar o potencial de redução das emissões de poluentes atmosféricos e de gases de efeito estufa, resultantes desta atividade de combustão doméstica no concelho de Boticas.

Para atingir os objetivos propostos realizou-se um inquérito com questões que abrangem o tipo e o número de equipamentos de combustão de biomassa e o tipo e quantidade de combustível utilizado nas habitações, no período compreendido entre setembro de 2011 e agosto de 2012, numa amostra representativa de 330 habitações.

O estudo realizado permitiu estimar para o concelho de Boticas um consumo anual de 20597 t de biomassa lenhosa, principalmente de carvalho e pinheiro, o que corresponde a cerca de 9 t/ano por alojamento. A biomassa é utilizada em 93% das habitações do concelho, principalmente em lareiras abertas (34%) e em fogões e estufas (40%). Apesar das incertezas associadas, estimou-se que sejam emitidas no concelho aproximadamente 1748 t de poluentes e 2360 tCO<sub>2eq</sub> de GEE (excluindo as emissões de CO<sub>2</sub>) provenientes da combustão doméstica de biomassa lenhosa. Estas emissões são bastante elevadas quando comparadas com as de outras fontes antropogénicas e podem ter um impacto significativo na qualidade do ar local, afetando assim negativamente a saúde humana.

Para o concelho de Boticas estimou-se que substituindo todos os equipamentos de combustão ineficientes podemos obter uma redução das emissões de aproximadamente 80%.

A realização deste trabalho permitiu a obtenção de dados mais concretos sobre as emissões provenientes da combustão doméstica de biomassa lenhosa, e por conseguinte, uma melhoria dos inventários de emissões, o que irá permitir definir e avaliar medidas e estratégias para a melhoria da qualidade do ar e a mitigação das alterações climáticas.

**PALAVRAS-CHAVE:**

Biomassa lenhosa, Combustão doméstica, Energia doméstica, Emissões atmosféricas,  
Área rural

# **Residential wood biomass consumption in the Boticas Municipality: energy and atmospheric emissions assessment**

## **ABSTRACT**

Residential wood combustion is an energy source with large tradition in various regions of the world, mostly used for cooking, space heating and hot water supply. This renewable energy source has also a great potential for the future, due to its low cost, high availability and also because it has been boosted by current global warming mitigation strategies. Residential wood combustion is, however, an important source of air pollutants, hazardous to the environment and the human health.

The present study aims at evaluating the contribution of wood biomass as household energy source in a northern municipality of Portugal, as well as, assessing the residential wood combustion as a source of air pollutants and greenhouse gases. Assessing the potential of emission reduction from this anthropogenic activity was also defined as one specific objective of this study.

To achieve these objectives, an interview survey consisting mostly of closed questions concerning types and number of burning appliances per residence and type and quantity of fuel per appliance and residence, among others, was carried out between September 2011 and August 2012, embracing a representative sample composed of 330 households. Wood consumption and emissions data were scaled up to the whole municipality area, based on the proportion of households.

Main results show that biomass consumption in the residential sector was approximately 20597 tons per year, mainly from black oak and pine. Biomass is used in 93% of the households of the municipality, mostly in open fireplaces (34%) and stoves and ovens (40%). Annual emissions of air pollutants (1748 t/year), and greenhouse gases (2360 t/CO<sub>2eq</sub>, excluding CO<sub>2</sub> emissions) resulting from the residential wood combustion are quite high when compared with other anthropogenic sources and can have a significant impact in local air quality, affecting also adversely the human health.

Considering a hypothetical scenario of replacing all inefficient combustion systems in the Boticas municipality, emissions from residential wood combustion can decrease up to 80%.

This study provided valuable information to fill existent gaps on patterns of wood biomass consumption and energy use in the residential sector for rural regions of Portugal, to improve air pollutants and greenhouse gases emission inventories and to create an useful support basis for the development of energy saving and air quality improvement strategies at local or regional scales.

**KEYWORDS:**

Wood biomass, residential combustion, air pollutants, air emissions, rural areas

# ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABELAS.....	XVII
LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES DE MEDIDA.....	XIX
Lista de Abreviaturas.....	XIX
Unidades de Medida.....	XXI
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento.....	2
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Estrutura da Dissertação.....	4
2. O ESTADO DA ARTE.....	5
2.1. Biomassa lenhosa.....	6
2.2. Evolução do Consumo de Biomassa Lenhosa.....	7
2.3. A Combustão de Biomassa.....	9
2.4. Equipamentos combustão de biomassa.....	11
2.4.1. Lareiras Abertas, Lareiras Fechadas e Recuperadores de calor.....	12
2.4.1.1. Lareiras Abertas.....	12
2.4.1.2. Lareiras Fechadas.....	13
2.4.1.3. Recuperadores de Calor.....	13
2.4.2. Fogões e Estufas.....	14
2.4.3. Caldeiras a Lenha.....	15
2.4.4. Salamandras e Caldeiras a Pellets.....	16
2.4.5. Churrasqueiras, Fornos e Cozinhas de Fumeiro.....	17
2.5. Emissões Atmosféricas Provenientes da Combustão de Biomassa Lenhosa.....	18
2.6. Impactes Associados a Combustão de Biomassa.....	21
2.7. Medidas de Controlo e Redução de Emissões.....	21
3. METODOLOGIA.....	25
3.1. Área em Estudo.....	26
3.2. Inquérito.....	27
3.3. Cálculo dos consumos e emissões.....	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33

4.1. Caracterização das habitações.....	34
4.2. Padrão de utilização das diferentes fontes energéticas.....	35
4.3. Modo de utilização da biomassa lenhosa e dos respetivos equipamentos de combustão .....	38
4.4. Consumos .....	44
4.5. Análise energética .....	46
4.6. Emissões Provenientes dos equipamentos de Combustão .....	47
4.7. Avaliação do Potencial de Redução das Emissões no Concelho de Boticas .....	52
5. CONCLUSÃO.....	55
5. CONCLUSÃO.....	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXO.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição dos consumos pelas diferentes fontes de energia, em Portugal (DGEG & INE, I.P., 2011).....	8
Figura 2 – Esquema do processo de Combustão (adaptado de Boman, 2005). ....	11
Figura 3 – Fotos de lareiras abertas (Concelho de Boticas, 2013). ....	13
Figura 4 – Foto lareira fechada (Concelho de Boticas, 2013). ....	13
Figura 5 – Foto recuperador de calor (Concelho de Boticas, 2013).....	14
Figura 6 – Foto de uma estufa à esquerda e de um fogão à direita (Concelho de Boticas, 2013). ....	15
Figura 7 – Foto de uma caldeira a lenha (Concelho de Boticas, 2013).....	16
Figura 8 – Foto de uma salamandra à esquerda e de uma caldeira à direita (Concelho de Boticas, 2013).....	17
Figura 9 – Foto de uma cozinha de fumeiro à esquerda e uma churrasqueira e forno à direita (Concelho de Boticas, 2013). ....	18
Figura 10 – Representação esquemática do concelho de Boticas e respetivas freguesias (adaptado do site da Câmara Municipal de Boticas, 2013). ....	26
Figura 11 – Distribuição das fontes energéticas pelas habitações (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	36
Figura 12 – Estimativa da distribuição das fontes energéticas pelas habitações a nível do concelho (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	37
Figura 13 – Proveniência da biomassa (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).....	43
Figura 14 – Distribuição das emissões em percentagem por tipo de poluente e por equipamento de combustão (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).....	49



# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição da amostra pelas freguesias do concelho. ....	28
Tabela 2 – Densidade do gás propano canalizado e do gasóleo. ....	29
Tabela 3 – Valores de poder calorífico inferior (PCI) por fonte de energia. ....	29
Tabela 4 – Fatores de emissão por poluente e por tipo de equipamento (Gómez <i>et al.</i> , 2006; EEA, 2013). ....	31
Tabela 5 – Distribuição do tipo de habitação pelas respetivas freguesias do concelho de Boticas (setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	34
Tabela 6 – Tipologia do aquecimento central nas habitações (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	35
Tabela 7 – Relação entre as fontes de energia e os tipos de utilização (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	38
Tabela 8 – Consumo (t/ano) de biomassa lenhosa por freguesia (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	39
Tabela 9 – Consumo de biomassa (t/ano) por tipo de equipamento e por tipo de biomassa (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	42
Tabela 10 – Consumos anuais por recurso energético (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	44
Tabela 11 – Consumo de energia em GJ/ano por recurso energético (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	46
Tabela 12 – Emissões (t/ano) por poluente ou grupo de poluentes relativas à amostra (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos) e ao concelho. ....	48
Tabela 13 – Emissões (t/ano) por tipo de poluente e por tipo de equipamento de combustão (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos). ....	50
Tabela 14 – Comparação de emissões entre os valores totais e por setor para o concelho de Boticas da APA (2011 e 2010) e as estimativas obtidas no estudo. ....	52
Tabela 15 – Cenário para a redução de emissões alterando os equipamentos de combustão. ....	53



# LISTA DE ABREVIATURAS E UNIDADES DE MEDIDA

## Lista de Abreviaturas

As – Arsénio

C – Carbono

Ca – Cálcio

Cd – Cádmió

Cl – Cloro

CH<sub>4</sub> – Metano

CO – Monóxido de Carbono

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

CO<sub>2eq</sub> – Dióxido de Carbono Equivalente

COVNM – Compostos Orgânicos Voláteis Não Metano

Cr – Crómio

Cu – Cobre

DGEG – Direcção-Geral de Energia e Geologia

Fe – Ferro

GEE – Gases de Efeito de Estufa

GPL – Gás de Petróleo Liquefeito

H ou H<sub>2</sub> – Hidrogénio

H<sub>2</sub>O – Água

HAP's – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

HCB – Hexaclorobenzeno

Hg – Mercúrio

INE – Instituto Nacional de Estatística, I.P.

K – Potássio

Mg – Magnésio

N – Azoto

Na - Sódio

NH<sub>3</sub> – Amoníaco

Ni – Níquel

NO – Monóxido de azoto (Óxido nítrico)

NO<sub>2</sub> – Dióxido de azoto

NO<sub>x</sub> – Óxidos de azoto

P – Fósforo

Pb - Chumbo

PCDD/F – Dioxinas/Furanos

PCI – Poder Calorífico Inferior

PM – Material particulado

PM<sub>10</sub> – Material particulado de diâmetro inferior a 10 micrómetros

PTS – Partículas totais em suspensão

S – Enxofre

Se – Selénio

Si – Silício

SO<sub>2</sub> – Dióxido de enxofre

Zn – Zinco

## **Unidades de Medida**

% – Percentagem

°C – Graus Celsius

GJ – GigaJoule

kJ – QuiloJoule

kg – Quilograma

kWh – Quilowatt hora

mm – Milímetros

m<sup>3</sup> – Metro cúbico

MJ – Mega Joule

Mt – Mega toneladas

µg - Microgramas

t - Tonelada



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento

A biomassa lenhosa é um recurso energético com ampla tradição no setor doméstico em Portugal, em grande parte devido ao seu baixo custo e à sua elevada abundância. Esta fonte de energia é usada para aquecer as habitações, aquecer as águas sanitárias e para preparar alimentos, principalmente nas regiões onde se fazem sentir invernos mais rigorosos. Segundo dados recentes do Instituto Nacional de Estatística (DGEG & INE, I.P., 2011) a lenha é a segunda fonte de energia mais consumida no setor doméstico em Portugal, com um peso total de 24,2%. Este consumo de biomassa lenhosa está também a ser estimulado pelas recentes estratégias de combate às alterações climáticas, na medida em que a queima de lenha, contrariamente à queima dos combustíveis fósseis, apresenta um efeito nulo em termos de emissões de CO<sub>2</sub> (Fischer e Schrattenholzer, 2001).

Apesar dos benefícios múltiplos associados à utilização de biomassa como fonte de energia, a combustão doméstica deste recurso energético constitui uma importante fonte de poluentes atmosféricos, perigosos para o ambiente e para a saúde humana (Torres-Duque *et al.*, 2008). Os poluentes atmosféricos emitidos em maiores quantidades pela queima de lenha são o monóxido de carbono (CO), os compostos orgânicos voláteis (COV), os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) e o material particulado, enquanto que as emissões menos relevantes são as de NO<sub>x</sub> (IA, 2004). A exposição ao fumo da queima de lenha é uma causa importante de problemas de saúde, como é o caso de infeções respiratórias agudas em crianças, doenças pulmonares obstrutivas crônicas (tais como bronquite crônica e asma) e cancro de pulmão (WHO, 2002).

A emissão de poluentes depende dos hábitos locais de aquecimento, do tipo de fogões, do tipo e das características da lenha e das condições meteorológicas. A identificação e compreensão das práticas de combustão doméstica de biomassa é, por isso, essencial para melhorar os inventários de emissões e para tomar decisões acertadas sobre o controle de emissões e a implementação de programas de mitigação das alterações climáticas e/ou qualidade da qualidade do ar (EPA, 2001).

A Comissão Europeia lançou em 2008 o Pacto de Autarcas (2013), de modo a fomentar e apoiar os esforços das autarquias locais na implementação de políticas de energia sustentável. O Pacto de Autarcas é o principal movimento europeu que abrange autarquias locais e regionais voluntariamente interessadas no aumento da eficiência energética e na utilização de energias renováveis nos seus territórios. Por estas evidências, o Pacto de

Autarcas é considerado pelas instituições Europeias como um modelo excepcional de governação a vários níveis. As autarquias locais desempenham um papel decisivo na diminuição dos efeitos das alterações climáticas visto que cerca de 80% do consumo energético e de emissões de CO<sub>2</sub> resultam da atividade urbana. Os Signatários do Pacto representam autarquias com dimensões variadas desde pequenas vilas a grandes cidades. Os Signatários do Pacto de Autarcas comprometem-se em reduzir em 20% o consumo de energia, reduzir em 20% as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e em aumentar em 20% a utilização de energias renováveis, até 2020. Após um ano da assinatura do Pacto de Autarcas, os Signatários comprometem-se a elaborar e implementar um Plano de Ação para a Energia Sustentável de modo a cumprir os objetivos a que se comprometeram.

O Município de Boticas aderiu ao Pacto de Autarcas a 20 de agosto de 2010 e o seu Plano de Ação para a Energia Sustentável foi aceite pela Comissão Europeia a 3 de agosto de 2011. Na sequência da referida aprovação o Município de Boticas elaborou um Inventário de Referência das Emissões, no qual procedeu à quantificação dos valores de CO<sub>2</sub> libertados no decorrer do consumo energético na área do município durante um ano de referência. Este inventário permite identificar as principais fontes emissoras de CO<sub>2</sub>, quantificar o potencial de emissão de CO<sub>2</sub> e avaliar os potenciais de redução (Pacto de Autarcas, 2013).

O Inventário de Referência das Emissões do Concelho de Boticas não contemplou as emissões provenientes do consumo de biomassa lenhosa no concelho devido a ausência de dados. A possibilidade destas emissões terem um contributo relevante nas emissões totais leva a que o inventário esteja incompleto e que não tenham sido contempladas medidas para a redução destas emissões a nível da área abrangida pelo Município de Boticas.

## 1.2. Objetivos

Com a presente dissertação pretende-se alcançar os seguintes objetivos: avaliar a contribuição da biomassa lenhosa em termos de energia no setor doméstico; estimar as emissões de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos, associadas à queima doméstica de biomassa lenhosa; e avaliar o potencial de redução das emissões de poluentes atmosféricos e de gases de efeito estufa associadas a esta atividade de combustão doméstica no concelho de Boticas.

### 1.3. Estrutura da Dissertação

Tendo em conta os objetivos definidos, a presente Dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos.

No presente capítulo expõe-se os princípios introdutórios da temática a abordar, bem como, os seus objetivos.

Subsequentemente o capítulo 2, designado “O Estado da Arte” inclui uma breve introdução sobre a biomassa lenhosa, a evolução dos consumos de biomassa lenhosa, a combustão da biomassa, os equipamentos de combustão de biomassa, emissões atmosféricas provenientes da combustão de biomassa lenhosa, os impactes associados à combustão de biomassa e as medidas de controlo e redução de emissões.

Por sua vez, o capítulo 3 apresenta a metodologia de trabalho aplicada no âmbito da realização deste estudo e subdivide-se em três subcapítulos, sendo eles: a área de estudo, o Inquérito e o cálculo dos consumos e emissões.

No capítulo 4 são apresentados os resultados e a discussão dos mesmos e subdivide-se em sete subcapítulos, sendo eles: caracterização das habitações, padrão de utilização das diferentes fontes energéticas, modo de utilização da biomassa lenhosa e dos respetivos equipamentos de combustão, consumos, análise energética, emissões provenientes dos equipamentos de combustão e avaliação do potencial de redução das emissões no concelho de Boticas.

No capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões obtidas com a realização deste estudo.

No capítulo 6 são ilustradas as referências bibliográficas utilizadas.

## **2. O ESTADO DA ARTE**

## 2.1. Biomassa lenhosa

Biomassa define-se como uma fração biodegradável de produtos, resíduos da agricultura e silvicultura e de resíduos industriais e domésticos, sendo uma fonte de energia renovável proveniente de resíduos de carbono de várias atividades naturais e humanas e tratando-se ainda de uma fração degradável biológica de produtos e resíduos da agricultura (incluindo materiais vegetais e animais), da silvicultura e da fração biodegradável biológico de resíduos industriais e domésticos (Patel e Gami, 2012). A biomassa pode ser não lenhosa no caso de resíduos agrícolas (bagaço de azeite, cascas e caroços de frutos, sementes, palha e estrume) e pode ser lenhosa no caso da lenha, ramos, pontas e cascas de árvores e serradura (Teixeira, 2011). Esta última forma de biomassa é a mais relevante para o processo de combustão doméstica e, por isso, a que será enfatizada neste estudo.

A floresta em Portugal é constituída principalmente por pinheiro bravo, o sobreiro representa a segunda maior área, seguida do eucalipto e por fim da azinheira, o conjunto destas quatro espécies representa cerca de 85% da floresta portuguesa. O carvalho, o castanheiro e outras espécies folhosas e resinosas representam os restantes 15% da floresta portuguesa (Rabaçal, 2010).

Relativamente às propriedades físicas dos combustíveis provenientes da biomassa, estas apresentam uma vasta gama de variação. Alguns parâmetros dependem da qualidade da matéria-prima assente na origem como é o caso da densidade, da porosidade e da superfície interna da biomassa. Outros parâmetros dependem do modo de preparação, isto é, da granulometria e da forma do material e do pré-tratamento do combustível como é o caso da secagem que influencia o teor de humidade presente no combustível (Araújo, 2008).

Quanto às propriedades químicas dos combustíveis provenientes da biomassa, os parâmetros que mais influenciam o comportamento de determinado material combustível são o poder calorífico, a composição elementar, os produtos da pirólise, o poder calorífico dos voláteis e do resíduo carbonoso e o calor produzido durante a pirólise (Ciolkosz, 2010).

Em relação à composição química da biomassa lenhosa esta é composta basicamente por carbono (C), entre 49 a 50%, oxigénio (O), entre 44 a 45%, aproximadamente 6% de hidrogénio (H) e por um teor muito reduzido de azoto (N), entre 0,1 e 1% (Klock *et al.*, 2005 cit. Teixeira, 2011). Além dos compostos referidos anteriormente a biomassa é, também, rica em nutrientes como o cálcio (Ca), potássio (K), sódio (Na) e fósforo (P) (Boman, 2005). A

biomassa lenhosa e florestal em comparação com a biomassa não lenhosa contém um menor teor e quantidade de cinzas (Teixeira, 2011).

A biomassa lenhosa pode ser caracterizada pelos seus componentes principais: celulose, hemicelulose, lenhina e ainda por extratos (resinas), este último em quantidades menores. A celulose constitui a parede de fibra da madeira e representa 40 a 45 % da massa seca da madeira. A hemicelulose funciona como material estrutural e como substância de reserva e representa 20 a 35% da massa seca da madeira. A lenhina fornece rigidez a fibra da madeira e representa 15 a 30% da massa seca. Os extratos não possuem qualquer função específica e não excedem os 10% da massa seca da madeira. A celulose e a hemicelulose formam os principais produtos voláteis, enquanto a lenhina é o principal contribuinte para a formação de resíduo carbonoso. Como tal a quantidade de produtos libertados durante a combustão depende além de outros fatores, da composição química da biomassa isto é, do comportamento dos seus componentes estruturais (Silva, 2008).

## 2.2. Evolução do Consumo de Biomassa Lenhosa

Atualmente a biomassa representa 14% da energia consumida nos países desenvolvidos e 38% nos países em desenvolvimento (Patel e Gami, 2012).

No mundo mais de três bilhões de pessoas continuam a depender dos combustíveis sólidos, como a biomassa (madeira e resíduos agrícolas) e o carvão (combustível fóssil) para satisfazer as suas necessidades energéticas mais básicas (WHO, s.d.).

Em Portugal estima-se que em 2010 foram consumidas no setor domésticos cerca de 1,95 Mt de biomassa das quais 83% é para aquecimento e 17% para cozinhar. Estima-se também que no distrito de Vila Real foram queimadas aproximadamente 72000 toneladas de lenha (Gonçalves, 2011).

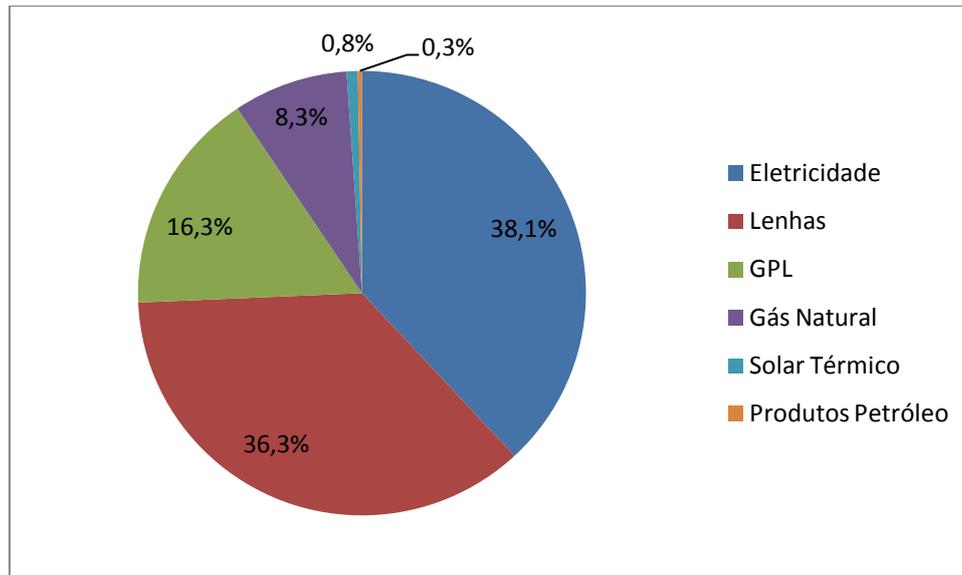
No setor doméstico em Portugal verificou-se um crescimento tendencial e sustentado do consumo de energia entre 1989 e 2005. No entanto, desde 2005 tem havido uma inversão desta tendência (DGEG & INE, I.P., 2011).

Até 2002, a lenha era a fonte de energia mais utilizada no setor doméstico. Esta situação inverteu-se a partir de 2003, com a eletricidade a ocupar a primeira posição e remetendo a lenha para a segunda posição (DGEG & INE, I.P., 2011).

O uso de energia em 2009, no setor doméstico, correspondia a 17,7% do total do consumo final de energia, sendo este setor o terceiro maior consumidor de energia, seguindo-

se o setor da indústria com 30,5% e do setor dos transportes com 37,5% (DGEG & INE, I.P., 2011).

A principal fonte de energia utilizada em 2009, no setor doméstico, foi a eletricidade com 38,1%, seguindo-se a lenha (biomassa e carvão vegetal) com 36,3%, o GPL com 16,3%, o gás natural com 8,3%, o solar térmico com 0,8% e os produtos de petróleo com 0,3% (Figura 1) (DGEG & INE, I.P., 2011).



**Figura 1 – Distribuição dos consumos pelas diferentes fontes de energia, em Portugal (DGEG & INE, I.P., 2011).**

A sociedade atual apresenta uma dependência evidente no que diz respeito à eletricidade, pois a maioria dos equipamentos existentes nas residências depende da mesma. A necessidade de aumentar o conforto térmico das habitações e o aumento da oferta de equipamentos elétricos contribuíram de uma forma direta para o aumento que se registou no consumo de eletricidade, assumindo assim esta fonte de energia um papel muito relevante no setor doméstico (DGEG & INE, I.P., 2011).

Segundo a DGEG e o INE (2011), no setor doméstico a fonte de energia utilizada varia de acordo com o tipo de uso, sendo a lenha a principal fonte de energia usada no aquecimento do ambiente, a eletricidade na cozinha e o GPL ou gás natural no aquecimento de águas.

### 2.3. A Combustão de Biomassa

A combustão é um processo exotérmico e é também uma reação entre um combustível (e.g. biomassa lenhosa) composto principalmente por carbono, hidrogénio e oxigénio) e um comburente, o oxigénio, sendo obtido a partir desta reação química calor, água e dióxido de carbono (Boman, 2005).



Em condições ideais (presença de oxigénio em condições elevadas), a combustão traduz-se numa oxidação completa da parte orgânica da biomassa, em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Se as condições não forem ideais, o que se verifica na maioria dos casos, a combustão deixa de ser completa e resultado traduz-se na emissão adicional de inqueimados e/ou de produtos parcialmente oxidados, indesejáveis para o ambiente e para a saúde do Homem (Gomes, 2011).

Do ponto de vista do combustível, o processo de combustão divide-se em várias fases: secagem do combustível, aquecimento de combustível, pirólise e combustão, sendo as três primeiras de consumo de calor e a última de geração de calor (Figura 2). Na combustão de biomassa lenhosa, as reações de combustão ocorrem principalmente entre os produtos gasosos enquanto, na combustão do carvão ocorrem entre os gases e o carbono que se encontra na superfície do carvão sólido (Paunu, 2012).

Após a secagem, aquecimento e pirólise acontece a vaporização da maior parte da água retida no combustível. O tempo que decorre até ao início da queima do combustível depende do tamanho da partícula de combustível e do seu teor de humidade. A humidade presente na partícula de combustível diminui a velocidade do processo de queima, uma vez que se consome energia para a água vaporizar. O vapor de água libertado da partícula de combustível arrefece a superfície da mesma. Quando o teor de humidade do combustível diminui significativamente, a temperatura do combustível aumenta, começando a vaporização dos hidrocarbonetos voláteis (Paunu, 2012).

A pirólise consiste em muitas reações químicas complexas, que são sequenciais e paralelas. Os pequenos constituintes do combustível começam a hidrolisar, oxidar e desidratar, enquanto os grandes, tais como a hemicelulose, a celulose e a lignina começam a degradar-se (Dermibas, 2005). A pirólise da biomassa lenhosa começa a  $200^\circ\text{C}$  e aumenta rapidamente a partir desse valor, sendo que a maioria dos compostos voláteis são volatizados

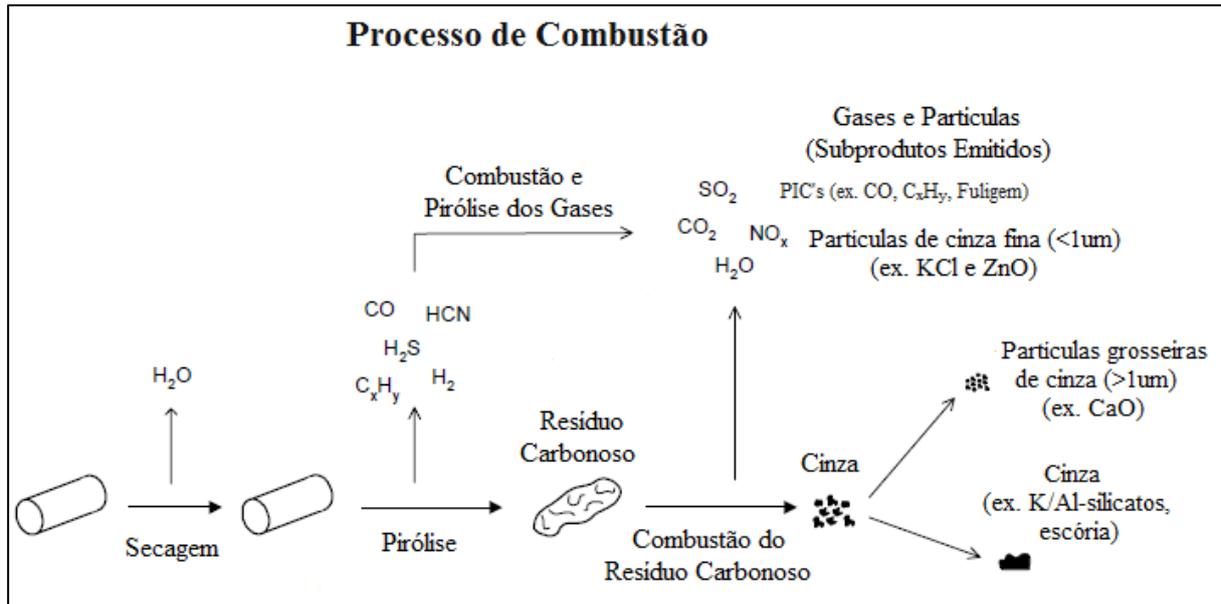
a 400°C (Paunu, 2012). A degradação da celulose, hemicelulose e lenhina ocorre entre 240-350°C, 200-260°C e 280-500°C respetivamente (Olsson, 2006).

A pirólise ocorre nas fases iniciais do processo de combustão do combustível e cerca de 80% do combustível inicial é convertido em produtos voláteis. A produção de mais voláteis está relacionada com um aquecimento rápido, a temperaturas moderadas a altas (Williams *et al.*, 2011).

Durante a pirólise formam-se diversos produtos, como é o caso dos produtos voláteis, do alcatrão e do resíduo carbonoso (Grieco, 2010). Os produtos voláteis são: CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e outros hidrocarbonetos leves (Grieco, 2010). Os alcatrões são constituídos por hidrocarbonetos com elevados teores de C e por outros compostos orgânicos que são voláteis a temperatura de pirólise e que condensam a baixas temperaturas (Grieco, 2010). O resíduo carbonoso é um composto sólido carbonáceo com elevada fração de C/H (Grieco, 2010). A combustão de biomassa produz normalmente entre 10 a 30% de teor de resíduo carbonoso em peso seco, sendo que 25 a 50% do total de energia provém desta fase da combustão (Paunu, 2012). O poder calorífico, a composição e a quantidade dos produtos voláteis, dos alcatrões e do resíduo carbonoso depende da taxa de aquecimento, da temperatura final e do teor de minerais (principalmente potássio). A distribuição de N, Cl, P e metais entre os produtos voláteis, os alcatrões e o resíduo carbonoso é importante relativamente a sua futura reação e formação de poluentes (Williams *et al.*, 2011).

A combustão dos produtos voláteis forma uma chama de difusão em volta da partícula de combustível, à medida que o oxigénio se difunde nos produtos. Esta chama aumenta a temperatura do combustível, aumentando a taxa de volatilização (Silva, 2008).

O aumento da fração de C relativamente ao H desencadeia a combustão do resíduo carbonoso. Esta última fase de combustão ocorre na superfície da partícula de combustível e é a chamada combustão sem chama do resíduo carbonoso. Como a difusão do oxigénio (oxidação) pela superfície de combustão é mais lenta esta fase dura mais tempo (Paunu, 2012).



**Figura 2 – Esquema do processo de Combustão (adaptado de Boman, 2005).**

A combustão pode ser contínua ou descontínua, dependendo do equipamento de queima utilizado. Nos equipamentos de combustão contínua o combustível é carregado de forma contínua e, por vezes, de forma automática, enquanto nos equipamentos de combustão descontínua o combustível é carregado separadamente e de forma descontínua. Enquanto na combustão descontínua a combustão começa a partir da primeira fase para cada carregamento, na combustão contínua as fases de combustão estão sempre ativas, sendo o processo de combustão mais estável e o seu controlo mais eficiente relativamente aos equipamentos de combustão descontínua (Tissari, 2008).

## 2.4. Equipamentos combustão de biomassa

No setor doméstico são utilizados diversos equipamentos de combustão de biomassa, uma grande variedade de biomassa e várias tecnologias de combustão. Os equipamentos mais antigos possuem um desenho bem simples, enquanto os equipamentos mais modernos possuem tecnologias mais avançadas.

As emissões de poluentes dependem das tecnologias de combustão, da forma de operação dos equipamentos e da manutenção dos mesmos (EEA, 2009). Quando existem condições que promovem uma rápida taxa de combustão e uma elevada intensidade da chama, a combustão secundária é melhorada e as emissões são mais baixas. Quando a taxa de

combustão é lenta e a intensidade da chama é baixa existe um aumento das emissões (EPA, 2001).

### 2.4.1. Lareiras Abertas, Lareiras Fechadas e Recuperadores de calor

As lareiras são os equipamentos de combustão mais simples, funcionam como um reator em leito fixo e são alimentadas manualmente por cargas sucessivas de biomassa (EEA, 2009). Os tipos de lareiras distribuem-se em duas grandes categorias. Na primeira categoria incluem-se as lareiras de alvenaria que geralmente são de tijolo ou pedra e encontram-se integradas na estrutura da habitação. Normalmente, possuem grandes aberturas para o seu interior e daí a designação de lareiras abertas, ou possuem portas (normalmente de vidro) com reguladores de ar passando a designar-se por lareiras fechadas. Na segunda categoria enquadram-se as lareiras pré-fabricadas ou recuperadores de calor, geralmente de metal (ferro fundido ou aço), inseridas usualmente no interior das lareiras abertas (EPA, 2001).

#### 2.4.1.1. Lareiras Abertas

Este tipo de lareira possui um desenho muito simples, são constituídas por uma câmara de combustão básica que se encontra diretamente ligada a chaminé (Figura 3) (Kubita *et al.*, 2007). Estas lareiras não possuem tecnologia para redução de emissões e correspondem à fonte de aquecimento mais ineficiente. A sua eficiência situa-se entre (-10% e 10%) (Dovetail, 2011). Estes equipamentos de queima aquecem a sala onde se encontram por radiação, mas uma fração significativa do calor é perdido pela chaminé juntamente com os gases libertados e pelas paredes da lareira (EPA, 2001). A ineficiência destes equipamentos é causada pelas perdas descritas atrás e pela incapacidade deste equipamento em converter a biomassa em calor útil (Dovetail, 2011). Como possuem uma eficiência muito baixa, emitem grandes quantidades de PTS, CO, COVNM e HAP's resultantes de uma combustão incompleta (Kubita *et al.*, 2007). Pelas razões descritas anteriormente estas lareiras causam mais poluição, tanto dentro das habitações como fora, comparativamente aos métodos mais recentes de combustão de biomassa (Dovetail, 2011).



**Figura 3 – Fotos de lareiras abertas (Concelho de Boticas, 2013).**

### 2.4.1.2. Lareiras Fechadas

As lareiras fechadas são muito semelhantes às lareiras abertas, apresentando como diferença, o facto da abertura se encontrar tapada por uma porta de vidro ou metal, que permite controlar o ar de combustão. Este tipo de alteração permite melhorar a eficiência global da lareira (Figura 4) (EEA, 2009).



**Figura 4 – Foto lareira fechada (Concelho de Boticas, 2013).**

### 2.4.1.3. Recuperadores de Calor

Os recuperadores de calor geralmente possuem portas de vidro e o calor é transmitido por radiação através de todas as áreas quentes expostas ao ar e por convecção (correntes de ar quente) uniformemente em toda a divisão (EEA, 2009).

Os recuperadores possuem duas entradas de ar, a primeira consiste numa entrada de ar primário na base da câmara de combustão (combustão primária) e a segunda consiste numa entrada de ar na parte superior de modo a garantir a combustão dos gases libertados durante a primeira combustão (combustão secundária (Figura 5)).

São equipamentos de combustão de biomassa mais eficientes que as lareiras abertas e fechadas. A sua eficiência encontra-se entre 50% e 70% e a libertação de calor é maior. Este equipamento pode aquecer uma divisão ou toda a casa (Dovetail, 2011).



**Figura 5 – Foto recuperador de calor (Concelho de Boticas, 2013).**

### 2.4.2. Fogões e Estufas

São os equipamentos de combustão mais comuns, flexíveis, de preço mais acessível e geralmente de ferro fundido. Podem ser colocados em qualquer espaço da habitação desde que exista uma chaminé para o exterior da habitação, mas são normalmente colocados na cozinha pois é onde a família passa a maior parte do tempo (Dovetail, 2011).

São equipamentos fechados e o calor útil é transferido para o exterior por radiação e por convecção (semelhante ao recuperador de calor).

Normalmente estes equipamentos são utilizados para aquecimento do ar, mas também podem ser utilizados para aquecimento de água (caldeira) e para cozinhar. Quando são utilizados apenas para aquecimento do ar são designados por estufas. Se são utilizados para aquecimento do ar e para cozinhar são designados de fogões porque possuem zonas de placas quentes para colocar panelas e possuem forno (Figura 6). O processo de combustão é semelhante nos dois equipamentos.

Estes equipamentos possuem diferentes eficiências consoante a idade de fabrico, isto é, quanto mais recentes forem melhores são as tecnologias de que dispõem e melhor é a sua eficiência. Nos equipamentos mais antigos a combustão é incompleta, a eficiência é baixa entre 40% e 50%, a emissão de poluentes é considerável e a sua autonomia (tempo a operar sem intervenção do utilizador) é baixa. Nos equipamentos mais recentes a eficiência varia entre 55% e 75%, devido a melhor utilização de ar secundário na câmara de combustão, emissões de poluentes mais baixas e maior autonomia (EEA, 2009).



Figura 6 – Foto de uma estufa à esquerda e de um fogão à direita (Concelho de Boticas, 2013).

### 2.4.3. Caldeiras a Lenha

As caldeiras são equipamentos de aquecimento indireto através do aquecimento de água (Figura 7) (EEA, 2009).

As caldeiras possuem um reservatório de água incorporado ou a elas associado. O calor produzido na caldeira é transferido para a água, que em seguida é bombeada por tubos isolantes até aos radiadores que libertam o calor armazenado na água e que se encontram distribuídos pela habitação. A caldeira normalmente além de ser utilizada para aquecimento do ar ambiente, também é utilizada para aquecimento das águas sanitárias. Normalmente as caldeiras têm de ser reabastecidas diariamente (Dovetail, 2011).

As caldeiras podem ser classificadas em caldeiras “Over-fire” ou caldeiras “Under-fire”. As caldeiras “Over-fire” são muito utilizadas devido ao baixo custo e a facilidade como são operadas. O combustível é periodicamente introduzido na caldeira no topo do leito de combustível em combustão. Devido a insuficiente entrada de ar, que normalmente é por tiragem natural, a combustão é incompleta. A emissão de poluentes pode ser muito elevada principalmente se a caldeira for operada a carga reduzida. A eficiência destas caldeiras

encontra-se entre 50% e 65%. As caldeiras “Under-fire” possuem sistemas manuais de alimentação de combustível e grades fixas ou inclinadas. A câmara de combustão encontra-se dividida em duas partes, a primeira é utilizada para armazenamento, desvolatilização parcial e combustão da camada de combustível e a segunda destina-se a oxidação dos gases de combustão. A combustão nestas caldeiras é estável devido a alimentação contínua de combustível por gravidade sobre o leito de combustão. Isto permite reduzir as emissões relativamente as caldeiras “Over-fire” e a sua eficiência encontra-se entre os 60% e os 70%. Algumas das caldeiras “Under-fire” possuem um ventilador que controla o fluxo dos gases de combustão e o sistema de controlo de combustão através da regulação do ar primário e secundário pode conduzir a um aumento da eficiência entre 70% e 80% (EEA, 2009).



**Figura 7 – Foto de uma caldeira a lenha (Concelho de Boticas, 2013).**

#### 2.4.4. Salamandras e Caldeiras a Pellets

As pellets possuem elevada densidade e baixa humidade sendo constituídas a partir de serrim e aparas ou restos de madeira.

As salamandras e as caldeiras a pellets precisam de eletricidade para os componentes elétricos (alimentador, ventiladores, controlo) funcionarem e a sua manutenção é mais complicada que os restantes equipamentos (Figura 8). São constituídas por um reservatório onde são armazenadas as pellets até serem utilizadas, a maioria destes reservatórios são

suficientes para armazenar combustível para um ou dois dias e por uma câmara de combustão onde é realizada a combustão das pellets. O alimentador é responsável pelo transporte das pellets do depósito para a câmara de combustão. A quantidade de pellets que entra na câmara de combustão determina a quantidade de calor que é emitida. Uma alimentação contínua e regulada permite que a chama se mantenha acesa e constante. O escoamento de ar forçado na câmara de combustão permite ao mesmo tempo a exaustão dos gases de combustão e a entrada de ar na câmara de combustão. Finalmente, o ar quente é forçado a sair para o interior da habitação ou para um reservatório de água no caso de algumas salamandras e no caso das caldeiras ligadas a um sistema de aquecimento central.

Os gases emitidos pelo equipamento são libertados através de um pequeno tubo. Devido à combustão completa das pellets a eficiência destes equipamentos varia entre os 75% e os 90% (Dovetail, 2011).



Figura 8 – Foto de uma salamandra à esquerda e de uma caldeira à direita (Concelho de Boticas, 2013).

#### 2.4.5. Churrasqueiras, Fornos e Cozinhas de Fumeiro

As churrasqueiras são equipamentos por norma pré-fabricados e podem ser em ferro ou alvenaria. Os fornos podem ser pré-fabricados em ferro ou construídos em pedra. As cozinhas de fumeiro são constituídas por lareiras abertas, normalmente não possuem chaminé

para permitir uma secagem mais adequada do fumeiro efetuada com base no calor e fumo libertados (Figura 9). O processo de combustão e as respetivas emissões que ocorrem neste tipo de equipamentos são idênticos aos das lareiras abertas.



Figura 9 – Foto de uma cozinha de fumeiro à esquerda e uma churrasqueira e forno à direita (Concelho de Boticas, 2013).

## 2.5. Emissões Atmosféricas Provenientes da Combustão de Biomassa Lenhosa

Numa combustão completa de biomassa são apenas produzidos como produtos  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , e todo o potencial de aquecimento da biomassa é libertado. Quando numa combustão o oxigénio é insuficiente, os tempos de residência são baixos, há ausência de turbulência para misturar os gases com o oxigénio e as temperaturas são baixas, a combustão passa a ser incompleta (EPA, 2011).

Numa combustão incompleta são produzidos como produtos CO, PM, COVNM,  $\text{NH}_3$ , HAP's e PCDD/F (dioxinas e furanos) (EEA, 2009). Estes produtos da combustão representam poder calorífico perdido e emissões de poluentes para a atmosfera (EPA, 2011).

Os poluentes emitidos durante a combustão de biomassa são:

**$\text{NH}_3$**  – A biomassa contém azoto na sua composição, quando a combustão é incompleta (baixas temperaturas de combustão) são emitidas pequenas quantidades de amónia (EEA, 2009).

**PTS e PM** – Na combustão de biomassa o material particulado emitido é o fumo, a fuligem e as cinzas. O material particulado pode ser classificado em três grupos de produtos emitidos. O primeiro grupo é composto por fuligem e partículas de carbono orgânico, sendo estes

produtos de combustão incompleta. A condensação de hidrocarbonetos pesados (alcatrão), é um importante ou, em alguns casos, o mais importante contribuinte nas emissões de partículas, em equipamentos de combustão, comolareiras e fogões convencionais. O terceiro grupo é constituído por partículas de cinza que provem da matéria mineral da biomassa como é o caso dos óxidos, dos sais (S, Cl) de Ca, Mg, Si, Fe, K, Na, P e dos metais pesados (EEA, 2009).

**Metais pesados** – Toda a biomassa lenhosa contém metais pesados e o seu teor varia em função do tipo de biomassa, alterando desse modo também as emissões. A maioria dos metais pesados (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se e Zn) geralmente são emitidos como compostos associados e/ou adsorvidos em partículas (sulfetos, cloretos ou compostos orgânicos). O Hg, Se, As e Pb estão pelo menos parcialmente presentes na fase de vapor. Os compostos de metais menos voláteis tendem a condensar sobre a superfície das partículas de menor dimensão nos gases libertados (EEA, 2009).

**PCDD/F** – A emissão de dioxinas e furanos depende das condições de arrefecimento do processo e dos gases de combustão. Para a formação destes compostos é necessária a presença de carbono, cloro, um catalisador e oxigénio em excesso (EEA, 2009).

**HCB** – A emissão de HCB durante uma combustão é altamente incerta, mas normalmente sempre que se forma PCDD/F podem ocorrer emissões de HCB (EEA, 2009).

**HAP's** – As emissões de HAP's resultam da conversão incompleta do combustível e dependem da temperatura do processo de combustão (temperaturas muito baixas maiores emissões), do tempo de residência do combustível e da disponibilidade de oxigénio (EEA, 2009).

**CO** – O CO encontra-se presente em toda a biomassa lenhosa, como o produto intermediário do processo de combustão mais importante para a conversão do combustível em CO<sub>2</sub>, sendo que para que aconteça esta oxidação é necessário uma temperatura adequada e oxigénio disponível. A presença de CO indica uma boa qualidade da combustão (EEA, 2009).

**COVNM** – A emissão de COVNM pode ocorrer em quantidades consideráveis. Os COVNM são produtos intermediários na oxidação do combustível, podem ser absorvidos, condensarem ou formarem partículas. A emissão de COVNM resulta de baixas temperaturas, reduzido tempo de residência do combustível e ausência de oxigénio (EEA, 2009).

**Óxidos de enxofre** – A emissão de SO<sub>2</sub> depende do teor de enxofre presente no combustível (EEA, 2009).

**Óxidos de azoto** – A emissão de  $\text{NO}_x$  é geralmente na forma de óxido nítrico (NO) e com uma pequena proporção de dióxido de azoto ( $\text{NO}_2$ ) presente. As emissões de  $\text{NO}_x$  são relativamente baixas em equipamentos de combustão residenciais (EEA, 2009).

As emissões provenientes da combustão de biomassa dependem diretamente da composição química da biomassa e das condições de combustão (Rogge *et al.*, 1998). Relativamente a composição química da biomassa, as diferentes espécies arbóreas, mesmo apresentando uma constituição semelhante à base de lenhina e celulose, durante o seu processo de crescimento desenvolvem diferentes componentes lenhosos, o que leva a diferentes emissões durante o processo de combustão das diferentes espécies (Simoneit, 2002). Outros fatores que influenciam as emissões são o tipo, as características e as condições de operação dos equipamentos e o tipo, a origem, a qualidade e as características da biomassa (Duarte, 2011).

Quando a taxa de combustão é elevada e a entrada de ar na fornalha é insuficiente a combustão torna-se latente. Com temperaturas muito baixas, as reações de oxidação são muito lentas e os produtos da combustão não queimam completamente como com elevadas temperaturas. A baixa temperatura e baixos teores de oxigénio aumentam as emissões de CO e de hidrocarbonetos voláteis. A temperatura afeta a vaporização das cinzas, sendo que a emissão de cinza aumenta com o aumento da temperatura. Como nos vários tipos de biomassa a composição química das cinzas é idêntica, é a temperatura de combustão que determina as emissões de cinzas (Paunu, 2012).

O teor de humidade ótimo para combustão da biomassa é entre 20% e 30%, de modo a minimizar a emissão de partículas. A biomassa com um teor de humidade muito elevado necessita de mais energia para vaporizar a água, reduzindo, por um lado, o aquecimento da biomassa e a eficiência da combustão, e, por outro, aumentando a formação/libertação de material particulado. Se o teor de humidade da biomassa for muito baixo, a taxa de combustão da biomassa é muito elevada, levando a condições de oxigénio muito limitadas, que favorecem a combustão incompleta da biomassa e conseqüentemente o aumento de fumo e de material particulado (Rogge *et al.*, 1998).

A combustão ineficiente de combustíveis sólidos em fogueiras ou fogões tradicionais no interior da habitação emite inúmeros poluentes: monóxido de carbono, pequenas partículas, óxidos de azoto, benzeno, butadieno, formaldeído, HAP's, entre outros produtos químicos nocivos para a saúde (OMS, 2007).

## 2.6. Impactes Associados a Combustão de Biomassa

Cerca de três biliões de pessoas utilizam combustíveis sólidos (madeira, carvão e restos agrícolas) como fonte de energia para cozinhar e para aquecimento, em fogueiras e em fogões tradicionais. Esta forma de combustão é muito incompleta e produz elevados níveis de emissões de poluentes atmosféricos tanto interiores como exteriores, sendo estes muito prejudiciais para o clima e para a saúde (WHO, 2011).

A combustão de combustíveis sólidos provoca a contaminação do ar interior por elevados níveis de  $PM_{10}$  (OMS, 2007). Segundo a Organização Mundial de Saúde (2007), numa habitação na Africa, Asia ou América Latina, em 24 horas, a contaminação por  $PM_{10}$  é de 300 a 3000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  podendo atingir os 10000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  na cozinha. Nos Estados Unidos da América e na União Europeia existem limites médios anuais de  $PM_{10}$  no ar exterior sendo de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respetivamente (OMS, 2007).

Quase metade da população mundial utiliza biomassa tradicional e fogões a carvão, sendo esta a causa de cerca de dois milhões de mortes por ano, dos quais um milhão é de crianças com menos de cinco anos de idade e o outro milhão com doença pulmonar obstrutiva crónica. Cerca de 36 mil pessoas morrem por ano de cancro nos pulmões devido à poluição do ar interior provocada por biomassa e equipamentos tradicionais. Estas mortes poderiam ser evitadas na sua maioria se os combustíveis e equipamentos tradicionais fossem substituídos por fogões mais eficientes e por combustíveis mais limpos (WHO, 2011).

## 2.7. Medidas de Controlo e Redução de Emissões

A forma mais simples para reduzir as emissões provenientes da combustão de lenha é a substituição dos equipamentos de queima mais antigos por novos equipamentos com tecnologia de queima mais eficiente e com menores emissões. A substituição das lareiras e caldeiras antigas por equipamentos mais modernos pode reduzir significativamente as emissões, sendo que os únicos problemas que se colocam a esta alteração são os preços dos equipamentos mais modernos e a longa vida dos equipamentos antigos (Paunu, 2012).

A redução das emissões da combustão de biomassa pode ser conseguida através de medidas primárias (redução da formação de poluentes) e de medidas secundárias (remoção dos poluentes dos gases libertados).

As medidas primárias de redução de emissões são relativas a atividades tecnológicas para redução dos gases de combustão incompleta como é o caso PTS, PM, CO, COVNM,

HAP's, PCDD / F, bem como os metais pesados, o SO<sub>2</sub> e o NO<sub>x</sub>, e podem ser realizadas através das seguintes ações (Kubita *et al.*, 2007):

- Alteração da composição do combustível e melhoria da sua qualidade;
- Alteração do combustível (granulação) por compactação – Briquetes e Pellets;
- Seleção do tamanho do combustível de acordo com o tipo de equipamento de queima e controlo da alimentação do mesmo (EEA, 2009);
- Adição de aditivos catalíticos e adsorventes (calcário, dolomita), permite a redução de NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub> e de poluentes orgânicos – COV's e HAP's;
- Homogeneização e estabilização dos teores de humidade no combustível, em particular no caso de combustíveis de biomassa sólida (Kubita *et al.*, 2007);
- Otimização e controlo do processo de combustão;
- Seleção do equipamento de queima: substituição dos equipamentos de baixa eficiência por modelos modernos com certificação;
- Implementação de tecnologias avançadas no fabrico e construção de lareiras, fogões e caldeiras (EEA, 2009);
- Aplicação de conversores catalíticos, principalmente nos equipamentos de queima de biomassa (Kubita *et al.*, 2007).

Os fogões a biomassa podem ser equipados com um conversor catalítico de modo a reduzir as emissões associadas a combustão incompleta. Quando os gases da combustão atravessam o conversor, alguns poluentes são oxidados. A eficácia do conversor depende do material de que é feito, como foi construído e das condições de fluxo dos gases no interior do conversor (temperatura, tempo de residência, mistura e tipo de poluentes). Em fogões com entrada de ar forçada e com conversor catalítico a eficiência de redução das emissões de poluentes obtida é de cerca de 70-93% de CO, 29-77% de CH<sub>4</sub>, de mais de 80 para outros hidrocarbonetos, 43-80% de HAP's e 56-60% de alcatrão (Kubita *et al.*, 2007).

As medidas secundárias de redução das emissões são relativas a redução de PM e por conseguinte a redução significativa de HAP's, de PCDD/F e de metais pesados juntamente com as PM. No caso das PM as reduções podem ser realizadas através das seguintes ações:

- Câmaras de sedimentação: separação gravítica das PM, caracterizada por uma baixa eficiência de recolha e ineficaz para as partículas finas;
- Separadores de ciclone usados normalmente, mas com baixa eficiência de recolha de partículas finas (<85%);

- Multi-ciclones (ou bateria de ciclones) permitem o aumento das taxas de fluxo dos gases e uma maior eficiência (94-99%);
- Precipitadores electrostáticos permitem uma eficiência entre 99,5% - 99,9% (EEA, 2009).

O exemplo de políticas e medidas não técnicas que podem ser aplicadas a nível nacional são as seguintes:

- Estabelecer normas para o fabrico de produtos como é o caso: das lareiras, dos fogões e das caldeiras, de modo a se alcançar elevados níveis de energia e uma eficiência ecológica, e se necessário um sistema de certificação obrigatório;
- Estabelecer normas para o fabrico de combustíveis de biomassa;
- Estabelecer requisitos para a instalação de chaminés em equipamentos de queima de biomassa;
- Mudança de comportamento por parte da população através de campanhas de informação.

A União Europeia aprovou a diretiva 2005/32/CE relativa à Ecodesign de produtos consumidores de energia, também conhecida por Diretiva Ecodesign. Esta diretiva regula a forma como os fabricantes destes produtos específicos devem reduzir o consumo de energia e outros impactes ambientais negativos durante todo o ciclo de vida do produto (*Kubita et al.*, 2007).



## **3. METODOLOGIA**

### 3.1. Área em Estudo

O concelho de Boticas situa-se no norte de Portugal, na província de Trás-os-Montes, no distrito de Vila Real, delimita a Norte com o concelho de Montalegre, a Sul com os concelhos de Vila Pouca de Aguiar e Ribeira de Pena, a Oeste com os concelhos de Montalegre e Cabeceiras de Basto e a Este com o concelho de Chaves. O concelho de Boticas e o concelho de Montalegre constituem a Região do Barroso, composta por altas montanhas e vastos planaltos. O concelho de Boticas possui uma área aproximada de 322 km<sup>2</sup> e é constituído por 16 freguesias: Alturas do Barroso, Ardãos, Beça, Bobadela, Boticas, Cerdedo, Codesso, Covas do Barroso, Curros, Dornelas, Fiães do Tâmega, Granja, Pinho, São Salvador de Viveiro, Sapiãos e Vilar (Fig. 10). As freguesias encontram-se subdivididas em 52 povoações. Segundo os censos de 2011 o concelho de Boticas tinha à data 5747 habitantes.



**Figura 10 – Representação esquemática do concelho de Boticas e respetivas freguesias (adaptado do site da Câmara Municipal de Boticas, 2013).**

No concelho de Boticas os verões são quentes e curtos e os invernos são agrestes e prolongados, durante os quais é frequente ocorrerem fortes nevões, nomeadamente, nos pontos mais altos. Em alguns períodos do ano ocorrem geadas.

O clima no concelho de Boticas caracteriza-se por uma grande amplitude térmica, apresentando temperaturas negativas ao longo do inverno e temperaturas acima dos 30°C durante o verão. A temperatura média oscila entre 10°C e 15°C (*Viegas et al.*, s.d.).

O concelho de Boticas situa-se na denominada Ibéria Húmida onde chove em média entre 76 dias/ano a 110 dias/ano, sendo a precipitação média anual no ponto mais baixo de 1200 mm e no ponto mais alto de 1640 mm.

### 3.2. Inquérito

De modo a melhorar o Inventário de Referência das Emissões realizado pelo Município de Boticas, (Capítulo 1.1) é essencial conhecer as práticas de combustão doméstica de biomassa lenhosa neste concelho.

A metodologia adotada nesta dissertação, para obtenção dos dados necessários à criação de informação sobre o padrão de consumo energético no setor doméstico, foi a realização de um inquérito à população da área em estudo.

Redigiu-se um inquérito com o objetivo de conhecer os hábitos e consumos energéticos reais da população do concelho de Boticas. Este inquérito encontrava-se dividido em oito partes (ver Anexo). A primeira parte era relativa aos dados pessoais do inquirido (idade, sexo e habilitações literárias); a segunda, à localização da habitação (freguesia, aldeia, rua, número e andar); a terceira correspondia às características da habitação (tipo, área útil, fachadas, ano construção, tipo parede, envidraçados e caixilharia, se tinha água canalizada e aquecimento central e à sua tipologia); a quarta referia-se aos equipamentos de produção de calor e o tipo de biomassa utilizada na habitação (tipo de equipamento, tipo de utilização, funcionamento, tipo de biomassa, quantidades e proveniência da biomassa); a quinta parte compreendia as outras fontes de energia utilizadas (tipo de energia, tipo de utilização, funcionamento e consumos); a sexta parte dizia respeito a outros equipamentos consumidores de biomassa (tipo, funcionamento, tipo de biomassa e quantidade); a sétima parte apresentava questões relacionadas com as energias renováveis (se possuíam ou não e, ainda, as características do mesmo); a oitava e última parte visava a opinião do inquirido sobre a energia do futuro.

Para a determinação dos consumos energéticos optou-se pelo período de referência de setembro de 2011 a agosto de 2012.

Os inquéritos foram realizados presencialmente entre novembro de 2012 e junho de 2013, principalmente aos fins-de-semana. Foram efetuados porta-a-porta, na companhia dos Presidentes de Junta de cada Freguesia, de modo a garantir que os inquiridos respondessem ao inquérito sem receios.

O presente trabalho foi realizado na área correspondente ao concelho de Boticas e abrangeu as 16 freguesias que o constituem. O inquérito (ver anexo) incidiu unicamente em alojamentos familiares clássicos, visto serem estes os que representam o setor residencial.

Sendo o total de alojamentos segundo os censos 2011 no concelho em estudo de 2269, e de modo a que a margem de erro seja de 5% e o nível de confiança de 95%, determinou-se o valor da amostragem que corresponde a 330 inquéritos. O valor obtido para o concelho foi repartido pelas freguesias do concelho através de uma regra de três simples como demonstrado na tabela seguinte (Tabela 1).

**Tabela 1 – Distribuição da amostra pelas freguesias do concelho.**

<b>Localização geográfica</b>	<b>Total de alojamentos</b>	<b>Inquéritos a realizar</b>
Boticas	2269	330
Alturas do Barroso	161	24
Ardãos	118	17
Beça	321	46
Bobadela	138	20
Boticas	428	62
Cerdedo	54	8
Codessoso	55	8
Covas do Barroso	121	18
Curros	23	3
Dornelas	157	23
Fiães do Tâmega	40	6
Granja	93	13
Pinho	169	24
São Salvador de Viveiro	120	18
Sapiãos	193	28
Vilar	78	12

### 3.3. Cálculo dos consumos e emissões

De modo a efetuar a análise e a comparação entre as diferentes fontes energéticas procedeu-se à conversão das diferentes unidades numa unidade comum para todas as fontes de energia, o GJ (o J é a Unidade do Sistema Internacional). A análise realizada foi feita com base na energia final (energia colocada ao dispor do consumidor).

No caso da eletricidade, os dados relativos ao consumo obtidos do inquérito em kWh foram convertidos em kJ através do fator  $1\text{ kWh}=3600\text{ kJ}$ .

Relativamente ao gás propano canalizado e ao gasóleo os dados relativos aos consumos obtidos do inquérito em  $\text{m}^3$  foram multiplicados pela densidade respetiva de cada produto de modo a converter em kg (Tabela 2).

**Tabela 2 – Densidade do gás propano canalizado e do gasóleo.**

Fonte de energia	Densidade ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Fonte
Gás propano canalizado	1,55	Gascan (2013)
Gasóleo	900	D. L. 89/2008, de 30 de maio

Relativamente ao GPL (butano e propano) e à biomassa os dados referentes aos consumos foram obtidos do inquérito em kg. Utilizaram-se as conversões apresentadas na tabela 2, multiplicadas pelo PCI correspondente a cada fonte de energia (Tabela 3), para transformar os consumos em MJ.

**Tabela 3 – Valores de poder calorífico inferior (PCI) por fonte de energia.**

Fonte de energia	PCI ( $\text{MJ}/\text{kg}$ )	Fonte
GPL	46	Despacho nº 17313/2008
Gasóleo	42,3	Despacho nº 17313/2008
Pinheiro	16,366	(Acciona Energía, 2010)
Folhasas	15,670	(Acciona Energía, 2010)
Pellets e briquetes	16,8	Despacho nº 17313/2008
Carvão	29,5	Despacho nº 17313/2008
Outros resíduos de biomassa	13,8	Despacho nº 17313/2008

Atendendo a que o poder calorífico da biomassa varia inversamente com o valor de humidade (Saião, 2009) e não sendo possível conhecer com rigor a humidade da biomassa



Tabela 4 – Fatores de emissão por poluente e por tipo de equipamento (Gómez *et al.*, 2006; EEA, 2013).

Fatores de emissão (kg/kJ)					
Poluente	Lareira aberta	Recuperador	Fogão / Estufa	Caldeira a lenha	Caldeira / Salamandra pellets
NO <sub>x</sub>	5,00E-08	8,00E-08	5,00E-08	8,00E-08	8,00E-08
CO	4,00E-06	4,00E-06	4,00E-06	4,00E-06	3,00E-07
NMVOG	6,00E-07	3,50E-07	6,00E-07	3,50E-07	1,00E-08
SO <sub>2</sub>	1,10E-08	1,10E-08	1,10E-08	1,10E-08	1,10E-08
NH <sub>3</sub>	7,40E-08	3,70E-08	7,00E-08	7,40E-08	1,20E-08
PTS	8,80E-07	4,00E-07	8,00E-07	5,00E-07	3,10E-08
PM <sub>10</sub>	8,40E-07	3,80E-07	7,60E-07	4,80E-07	2,90E-08
PM <sub>2.5</sub>	8,20E-07	3,70E-07	7,40E-07	4,70E-07	2,90E-08
Pb	2,70E-11	2,70E-11	2,70E-11	2,70E-11	2,70E-11
Cd	1,30E-11	1,30E-11	1,30E-11	1,30E-11	1,30E-11
Hg	5,60E-13	5,60E-13	5,60E-13	5,60E-13	5,60E-13
As	1,90E-13	1,90E-13	1,90E-13	1,90E-13	1,90E-13
Cr	2,30E-11	2,30E-11	2,30E-11	2,30E-11	2,30E-11
Cu	6,00E-12	6,00E-12	6,00E-12	6,00E-12	6,00E-12
Ni	2,00E-12	2,00E-12	2,00E-12	2,00E-12	2,00E-12
Se	5,00E-13	5,00E-13	5,00E-13	5,00E-13	5,00E-13
Zn	5,12E-10	5,12E-10	5,12E-10	5,12E-10	5,12E-10
PCBs	6,00E-17	3,00E-17	6,00E-17	6,00E-17	1,00E-17
Benzo(a)pireno	1,21E-10	1,21E-10	1,21E-10	1,21E-10	1,00E-11
Benzo(b)fluoranteno	1,11E-10	1,11E-10	1,11E-10	1,11E-10	1,60E-11
Benzo(k)fluoranteno	4,20E-11	4,20E-11	4,20E-11	4,20E-11	5,00E-12
Indeno (1,2,3-cd)pireno	7,10E-11	7,10E-11	7,10E-11	7,10E-11	4,00E-12
HCB	5,00E-15	5,00E-15	5,00E-15	5,00E-15	5,00E-15
CO <sub>2</sub>	1,12E-04	1,12E-04	1,12E-04	1,12E-04	1,12E-04
CH <sub>4</sub>	2,58E-07	2,58E-07	2,58E-07	2,58E-07	2,58E-07
N <sub>2</sub> O	9,00E-09	4,00E-09	4,00E-09	4,00E-09	4,00E-09



## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### 4.1. Caracterização das habitações

Analisando os dados obtidos a partir do inquérito realizado (ver Capítulo 3 e Anexo), verifica-se que a maioria das habitações no concelho de Boticas, cerca de 66%, é do tipo isolada. As vivendas em banda representam 31% da amostra (total de 330 alojamentos). Os apartamentos e as vivendas geminadas representam uma minoria cerca de 3%, e localizam-se exclusivamente na vila de Boticas, à exceção de um apartamento que se encontra numa freguesia e que corresponde a uma área comercial do concelho (Tabela 5).

**Tabela 5 – Distribuição do tipo de habitação pelas respetivas freguesias do concelho de Boticas (setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

<b>Tipo de Habitação</b>					
<b>Freguesia</b>	<b>Apartamento (n.º)</b>	<b>Vivenda geminada (n.º)</b>	<b>Vivenda isolada (n.º)</b>	<b>Vivenda em banda (n.º)</b>	<b>Total (n.º)</b>
Alturas do Barroso	0	0	7	17	24
Ardãos	0	0	8	9	17
Beça	1	0	37	8	46
Bobadela	0	0	10	10	20
Boticas	7	2	38	15	62
Cerdedo	0	0	7	1	8
Codessoso	0	0	6	2	8
Covas do Barroso	0	0	11	7	18
Curros	0	0	2	1	3
Dornelas	0	0	15	8	23
Fiães do Tâmega	0	0	5	1	6
Granja	0	0	12	1	13
Pinho	0	0	15	9	24
S. Salvador de Viveiro	0	0	14	4	18
Sapiãos	0	0	21	7	28
Vilar	0	0	9	3	12
<b>Total (n.º)</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>217</b>	<b>103</b>	<b>330</b>

Analisando os dados presentes na tabela 6, verifica-se que apenas 39,1% dos alojamentos familiares contemplados na amostra possuem aquecimento central na habitação, situação resultante do elevado custo de instalação associado a este tipo de equipamento. Relativamente à tipologia de aquecimento das habitações, verifica-se que em 14,5% dos casos o sistema instalado é a gásóleo, em 10,6% é a lenha e em 10% é uma combinação de lenha e

gasóleo. Apesar de algumas das habitações inquiridas terem aquecimento central a gasóleo, este não é utilizado devido ao aumento brusco que o preço do gasóleo de aquecimento tem vindo a sofrer ao longo dos últimos anos. E, esta situação tem vindo a contribuir para uma conversão do sistema a gasóleo para o sistema a lenha, uma vez que se trata de um recurso mais económico e que se encontra disponível em quantidades significativas nesta região. As restantes tipologias apresentam percentagens muito reduzidas comparativamente às referidas anteriormente (Tabela 6), pelas razões já apresentadas.

**Tabela 6 – Tipologia do aquecimento central nas habitações (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

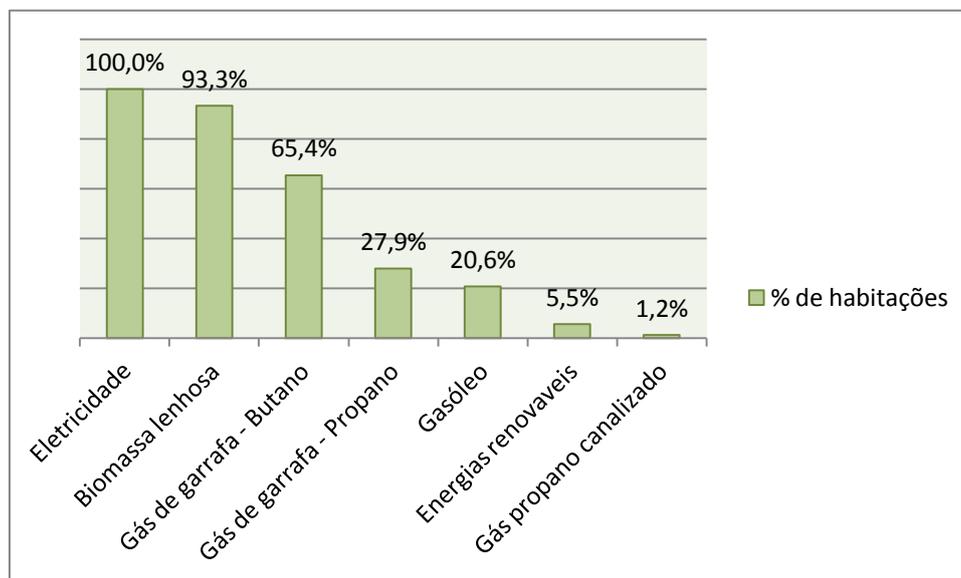
<b>Tipologia do aquecimento central</b>	<b>Frequência (n.º)</b>	<b>Percentagem</b>
Gasóleo	48	14,5
Lenha	35	10,6
Pellets	9	2,7
Gás de vila	2	0,6
Gasóleo e Lenha	33	10,0
Botijas de gás	1	0,3
Eletricidade	1	0,3
Total	129	39,1
Não aplicável	201	60,9
<b>Total</b>	<b>330</b>	<b>100,0</b>

## 4.2. Padrão de utilização das diferentes fontes energéticas

As principais fontes energéticas identificadas no concelho de Boticas, a partir dos inquéritos realizados no período de novembro de 2012 a junho de 2013, (Figura 12) são a eletricidade, a biomassa lenhosa, o gasóleo de aquecimento, o gás propano canalizado, o gás de garrafa (butano e propano) e as energias renováveis (sistema fotovoltaico e o solar térmico).

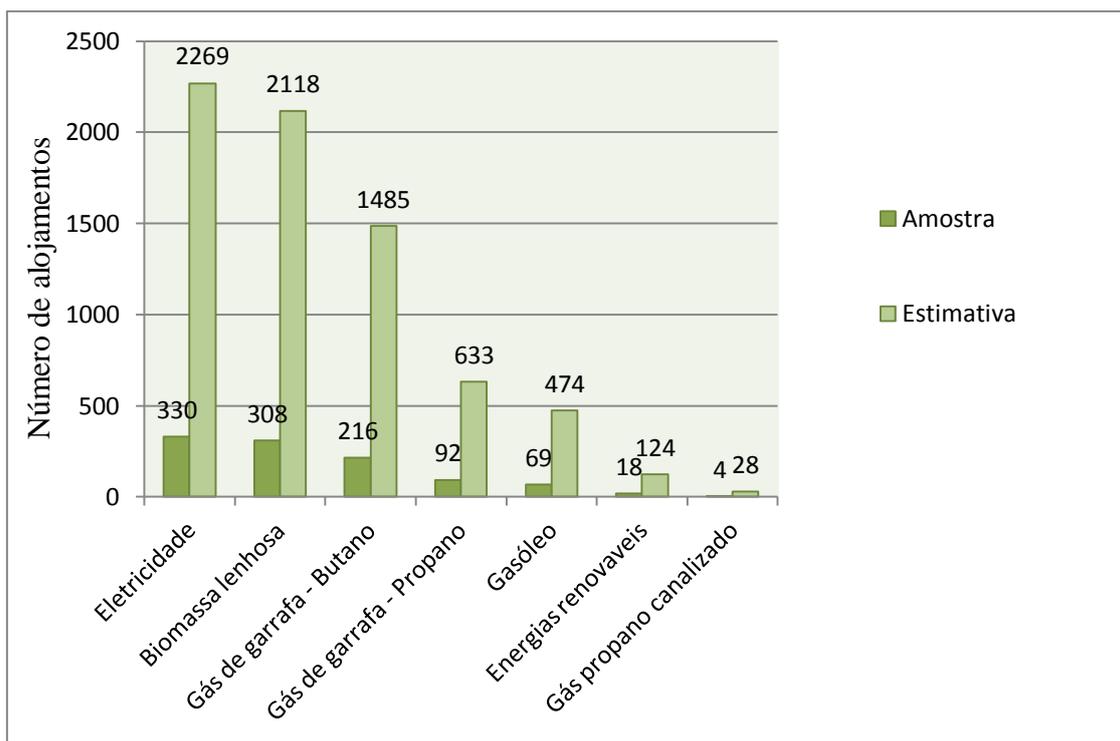
A fonte energética a que a população mais recorre é a eletricidade, encontrando-se presente em todas as habitações. Segue-se a biomassa lenhosa e o gás de garrafa, ambos presentes em cerca de 93,3% dos alojamentos inquiridos. O gás butano é usado em cerca de 65,4% e o gás propano em 27,9% dos alojamentos analisados. Conforme se pode verificar ainda na figura 11, o gasóleo encontra-se presente em cerca de 20,6% dos alojamentos. As

energias renováveis são utilizadas em 5,5% dos alojamentos do concelho e o gás propano canalizado é usado apenas em 1,2%, pelo facto do sistema de abastecimento instalado só permitir o fornecimento na vila de Boticas e a um número muito reduzido de habitações.



**Figura 11 – Distribuição das fontes energéticas pelas habitações (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

Tendo por base os dados obtidos com a presente amostra (330 alojamentos), estima-se que as fontes energéticas das habitações do concelho de Boticas se encontram distribuídas da seguinte forma: 2118 habitações utilizam biomassa lenhosa, 1485 utilizam gás de garrafa butano, 633 usam gás de garrafa propano, 474 consomem gasóleo, 124 utilizam energias renováveis e apenas 28 consomem gás propano canalizado (Figura 12).



**Figura 11 – Estimativa da distribuição das fontes energéticas pelas habitações a nível do concelho (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

As fontes de energia destinam-se à iluminação, ao funcionamento de equipamentos, ao aquecimento de águas e ar e à confeção de alimentos.

A eletricidade é utilizada como fonte de energia na iluminação e no funcionamento de equipamentos.

Todas as habitações inquiridas possuem aquecimento de ar, sendo a biomassa a fonte de energia mais utilizada, seguindo-se o gasóleo, a eletricidade e por último, mas com baixa representatividade no concelho, o gás. Cerca de 78,5% dos inquiridos utilizam apenas uma fonte de energia para aquecimento, os restantes 21,5% das habitações utilizam entre duas ou mais fontes de energia.

Relativamente ao aquecimento de águas constata-se que a fonte de energia mais utilizada é o gás (butano e propano), seguida do gasóleo, da biomassa, da eletricidade, do sistema solar térmico e por último do gás propano canalizado, pelo motivo já apresentado. Cerca de 78,2% das habitações utilizam apenas uma fonte de energia para aquecimento de águas, 21,2% das habitações utilizam uma combinação de duas a três fontes de energia e 0,6% das habitações não utilizam qualquer fonte de energia para aquecimento de águas. Só 5,5% das habitações utilizam energias renováveis, das quais, 5,2% utilizam exclusivamente o sistema solar térmico para aquecimento de águas e 0,6% utilizam o sistema fotovoltaico, em

que toda a energia produzida é vendida à rede pública. As energias renováveis apresentam uma reduzida taxa de utilização, uma vez que se trata de equipamentos de elevado custo e que ainda são inacessíveis à maioria da população.

Analisando os dados apresentados na tabela 6 verifica-se que a fonte de energia mais utilizada para confeccionar alimentos é o gás butano, seguindo-se o gás propano, a biomassa, a eletricidade e por último o gás propano canalizado. Cerca de 57% das habitações utiliza apenas uma fonte de energia, 40,9% das habitações apresenta uma combinação de duas a três fontes de energia, o que se pode explicar, tendo em conta que nos meses mais frios do ano em muitas habitações do concelho a biomassa é utilizada em simultâneo para aquecimento do ar, de água e para confeção de alimentos, o que se traduz em poupanças significativas no orçamento familiar. Apesar de se tratar de um valor reduzido, cerca de 2,1% dos inquiridos não cozinha na sua habitação.

**Tabela 7 – Relação entre as fontes de energia e os tipos de utilização (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

Fonte de energia	Tipo de utilização				
	Iluminação	Equipamentos	Aquecimento de água	Aquecimento de ar	Cozinhar
Eletricidade	100,0%	100,0%	6,7%	7,6%	9,4%
Gás propano canalizado	0,0%	0,0%	1,2%	0,6%	0,6%
Gasóleo	0,0%	0,0%	19,1%	19,4%	0,0%
Gás butano	0,0%	0,0%	54,5%	0,6%	63,9%
Gás propano	0,0%	0,0%	19,7%	0,3%	26,4%
Energias renováveis - Sistema solar térmico	0,0%	0,0%	5,2%	0,0%	0,0%
Biomassa	0,0%	0,0%	16,7%	93,3%	38,8%
Nenhuma	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	2,1%

### 4.3. Modo de utilização da biomassa lenhosa e dos respetivos equipamentos de combustão

No concelho de Boticas cerca de 93,3% das habitações utilizam a biomassa como fonte de energia, sendo esta a principal fonte de energia para aquecimento de ar em todas as habitações que a utilizam. É a fonte de energia usada, em 38,8% das habitações para confeccionar alimentos, principalmente, nos meses mais frios. Em cerca de 16,7% das

habitações recorre-se à biomassa para o aquecimento de águas. Em nove freguesias, das 16 inquiridas, a biomassa é utilizada em todas as habitações.

Estima-se que no concelho de Boticas sejam consumidas cerca de 20244 t/ano de biomassa lenhosa, das quais 254 t/ano correspondem a pellets, 38 t/ano a briquetes e 19952 t/ano a lenha. Tendo em conta os valores obtidos a partir dos inquéritos efetuados, estima-se que sejam consumidas 8,9 t/ano de biomassa lenhosa por habitação no concelho.

Relativamente ao consumo por freguesia (Tabela 8) observa-se que este é diretamente proporcional ao número de alojamentos por freguesia, isto é, quanto maior o número de alojamentos maior é o consumo, apenas se registam ligeiras variações resultantes da maior ou menor disponibilidade de biomassa lenhosa, quanto maior a disponibilidade de biomassa maior é o consumo e vice-versa.

**Tabela 8 – Consumo (t/ano) de biomassa lenhosa por freguesia (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

<b>Freguesia</b>	<b>Consumo (t/ano)</b>
Alturas do Barroso	246,5
Ardãos	119,0
Beça	379,0
Bobadela	174,0
Boticas	430,0
Cerdedo	80,5
Codessoso	109,5
Covas do Barroso	170,5
Curros	31,5
Dornelas	236,0
Fiães do Tâmega	64,0
Granja	82,5
Pinho	199,5
S. S. de Viveiro	178,0
Sapiãos	260,8
Vilar	183,0

Tendo em conta que nos alojamentos inquiridos existem 336 equipamentos de combustão de biomassa lenhosa, estima-se que no concelho exista uma média de 2310 equipamentos. A maioria dos alojamentos, aproximadamente 84,8%, possui apenas um equipamento de combustão de biomassa lenhosa. Em cerca de 8,5% dos alojamentos incluídos na amostra é possível encontrar dois equipamentos de combustão.

Cerca de 31,9% dos alojamentos utilizam lareiras abertas (Figura 3), 25,9% utilizam estufas (Figura 6), 16,1% possuem lareira com recuperador parcial (Figura 5), 14,3% usam fogão (Figura 6), 7,7% utilizam caldeira (Figura 7 e 8), 2,9% possuem lareira com recuperador total (Figura 5), 0,9% usam salamandra (Figura 8) e 0,3% das habitações utilizam lareira fechada (Figura 4). As lareiras abertas são muito utilizadas no concelho e encontram-se associadas aos alojamentos antigos ou aquelas que ainda se dedicam à produção de fumeiro, produto típico desta região.

Os equipamentos de combustão de biomassa lenhosa apresentam um período de utilização, na maioria dos alojamentos de setembro a maio, uma vez que se trata de uma região que apresenta invernos frios e prolongados. Cerca de 26,4% dos alojamentos inquiridos apresenta um período de utilização de outubro a abril, 19,4% de outubro a maio, os restantes não ultrapassam os 10%. Analisando os dados obtidos verifica-se que na maioria dos alojamentos os equipamentos de combustão de biomassa são utilizados entre 4 a 9 meses por ano, em cerca de 29,7% dos alojamentos o período médio de utilização ronda os 7 meses e 2,7% dos inquiridos utilizam os equipamentos de combustão de biomassa o ano inteiro.

Verifica-se que na totalidade dos alojamentos os equipamentos de combustão de biomassa estão em funcionamento durante toda a semana. O funcionamento durante o dia neste tipo de equipamentos acontece em períodos variados entre as sete horas da manhã e a meia-noite, funcionando maioritariamente entre 12 a 16 horas por dia. Em 6,4% dos alojamentos os equipamentos de combustão de biomassa lenhosa encontram-se em funcionamento 24 horas por dia.

Na maioria dos alojamentos a biomassa mais consumida é o carvalho e o pinheiro. Cerca de 36,7% das habitações utilizam uma mistura de carvalho e pinheiro, facilmente explicável tendo em conta que ambas são espécies predominantes na região. O carvalho encontra-se disponível na maior parte das situações em terrenos particulares, por sua vez o pinheiro poderá ser recolhido nas extensas áreas baldias existentes na região. Em 24,8% das habitações usa-se carvalho, 10,6% utiliza-se pinheiro, nas restantes, recorre-se a pellets ou a briquetes ou a várias combinações entre os vários tipos de biomassa encontrados na amostra (carvalho, pinheiro, amieiro, videiro, eucalipto, oliveira, salgueiro, castanheiro e giesta).

A biomassa lenhosa mais utilizada no concelho é o carvalho, representando mais de metade do total do consumo (51%), segue-se o pinheiro com 32%, o castanheiro com 6%, a giesta com 4%, os restantes 7% correspondem às várias espécies como é o caso dos pellets, do

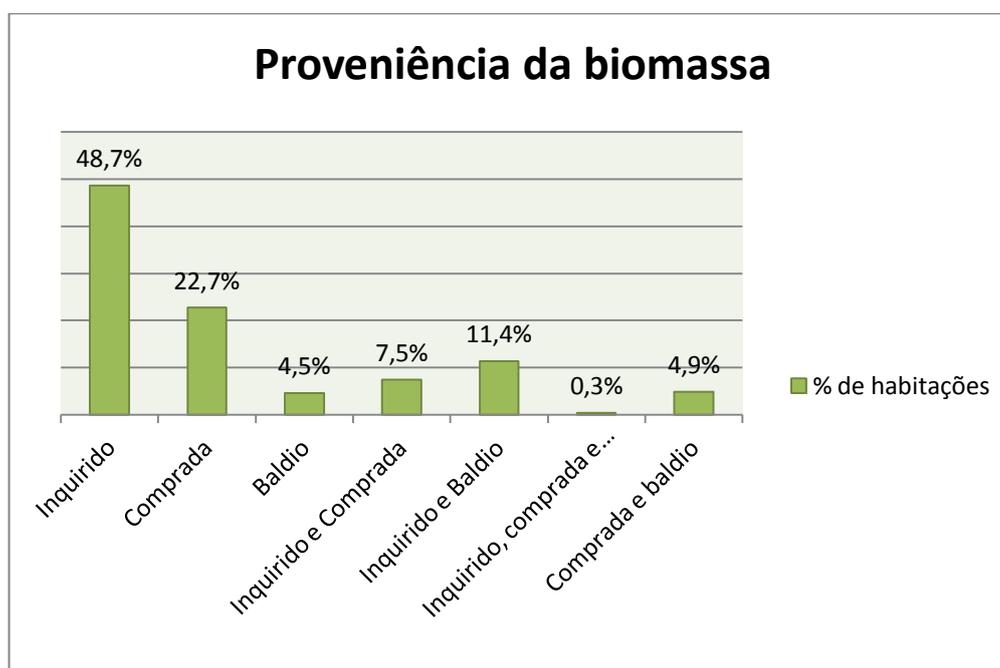
amieiro, do videiro, do eucalipto, do salgueiro, dos briquetes e da oliveira, espécies estas existentes na região.

Como se pode observar da análise da tabela 9, as lareiras abertas são os equipamentos que consomem maior quantidade de biomassa, cerca de 34%. Esta situação deve-se à dupla função que os equipamentos desta natureza apresentam (aquecimento de ar e confecção de alimentos). As estufas consomem cerca de 23%, os fogões cerca de 17%, e as lareiras com recuperador parcial 16%. Os restantes 10% de biomassa são utilizados nas lareiras fechadas, nas lareiras com recuperadores totais, nas caldeiras e nas salamandras.

Tabela 9 – Consumo de biomassa (t/ano) por tipo de equipamento e por tipo de biomassa na amostra (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).

Tipo de equipamento	Tipo de Biomassa consumida em t/ano											Total (t/ano)	%
	Pellets	Carvalho	Amieiro	Castanheiro	Pinheiro	Vidoeiro	Eucalipto	Giesta	Salgueiro	Briquettes	Oliveira		
Lareira aberta	-	513	45,5	8,5	363,3	3	2	56	7	-	5	1003,3	34,1%
Lareira fechada	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0%
Lareira c/ recuperador parcial	-	255,5	-	2,5	187	3,5	15,5	9,5	-	-	2	475,5	16,1%
Lareira C/ recuperador total	-	41,5	1,5	-	37	-	-	-	-	3,5	-	83,5	2,8%
Caldeira	29,5	89	-	3,5	61,5	-	-	18,5	-	-	-	202	6,9%
Salamandra	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,5	0,3%
Fogão	-	269,5	9,5	158,5	29,5	-	24,5	-	-	-	-	491,5	16,7%
Estufa	-	337,5	8,5	14	274	7	7	30	-	2	-	680	23,1%
<b>Total</b>	37	1507	65	187	952,3	13,5	49	114	7	5,5	7	2944,3	100%
<b>%</b>	1,3%	51,2%	2,2%	6,4%	32,3%	0,5%	1,7%	3,9%	0,2%	0,2%	0,2%	100%	

Relativamente à proveniência da biomassa, verifica-se na figura 13 que em cerca de 48,7% dos alojamentos a biomassa consumida pertence na totalidade ao inquirido, em 22,7% é comprada. Em 11,4% a biomassa consumida pertence ao inquirido e é recolhida no baldio, em 7,5% pertence ao inquirido e é adquirida. Nos restantes 9,7% a proveniência resulta de uma série de combinações (pertence ao inquirido, recolhida no baldio e adquirida) (Figura 13). Os baldios são áreas de floresta que pertencem a toda a freguesia e são, normalmente geridos por conselhos diretivos ou juntas de freguesia, que na maioria dos casos procedem à distribuição da biomassa seca ou em excesso pelos habitantes da freguesia.



**Figura 13 – Proveniência da biomassa (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

Além dos equipamentos de combustão anteriores referidos, foram ainda consideradas as churrasqueiras, os fornos a lenha e as cozinhas de fumeiro, que normalmente se encontram em anexos junto as habitações. Contrariamente aos anteriores estes equipamentos apresentam como principal função a confeção de alimentos. Cerca de 37,8% das habitações utilizam churrasqueira, 3,6% utilizam forno a lenha, 1,8% possuem cozinhas de fumeiro e cerca de 56,5% das habitações não possui qualquer um destes equipamentos. Estima-se que no concelho de Boticas sejam consumidas cerca de 353 t/ano de biomassa lenhosa, nestes equipamentos.

Os Fornos e algumas churrasqueiras são utilizados ao longo de todo ano e as cozinhas de fumeiro apenas nos meses mais frios. A maior parte das churrasqueiras são utilizadas nos

meses de verão, uma vez que durante este período os dias são mais longos e as temperaturas mais agradáveis, podendo ser utilizados diariamente ou ao fim de semana quando as famílias dispõem de mais tempo para se dedicar a estas tarefas domésticas. No que diz respeito ao horário de funcionamento das churrasqueiras a sua maior utilização coincide com o horário das refeições almoço e jantar. No caso dos fornos a lenha o horário de funcionamento ocorre na parte da manhã. Enquanto as cozinhas de fumeiro o funcionamento ocorre durante todo o dia de modo a permitir a secagem dos produtos de fumeiro. Relativamente ao tipo de biomassa consumida, verifica-se que cerca de 40% utilizam outros tipos de biomassa lenhosa (restos de vários tipos de lenha, torgos de urze, videiras, caroços de espigas de milho, etc...), 36,1% carvalho, 13,6% pinheiro, 6% carvão e os restantes 4,3% uma mistura de várias espécies como é o caso do videiro, do eucalipto, da giesta e da oliveira.

#### 4.4. Consumos

Tendo em conta os dados recolhidos a partir dos inquéritos realizados em 330 alojamentos, estima-se que sejam consumidas anualmente, no concelho de Boticas, 5509985 kWh de energia elétrica, 313 t de gás butano, 143 t de gás propano, 604 t de gasóleo e 20597 t de biomassa lenhosa no sector doméstico (Tabela 10).

**Tabela 10 – Consumos anuais por recurso energético (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

Recurso energético	Consumo anual		
	Amostra	Concelho	Dados estatísticos 2011 (Prodata, 2013)
Eletricidade (kWh/ano)	801364	5509985	5316952
Gás butano (t/ano)	46	313	125
Gás propano (t/ano)	21	143	205
Gasóleo (t/ano)	88	604	309
Biomassa (t/ano)	2996	20597	-

Uma vez que o período de referência do inquérito se situa entre setembro de 2011 e agosto de 2012, não é possível assegurar com rigor uma análise comparativa entre os dados estimados através da amostra e os dados estatísticos, uma vez que para o efeito seria necessário dispor-se, também, de dados estatísticos referentes aos anos de 2011 e de 2012.

Como neste momento, os dados estatísticos referentes ao ano de 2012 ainda não se encontram disponíveis, apenas será possível uma análise com dados referentes ao ano de 2011.

A pequena diferença observada entre o consumo de energia elétrica estimado e o que consta no Pordata (2013) referente ao ano civil de 2011 (Tabela 10), cerca de 193033 kWh, pode ser explicada pelo facto de a estimativa ser realizada com base nas faturas de eletricidade dos inquiridos obtidas aquando da realização do inquérito.

Em relação ao gás butano constata-se que existe uma diferença considerável entre a estimativa e o que realmente foi vendido no concelho em 2011. Estes valores justificam-se, possivelmente, pela necessidade que as pessoas têm em procurar o mesmo produto a preços mais reduzidos. Sendo assim como uma botija de gás butano cabe facilmente num automóvel (apesar deste transporte ser proibido) as pessoas tem tendência a comprar as botijas de gás em locais com maior oferta e a preços convidativos, o que muitas vezes corresponde a aquisição deste produto em outros concelhos devido a proximidade dos mesmos. Como tal, é plausível que o consumo obtido por estimativa seja mais elevado do que os dados relativos às vendas dentro do concelho.

Quanto ao consumo de gás propano, verifica-se que existe uma diferença considerável e inversa ao gás butano. Justificável, possivelmente, tendo em conta que devido à dimensão das botijas utilizadas (45kg), a sua distribuição é efetuada por distribuidores que poderão ser ou não do concelho, em função do preço praticado. Situação idêntica à anteriormente mencionada verifica-se com o gasóleo.

Em relação à biomassa lenhosa como não existem dados, e nunca foram realizados estudos a nível do concelho, não é possível efetuar uma análise comparativa, o que evidência mais uma vez, a importância da realização do presente trabalho. Segundo dados da DGEG & INE (2011) são consumidas 0,72 t de biomassa por alojamento em Portugal, do total de alojamentos existentes, sendo que 70% situam-se em áreas predominantemente urbanas, 17% em áreas mediantemente urbanas e 14% em áreas predominantemente rurais. Segundo um estudo da CCDRN (2012) para a região Norte a sub-região Alto Trás-os-Montes na qual se inclui o concelho de Boticas, é a sub-região com maior consumo de lenha e com uma baixa densidade habitacional. Estima-se, pois, que sejam consumidas 9 t de biomassa por alojamento no concelho de Boticas, valor este muito superior ao registado a nível nacional.

### 4.5. Análise energética

Com base na análise dos dados da amostra (Tabela 11), estima-se que no concelho de Boticas sejam anualmente consumidos cerca de 394760 GJ de energia ao nível do setor doméstico. O recurso energético que mais energia fornece é a biomassa, cerca de 83,4%, seguindo-se o gasóleo com 6,5% e, por último, a eletricidade e o GPL ambos com cerca de 5%.

**Tabela 11 – Consumo de energia em GJ/ano por recurso energético (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

Recurso energético	Consumo (GJ/ano)		%
	Amostra	Concelho	
Eletricidade	2884,9	19835,9	5 %
GPL	3049,4	20966,6	5,3%
Gasóleo	3717,5	25560,2	6,5%
Biomassa	47761,6	328397,5	83,2%
<b>Total</b>	<b>57413,4</b>	<b>394760,2</b>	<b>100%</b>

Segundo dados da DGE & INE (2011), a nível nacional em termos de teor energético a eletricidade ocupa a primeira posição seguindo-se a biomassa, o GPL e por fim o gasóleo de aquecimento. Deste modo, verifica-se que a realidade do concelho não se assemelha à realidade nacional.

No concelho de Boticas verifica-se que a biomassa ocupa o primeiro lugar, facilmente explicável se tivermos em conta que se trata de um região de montanha que apresenta invernos rigorosos e prolongados e mais de 50% das habitações foram construídas antes de 1980, apresentando perdas de energia bastante significativas, que terão de ser compensadas com consumos mais elevados. Outro facto que contribui para o elevado consumo de biomassa, resulta da existência de um elevado número de lareiras abertas existentes nos alojamentos, que são ineficientes e promovem maiores consumos de biomassa, como se referiu no ponto 2.4.1.1.

O gasóleo de aquecimento a nível do concelho ocupa a segunda posição, cerca de 24,5% das habitações, o que se pode justificar em parte com as razões apresentadas para a biomassa e pelo facto de se tratar de um sistema de aquecimento cómodo e prático comparativamente à biomassa.

Em relação ao GPL, verifica-se que em termos de consumo a realidade do concelho se assemelha à realidade nacional.

No que diz respeito à eletricidade verifica-se que comparativamente aos restantes recursos é aquele que apresenta um consumo mais reduzido. Tendo em conta que se trata de uma região de montanha e que a eletricidade é utilizada na maioria dos casos para iluminação e funcionamento de equipamentos elétricos. Sendo que apenas uma percentagem muito reduzida de habitações a utiliza para aquecimento do ar ambiente, para aquecimento de águas e para confeccionar alimentos, justificando-se deste modo o baixo consumo energético deste recurso.

Estima-se que no concelho de Boticas sejam consumidos anualmente cerca de 174 GJ de energia por alojamento e cerca de 68,7 GJ por habitante.

#### 4.6. Emissões Provenientes dos equipamentos de Combustão

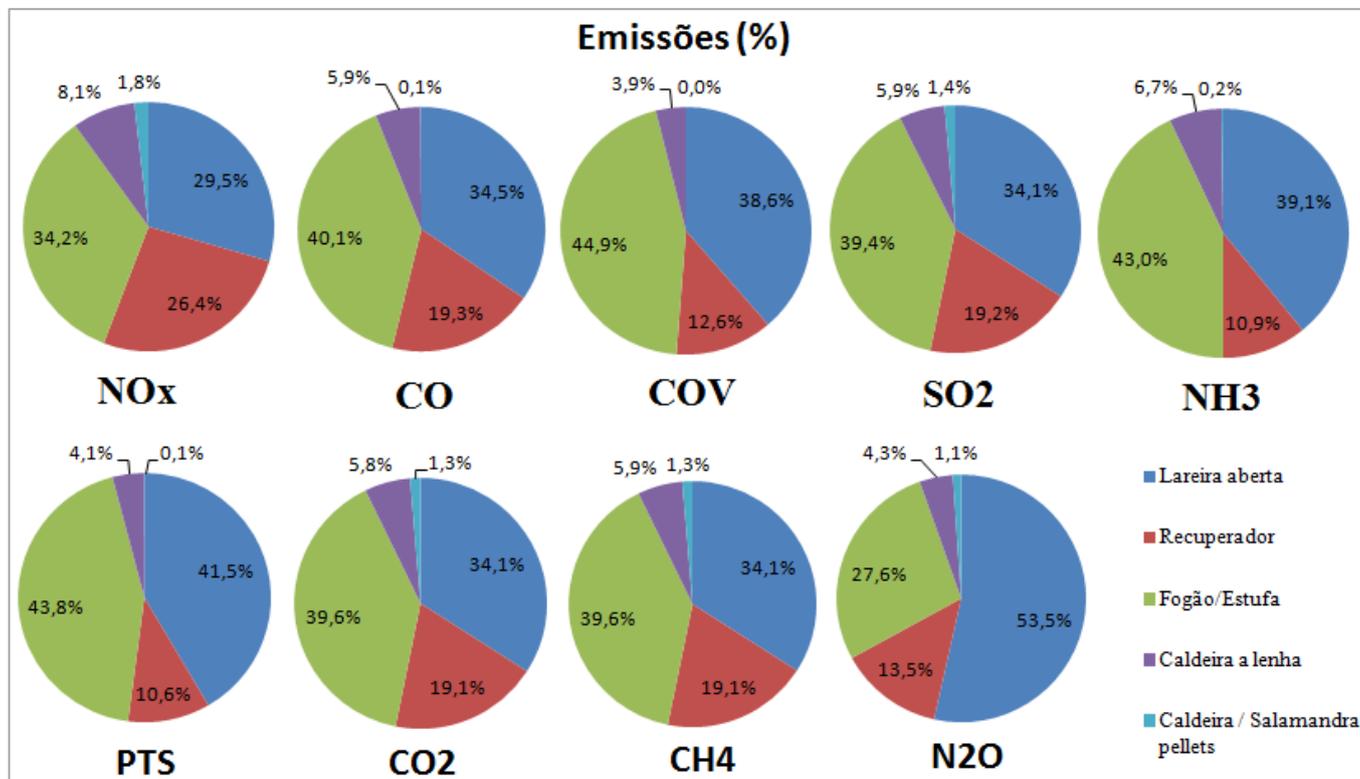
Tendo em conta os dados obtidos no âmbito do presente trabalho a partir do inquérito realizado e analisando a tabela 12, estima-se que no concelho de Boticas sejam emitidas por ano aproximadamente 36813 t de GEE e 1748 t de outros poluentes provenientes do consumo de biomassa lenhosa. Estima-se, ainda, que anualmente sejam emitidas 39060 t de CO<sub>2eq</sub>. Considerando que o CO<sub>2</sub> emitido é absorvido pelas plantas através da fotossíntese contabilizam-se apenas 2360 t de CO<sub>2eq</sub>.

**Tabela 12 – Emissões (t/ano) por poluente ou grupo de poluentes relativas à amostra (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos) e ao concelho.**

<b>Emissões (t/ano)</b>		
<b>Poluentes</b>	<b>Amostra</b>	<b>Concelho</b>
NO <sub>x</sub>	2,75E+00	1,89E+01
CO	1,88E+02	1,29E+03
NMVOC	2,53E+01	1,74E+02
SO <sub>2</sub>	5,24E-01	3,60E+00
NH <sub>3</sub>	3,08E+00	2,12E+01
PTS	3,46E+01	2,38E+02
PM <sub>10</sub>	3,29E+01	2,27E+02
PM <sub>2,5</sub>	3,21E+01	2,21E+02
Pb	1,29E-03	8,85E-03
Cd	6,20E-04	4,26E-03
Hg	2,67E-05	1,83E-04
As	9,06E-06	6,23E-05
Cr	1,10E-03	7,54E-03
Cu	2,86E-04	1,96E-03
Ni	9,53E-05	6,55E-04
Se	2,38E-05	1,64E-04
Zn	2,44E-02	1,68E-01
PCBs	2,56E-09	1,76E-08
Benzo(a)pireno	5,70E-03	3,92E-02
Benzo(b)fluoranteno	5,23E-03	3,59E-02
Benzo(k)fluoranteno	1,98E-03	1,36E-02
Indeno (1,2,3-cd)pireno	3,34E-03	2,30E-02
HCB	2,38E-07	1,64E-06
CO <sub>2</sub>	5,34E+03	3,67E+04
CH <sub>4</sub>	1,23E+01	8,45E+01
N <sub>2</sub> O	2,75E-01	1,89E+00

Dos equipamentos de combustão que apresentam valores de emissões mais elevados destacam-se as lareiras, os fogões e as estufas devido à sua reduzida eficiência (ver subcapítulos 2.4.1.1 e 2.4) e à sua elevada taxa de utilização. Os equipamentos que apresentam valores de emissões mais reduzidos são as salamandras e as caldeiras a pellets,

devido à sua eficiência no processo de combustão (ver, também, subcapítulo 2.4.4). À semelhança das anteriores as caldeiras a lenha também apresentam baixas emissões resultantes da sua eficiência (Figura 14).



**Figura 14 – Distribuição das emissões em percentagem por tipo de poluente e por equipamento de combustão (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

Como se pode constatar pelos valores de eficiência referidos no subcapítulo 2.4.3 estes equipamentos, são menos eficientes que as salamandras e caldeiras a pellets, mas mesmo assim, apresentam maiores eficiências que os restantes, refletindo-se esses valores nos resultados obtidos para as emissões (Tabela 13).

**Tabela 13 – Emissões (t/ano) por tipo de poluente e por tipo de equipamento de combustão (concelho de Boticas, setembro de 2011 a agosto de 2012, 330 inquéritos).**

Emissões (t/ano)					
Poluente	Lareira aberta	Recupera dor	Fogão / Estufa	Caldeira a lenha	Caldeira / Salamandra pellets
NO <sub>x</sub>	5,49E+00	4,91E+00	6,38E+00	1,51E+00	3,42E-01
CO	4,39E+02	2,46E+02	5,11E+02	7,55E+01	1,28E+00
NMVOOC	6,59E+01	2,15E+01	7,66E+01	6,61E+00	4,27E-02
SO <sub>2</sub>	1,21E+00	6,76E-01	1,40E+00	2,08E-01	4,70E-02
NH <sub>3</sub>	8,13E+00	2,27E+00	8,94E+00	1,40E+00	5,13E-02
PTS	9,67E+01	2,46E+01	1,02E+02	9,44E+00	1,32E-01
PM <sub>10</sub>	9,23E+01	2,33E+01	9,70E+01	9,06E+00	1,24E-01
PM <sub>2,5</sub>	9,01E+01	2,27E+01	9,45E+01	8,87E+00	1,24E-01
Pb	2,97E-03	1,66E-03	3,45E-03	5,10E-04	1,15E-04
Cd	1,43E-03	7,99E-04	1,66E-03	2,45E-04	5,56E-05
Hg	6,15E-05	3,44E-05	7,15E-05	1,06E-05	2,39E-06
As	2,09E-05	1,17E-05	2,43E-05	3,59E-06	8,12E-07
Cr	2,53E-03	1,41E-03	2,94E-03	4,34E-04	9,83E-05
Cu	6,59E-04	3,69E-04	7,66E-04	1,13E-04	2,56E-05
Ni	2,20E-04	1,23E-04	2,55E-04	3,78E-05	8,55E-06
Se	5,49E-05	3,07E-05	6,38E-05	9,44E-06	2,14E-06
Zn	5,62E-02	3,15E-02	6,54E-02	9,67E-03	2,19E-03
PCBs	6,59E-09	1,84E-09	7,66E-09	1,13E-09	4,27E-11
Benzo(a)pireno	1,33E-02	7,43E-03	1,55E-02	2,28E-03	4,27E-05
Benzo(b)fluorante no	1,22E-02	6,82E-03	1,42E-02	2,10E-03	6,84E-05
Benzo(k)fluorante no	4,61E-03	2,58E-03	5,36E-03	7,93E-04	2,14E-05
Indeno (1,2,3-cd)pireno	7,80E-03	4,36E-03	9,07E-03	1,34E-03	1,71E-05
HCB	5,49E-07	3,07E-07	6,38E-07	9,44E-08	2,14E-08
CO <sub>2</sub>	1,23E+04	6,88E+03	1,43E+04	2,11E+03	4,79E+02
CH <sub>4</sub>	2,83E+01	1,59E+01	3,29E+01	4,87E+00	1,10E+00
N <sub>2</sub> O	9,89E-01	2,46E-01	5,11E-01	7,55E-02	1,71E-02

A inventariação de emissões é fundamental para avaliar o efeito das atividades humanas no ambiente e para permitir a definição de políticas de qualidade do ar e alterações climáticas. Para que os inventários nacionais possam enquadrar adequadamente a realidade

nacional seria necessário que existissem dados reais e precisos para todas as áreas. No que diz respeito à combustão de biomassa lenhosa no setor habitacional e para que o inventário refletisse a realidade do país seria necessário existir elementos disponíveis para o cálculo das respetivas emissões, com o número e tipo de equipamento existente nas habitações, tipo de biomassa consumida, quantidade de biomassa consumida anualmente. Outro fator muito importante a ter em conta, seria a necessidade de existirem fatores de emissão específicos para a realidade portuguesa.

Os inventários nacionais apresentam algumas lacunas principalmente na área da combustão da biomassa no setor doméstico, uma vez que a informação anteriormente mencionada e necessária para a obtenção de dados fiáveis não se encontra disponível e por conseguinte não é utilizada na sua elaboração.

Analisando a tabela 14 é possível identificar, ao nível do concelho, as diferenças existentes entre os dados apresentados pela APA (2011) e os obtidos com a realização deste estudo e que teve em conta todos os fatores necessários ao cálculo das emissões. Os valores estimados neste trabalho são superiores aos apresentados pela APA (2011) para o setor das pequenas combustões (onde estão incluídos o comercial / institucional, o residencial e a agricultura, floresta e pescas), o que poderá ser justificado tendo em conta os argumentos anteriormente expostos, relativamente à informação utilizada na elaboração dos inventários.

Comparando os dados do setor residencial e os dados dos restantes sectores, onde a informação disponibilizada é mais abundante e de melhor qualidade, verifica-se que para alguns poluentes (como é o caso do CO, PM<sub>10</sub> e NMVOC) os valores obtidos no setor residencial são superiores, o que reflete a importância deste setor no contributo para as emissões e consequentemente na qualidade do ar. Relativamente ao CO<sub>2</sub>, verifica-se que o valor obtido é muito superior, o que se pode dever ao facto do inventário da APA (2011) não contemplar as emissões de CO<sub>2</sub> provenientes da combustão de biomassa, uma vez que estas são recuperadas pelo ambiente devido à realização da fotossíntese.

**Tabela 14 – Comparação de emissões entre os valores totais e por setor para o concelho de Boticas da APA (2011 e 2010) e as estimativas obtidas no estudo.**

		Emissões por tipo de poluente ( t/ano)								
		CO*	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	NMVOC	PM <sub>10</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
Concelho Boticas		272,4	5,2	174,2	109,5	94	52,2	370,6	19640,8	38,6
Setores do Concelho	Processos Industriais	5,2	1,9	14,5	0	11,6	20,3	0	1569,7	0
	Transportes	74,7	0,3	149,4	1,3	17,1	10,6	1	16206,9	1,6
	Resíduos e Efluentes	1,3	0	0,6	1,3	6,1	1,6	219,3	0,6	1
	Agricultura	37,3	0,6	3,5	106,6	7,4	7,1	135,9	0	35,8
	Pequenas fontes combustão	154,2	1,9	6,1	0	12,2	12,6	9	1838,8	0
	Estimativa (resultados estudo)	1292	3,6	18,8	21,2	174	226	84,5	36726	1,89

\*Os valores são relativos a fonte APA (2010).

A inventariação deste tipo de emissões a nível do concelho de Boticas também se mostra fundamental para o melhoramento do inventário de emissões existente, elaborado no âmbito do Pacto de Autarcas (subcapítulo 1.1), permitindo deste modo ao município contemplar medidas locais que permitam a redução destas emissões.

#### 4.7. Avaliação do Potencial de Redução das Emissões no Concelho de Boticas

Como foi referido no subcapítulo 3.3, as emissões dos poluentes atmosféricos provenientes da combustão de biomassa lenhosa são estimadas com base nos fatores de emissão específicos, nos PCI das diferentes espécies vegetais e nos consumos

Relativamente aos fatores de emissão e tendo em conta que cada equipamento de combustão tem associado um fator de emissão, a substituição de equipamentos menos eficientes em termos de emissões, que apresentam fatores de emissão mais elevados, por equipamentos mais eficientes em termos de emissões, com fatores de emissão mais reduzidos, poderá contribuir para uma significativa redução de emissões, tal como já foi referido no capítulo 2.7. Este cenário, apesar dos benefícios que apresenta, seria hipotético, tendo em

conta os custos elevados associados à substituição destes equipamentos e à conjuntura económica atual.

Substituindo as lareiras abertas, os recuperadores convencionais, os fogões e estufas por recuperadores de tecnologia avançada, podemos alcançar uma redução de 79,7% no total de poluentes emitidos tal como podemos ver na tabela 16. Estes recuperadores de tecnologia avançada são caracterizados por várias entradas de ar, pré-aquecimento do ar de combustão secundária e por trocas de calor com os gases de combustão quentes. A eficiência destes equipamentos é de cerca de 70% e resulta na redução da emissão de CO, NMVOC e TSP (EEA, 2013).

**Tabela 15 – Cenário para a redução de emissões alterando os equipamentos de combustão.**

Estimativa atual (t de poluentes)	3,79E+04
Cenário (t de poluentes)	7,69E+03
Redução (t de poluentes)	3,02E+04
Taxa de redução (%)	79,7%

No que diz respeito ao fator consumo é impossível efetuar-se uma avaliação quantitativa, mas pode ser realizada uma avaliação qualitativa, tendo em conta que uma redução de consumo de biomassa traduz uma redução de emissões. O aumento da eficiência dos equipamentos de queima, além de permitir a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, devido ao aumento da eficiência energética, ainda permite reduções no consumo de combustível (Kubita *et al.*, 2007).

Existem ainda outras medidas primárias e secundárias, já referidas no capítulo 2.7, que permitem reduzir emissões. As medidas primárias dependem em grande medida do utilizador, isto é, o tipo de combustível que utilizado (qualidade, humidade, tamanho, entre outros) e da forma como controla o processo de combustão. As medidas secundárias são dependentes do fabricante dos equipamentos. Sabe-se que estas medidas reduzem a emissão de poluentes, mas neste trabalho não foi possível quantificar essa redução. Um outro fator que permitiria a redução dos consumos seria o isolamento térmico dos alojamentos visto que alojamentos com fraco isolamento térmico requerem maiores consumos de biomassa para conseguirem obter condições ideais ou próximas de conforto térmico nos alojamentos.

Todas estas medidas para redução das emissões estão dependentes do utilizador dos equipamentos, mas também os decisores políticos deveriam intervir aplicando novas políticas

e medidas, já referidas no subcapítulo 2.7, de modo a que estes valores de redução possam ainda ser mais elevados.

## **5. CONCLUSÃO**

## 5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram atingidos os objetivos inicialmente previstos, ou seja, a avaliação da contribuição da biomassa lenhosa em termos de energia no setor doméstico; estimativa das emissões de gases de efeito estufa e de poluentes atmosféricos, associadas à queima doméstica de biomassa lenhosa; e a avaliação do potencial de redução das emissões de poluentes atmosféricos e de gases de efeito estufa, resultantes da queima de biomassa lenhosa no setor doméstico no concelho de Boticas.

O concelho de Boticas caracteriza-se como uma zona maioritariamente rural, em que a maior parte dos alojamentos são vivendas e não possuem aquecimento central. Nos alojamentos que possuem aquecimento central o mesmo funciona na sua maioria a gásóleo ou a biomassa, ou às duas combinadas. A biomassa lenhosa é a principal fonte de energia utilizada para aquecer o ar ambiente, estando presente em cerca de 93% dos alojamentos inquiridos. Relativamente ao aquecimento de águas e à confeção de alimentos, a fonte de energia mais utilizada é o GPL, seguindo-se a biomassa lenhosa para cozinhar. A eletricidade é utilizada em todos os alojamentos, para iluminação e no funcionamento de equipamentos.

Estima-se que no concelho sejam consumidas anualmente 20597 t de biomassa lenhosa o que corresponde a cerca de 9 t/ano por alojamento. Os consumos elevados de biomassa lenhosa são justificados com a necessidade de aquecimento dos alojamentos, devido aos longos e rigorosos invernos que se fazem sentir, ao deficiente isolamento térmico das habitações, tendo em conta a data de construção das mesmas, e à ineficiência dos equipamentos de combustão de biomassa lenhosa.

No concelho estima-se que existam 2310 equipamentos de combustão de biomassa lenhosa dos quais fazem parte lareiras abertas, recuperadores, fogões, estufas, salamandras e caldeiras. Os equipamentos de combustão de biomassa que consomem mais biomassa são as lareiras abertas, as estufas e os fogões, cerca de 74% da biomassa total consumida. Os equipamentos de combustão de biomassa lenhosa são utilizados maioritariamente nos meses frios, durante toda a semana e encontram-se em funcionamento durante a maior parte do dia. Cerca de 84% do total de biomassa consumida corresponde ao carvalho e ao pinheiro, pelo facto de se tratar de espécies predominantes na região. Em cerca de 49% dos alojamentos a biomassa consumida é recolhida nas propriedades dos próprios utilizadores. Cerca de 44% dos alojamentos do concelho possuem churrasqueiras, fornos e cozinhas de fumeiro.

Relativamente às emissões, torna-se importante ter em conta que os valores obtidos apresentam incertezas devido às dificuldades de se conhecer com rigor os consumos de biomassa, ao facto dos fatores de emissão, para um mesmo poluente e para uma mesma atividade, poderem variar entre algumas dezenas (g/GJ) e centenas (g/GJ) dependendo da bibliografia utilizada e as próprias variações dos valores de PCI encontrados na literatura, uma vez que variam em função da natureza da biomassa e da humidade da mesma.

Estima-se que sejam emitidas por ano aproximadamente 2360 tCO<sub>2eq</sub> GEE e 1748 t de outros poluentes provenientes da combustão doméstica de biomassa, sendo o CO e o material particulado, os poluentes que mais contribuem para as emissões. Relativamente ao CO<sub>2</sub>, o balanço é praticamente nulo visto que o mesmo é absorvido pelas plantas durante a realização da fotossíntese. Cerca de 74% das emissões totais são provenientes das lareiras abertas, dos fogões e das estufas, devido à sua elevada taxa de utilização e reduzida eficiência.

Se hipoteticamente se substituí-se todos os equipamentos de combustão existentes por outros de elevada eficiência seria possível reduzir as emissões totais em cerca de 80%, o que se torna de todo impossível, tendo em conta a grave crise económica que o país atravessa.

A inexistência de informação sobre os consumos e quantidades de poluentes emitidos a nível do concelho, não permite a comparação dos valores obtidos com outros já existentes. Os poucos dados disponíveis permitem verificar, que nos inventários existentes a combustão de biomassa não se encontra contemplada, o que realça mais uma vez a importância da realização de estudos desta natureza.

Em trabalhos futuros, sugere-se que este tipo de estudo seja alargado a outras regiões do país de modo a possibilitar a realização de comparações dos valores obtidos, permitindo assim a obtenção de um inventário nacional mais próximo da realidade para este tipo de fonte energética. Torna-se ainda necessário quantificar a incerteza associada a este tipo de estudos. Fundamental e imprescindível é, também manter atualizada a base de dados relativa às emissões provenientes deste tipo de combustão.



## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Acciona Energía (2010). *Energía de la biomassa*. [em linha]. [consultado em 7 de outubro de 2013]. Disponível em [http://www.slideshare.net/slides\\_eoi/alfredo-lopez-mendiburu-acciona](http://www.slideshare.net/slides_eoi/alfredo-lopez-mendiburu-acciona).

APA (2010). *Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2008: gases acidificantes e eutrofizantes, precursores de ozono, partículas, metais pesados, gases com efeito de estufa*. Agência Portuguesa do Ambiente. Amadora.

APA (2011). *Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2009: gases acidificantes e eutrofizantes, precursores de ozono, partículas, metais pesados, gases com efeito de estufa*. Agência Portuguesa do Ambiente. Amadora.

Araújo, D. S. S. (2008). *Co-Combustão de Biomassa e Carvão em Leito Fluidizado: Impactes nas emissões atmosféricas de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, Dioxinas e Furanos e Material Particulado*. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa.

Boman, C. (2005). *Particulate and gaseous emissions from residential biomass combustion*. Umeå, Sweden: Solfjädern Offset AB.

Ciolkosz, D. (2010). *Renewable and Alternative Energy Fact Sheet - Characteristics of Biomass as a Heating Fuel*. The Pennsylvania State University.

Decreto-Lei nº 89/2008, de 30 de maio. Diário da República. I Série. N.º 104, 3072-3080.

Despacho nº 17313/2008, 26 de junho. Diário da República. II Série. N.º 122, 27912-27913.

Dermibas, Ayhan. (2005). Potential applications of renewable energy sources, biomass combustion in boiler power systems and combustion related environment issues. *Progress in energy and Combustion Science*, 31, 171-192.

DGEG & INE, I.P. (2011). *Inquérito ao Consumo de Energia no Setor Doméstico 2010*. Direcção-Geral de Energia e Geologia. Instituto Nacional de Estatística, I.P. Lisboa-Portugal.

Dovetail Partners (2011). *Heating With Wood*. [em linha]. [consultado em 24 de maio de 2013]. Disponível em <http://heatingthemidwest.org/wp-content/uploads//HomeHeatingWithWood.pdf>

Duarte, M. A. C. (2011). *Emissões de compostos carbonosos pela queima doméstica de biomassa*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.

EPA - Environmental Protection Agency, (2001). *Residential wood combustion*. Emission Inventory Improvement Program

EPA - Environmental Protection Agency, (2011). *Wood Combustion Basics*. [em linha]. [consultado em 24 de maio de 2013]. Disponível em <http://www.epa.gov/burnwise/workshop2011/WoodCombustion-Curkeet.pdf>.

EEA - European Environment Agency (2009). *EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2009 - Small Combustion*’.

EEA - European Environment Agency (2013). *EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013 - Small Combustion*’.

Fischer, G. & Schrattenholzer, L. (2001). Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass Bioenergy*, 20(3), 151-159.

Gonçalves, L. P. (2008). *Impacto da Combustão Doméstica na Qualidade do Ar*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.

Gonçalves, C.V.M. (2011). *Contribuição da combustão de biomassa na emissão de poluentes*. Dissertação de doutoramento, Universidade de Aveiro.

Gomes, L. F. P. (2011). *Emissão de aldeídos durante a combustão doméstica de biomassa*. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro.

Gómez, D. R.; Watterson, J. D.; Americano, B. B.; Ha, C.; Marland, G.; Matsika, E.; Mamayanga, L. N.; Osman-Elasha, B.; Saka, J. D. K.; Treanton, K. (2006). *Stationary Combustion*. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Grieco, E.; Baldi, G. (2010). Analysis and modelling of wood pyrolysis. *Chemical Engineering Science*, 66(4), 650–660.

IA - Instituto do Ambiente (Ed.) (2004). *Medidas para o controlo das emissões nacionais de COVNM*. Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e Instituto do Ambiente. Lisboa.

INE 2012. *Censos 2011*. [em linha]. [consultado em 12 de abril de 2013]. Disponível em [http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos2011\\_apresentacao](http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=censos2011_apresentacao)

Kubita, K.; Paradiz, B.; Dilara, P. (2007). *Small combustion installations: Techniques, emissions and measures for emission reduction*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

OLSSON, Maria. (2006). *Residential biomass combustion – emissions of organic compounds to air from wood pellets and other new alternatives*. Department of Chemical and Biological Engineering, Chalmers University of technology. Sweden.

Organización Mundial de la Salud, (2007). *Energía doméstica y salud: combustibles para una vida mejor*. França: Organización Mundial de la Salud.

Pacto de Autarcas (2013) - *O Pacto de Autarcas*. [em linha]. [consultado em 12 de abril de 2013]. Disponível em [http://www.pactodeautarcas.eu/about/covenant-of-mayors\\_pt.html](http://www.pactodeautarcas.eu/about/covenant-of-mayors_pt.html).

Patel, B.; Gami, B. (2012). Biomass Characterization and its Use as Solid Fuel for Combustion. *Iranica Journal of Energy & Environment*, 3(2), 123-128.

Paunu, V.V. (2012). *Emissions of Residential Wood Combustion in Urban and Rural Areas of Finland*. Dissertação de mestrado, Aalto University, School of Science.

Pordata (2013). *Energia*. [em linha]. [consultado em 4 de outubro de 2013]. Disponível em <http://www.pordata.pt/Subtema/Municipios/Energia-195>.

Rabaçal, M.E.R.F. (2010). *Influência das características do combustível no desempenho energético e ambiental de caldeiras doméstica*. Dissertação de mestrado, Universidade Técnica de Lisboa.

Rogge, W.; Hildemann, L.; Mazurek, M.A.; Cass, G. (1998). Sources of Fine Organic Aerosol. 9. Pine, Oak, and Synthetic Log Combustion in Residential Fireplaces. *Environmental Science & Technology*, 32(1), 13-22.

Saião, M.G.C.M. (2009). *Implementação de uma central a biomassa – Análise de sustentabilidade ambiental e económica*. Dissertação de mestrado, Universidade Técnica de Lisboa.

Silva, A. T. B. (2008). *Análise da volatilização da biomassa e utilização em modelo de simulação de combustão*. Dissertação de mestrado, Universidade Técnica de Lisboa.

Simoneit, B.R.T. (2002). Biomass burning – a review of organic tracers for smoke from incomplete combustion. *Applied Geochemistry*, 17 129-162.

Teixeira, J. F. (2011). *Dimensionamento de uma lareira com recuperador de calor*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Tissari, J. (2008). *Fine Particle Emissions from Residential Wood Combustion*. Doctoral dissertation, University of Kuopio.

Torres-Duque C., Maldonado D., Pérez-Padilla R., Ezzati M. e Viegi G. (2008). Biomass fuels and respiratory diseases. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 5(5) 577–590.

Viegas, J. C.; Miranda, J. A.; Lucas, O. (s.d.) – *Moinhos de água do concelho de Boticas*. [em linha]. [consultado em 29 de outubro de 2013]. Disponível em <http://www.cm-boticas.pt/docs/livromoinhos.pdf>

Williams, A.; Jones, J.M.; Ma, L.; Pourkashanian, M. (2011). Pollutants from the combustion of solid biomass fuels. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38(2) 113 – 137.

WHO - World Health Organization (2002). *The health effects of indoor air pollution exposure in developing countries*. World Health Organization. Protection of the Human Environment. Geneva.

WHO - World Health Organization (2011) - *Health in the green economy – Household Energy*. [em linha]. [consultado em 30 de abril de 2013]. Disponível em [http://www.who.int/hia/hgebrief\\_henergy.pdf](http://www.who.int/hia/hgebrief_henergy.pdf).

WHO - World Health Organization, (s.d.) - *Contaminación del aire de interiores*. [em linha]. [consultado em 16 de abril de 2013]. Disponível em <http://www.who.int/indoorair/es/index.htm>



**ANEXO**

Inquérito sobre o Consumo doméstico de biomassa lenhosa no concelho de Boticas: avaliação energética e quantificação das emissões atmosféricas.

### Inquérito

(Set. 2011 a Ago. 2012)

Este inquérito é realizado no âmbito da dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente da UTAD, relativa ao "Consumo doméstico de biomassa lenhosa no concelho de Boticas: avaliação energética e quantificação das emissões atmosféricas". Toda a informação recolhida neste questionário será tratada e utilizada apenas para a finalidade do estudo. A confidencialidade das respostas é totalmente garantida.

Dados pessoais do

1. Inquirido

1.1 Idade:

1.2 Sexo:  M  F

1.3 Habilitações literárias:  S/ Habilitações  1º Ciclo  2º Ciclo  3º Ciclo  Ensino Sec.  Ensino sup.

Localização da habitação

2. Freguesia/Aldeia

2.1 Alturas do

2.1.1 Barroso:  Alturas do Barroso  Atilhó  Vilarinho Seco

2.1.2 Ardãos:  Ardãos

2.1.3 Beça:  Beça  Lavradas  Vilarinho da Mó  Carvalhelhos  Carreira da Lebre  Torneiros

2.1.4 Bobadela:  Quintas Bobadela  Seirrãos  Minas de Beça  Pinhal Novo  Nogueira

2.1.5	Boticas:	Boticas	<input type="checkbox"/>	Eiró	<input type="checkbox"/>	Sangunhedo	<input type="checkbox"/>						
2.1.6	Cerdedo:	Cerdedo	<input type="checkbox"/>	Covelo	<input type="checkbox"/>	Coimbró	<input type="checkbox"/>	Virtelo	<input type="checkbox"/>	Casas da Serra	<input type="checkbox"/>		
2.1.7	Codessoso:	Codessoso	<input type="checkbox"/>	Secerigo	<input type="checkbox"/>								
2.1.8	Covas do Barroso:	Covas do Barroso	<input type="checkbox"/>	Muro	<input type="checkbox"/>	Romaínho	<input type="checkbox"/>						
2.1.9	Curros:	Antigo de Curros	<input type="checkbox"/>	Curros	<input type="checkbox"/>	Mosteirão	<input type="checkbox"/>						
2.1.10	Dornelas:	Vila Grande Antigo	<input type="checkbox"/>	Casal	<input type="checkbox"/>	Espertina	<input type="checkbox"/>	Vila Pequena	<input type="checkbox"/>	Gestosa	<input type="checkbox"/>	Lousas	<input type="checkbox"/>
2.1.11	Fiães do Tâmega:	Fiães do Tâmega	<input type="checkbox"/>	Veral	<input type="checkbox"/>								
2.1.12	Granja:	Granja	<input type="checkbox"/>	Ventuzelos	<input type="checkbox"/>								
2.1.13	Pinho:	Pinho	<input type="checkbox"/>	Valdegas	<input type="checkbox"/>	Sobradelo	<input type="checkbox"/>						
2.1.14	S. Salvador de Viveiro:	Viveiro	<input type="checkbox"/>	Agrelos	<input type="checkbox"/>	Bostofrio	<input type="checkbox"/>	Campos	<input type="checkbox"/>				
2.1.15	Sapiãos:	Sapiãos	<input type="checkbox"/>	Sapelos	<input type="checkbox"/>								
2.1.16	Vilar:	Vilar	<input type="checkbox"/>	Carvalho	<input type="checkbox"/>								
2.2	Rua/Avenida:	<input type="text"/>				Nº	<input type="checkbox"/>	Andar	<input type="checkbox"/>	Esquerdo	<input type="checkbox"/>	Direito	<input type="checkbox"/>

### 3. Carateristicas da habitação

3.1	Tipo:	Apartamento	<input type="checkbox"/>	Vivenda geminada	<input type="checkbox"/>	Vivenda Isolada	<input type="checkbox"/>	Nº de pisos	<input type="checkbox"/>					
3.2	Área Útil	<input type="text"/> m <sup>2</sup>	T <sub>0</sub>	<input type="checkbox"/>	T <sub>1</sub>	<input type="checkbox"/>	T <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/>	T <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/>	T <sub>4</sub>	<input type="checkbox"/>	Anexos	<input type="checkbox"/>
3.3	Nº de Fachadas	<input type="text"/>	Orientação fachada 1		Orientação fachada 2		N- Norte; S- Sul; E- Este; O- Oeste							
3.4	Ano de construção	Antes de 1980		Entre 1980 e 2007 (RJUE)		Depois de 2007 (RJUE)		<input type="checkbox"/>						
3.5	Tipo de parede	Pedra s/ isolamento		Pedra c/ isolamento		Tijolo/bloco s/ isolamento		<input type="checkbox"/>						
3.5	Tipo de	Tijolo/bloco c/ isolamento		C/ vidro simples		C/ vidro duplo		<input type="checkbox"/>						

3.6 envidraçados  Caixilharia

3.6 exterior  S/ corte térmico  C/ corte térmico

3.7 Água canalizada  Sim  Não

3.8 Aquecimento central  Não  Sim

3.8.1 Tipologia:  Gasóleo  Lenha  Pellets  Gás de vila

4. Equipamento de produção de calor e tipo de biomassa

A - Lareira Aberta      B - Lareira fechada      C - Lareira com recuperador parcial      D - Lareira com recuperador total      E - Caldeira

F - Salamandra      G - Fogão      H - Estufa      I - Outro/Qual?

4.1 Tipo de equipamento 1:

4.1.1 Tipo de utilização:  Cozinhar       Aq. de água       Aq. de ar     

4.1.2 Funcionamento: Meses: J F M A M J J A S O N D      Semana: 2<sup>a</sup> 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6<sup>a</sup> S D      Horas: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

4.1.3 Tipo de Biomassa:  Pellets       Carvalho       Castanheiro       Pinheiro     

4.1.4 Quantidades:  Outras/Quais? Ton/ano

4.1.5 Proveniência da biomassa:  Do inquirido       Comprada       Baldio       Outra/Qual?

4.2 Tipo de equipamento 2:

4.2.1 Tipo de  Cozinhar       Aq. de  Aq. de ar

utilização:  água

Funcionamento: Meses: J F M A M J J A S O N D Semana: 2<sup>a</sup> 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6<sup>a</sup> S D Horas: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

4.2.2 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Tipo de Biomassa:  Pellets  Carvalho  Castanheiro  Pinheiro

4.2.3 Outras/Quais?

4.2.4 Quantidades:  Ton/ano

Proveniência da biomassa: Do  inquirido  Comprada  Baldio  Outra/Qual?

4.2.5

## 5. Outras fontes de energia utilizadas

### 5.1 Eletricidade

Tipo de utilização:  Iluminação  Aq. de água  Aq. de ar  Cozinhar  Equipamentos

5.1.1 Funcionamento: Meses: J F M A M J J A S O N D Semana: 2<sup>a</sup> 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6<sup>a</sup> S D Horas: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5.1.2 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Consumo mensal:  kWh

5.1.3

Custo mensal:  €

5.1.4

Potência contratada:  KVA

5.1.5

Tipo de tarifa:  Simples  Bi-horária  Tri-horária

5.1.6

Consumo anual:  kWh

5.1.7

### 5.2 Gás de vila

#### (canalizado)

Tipo de utilização:  Iluminação  Aq. de água  Aq. de ar  Cozinhar  Equipamentos

5.2.1 Funcionamento: Meses: J F M A M J J A S O N D Semana: 2<sup>a</sup> 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6<sup>a</sup> S D Horas: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

5.2.2 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

Consumo  m<sup>3</sup>

5.2.3

mensal:   
 5.2.4 Custo mensal:  €  
 5.2.5 Consumo anual:  m<sup>3</sup>

### 5.3 Gás de garrafa

5.3.1 Tipo de utilização: Iluminação  Aq. de água  Aq. de ar  Cozinhar  Equipamentos   
 Funcionamento: Meses: J F M A M J J A S O N D Semana: 2<sup>a</sup> 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6<sup>a</sup> S D Horas: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11  
 5.3.2 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24  
 5.3.3 Tipo de gás: Butano  Propano   
 Capacidade da garrafa: 11 Kg  12 Kg  13 Kg  45 Kg   
 5.3.4 Nº de garrafas consumidas  
 5.3.5 anualmente

### 5.4 Gasóleo

5.4.1 Tipo de utilização: Iluminação  Aq. de água  Aq. de ar  Cozinhar  Equipamentos   
 Funcionamento: Meses: J F M A M J J A S O N D Semana: 2<sup>a</sup> 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6<sup>a</sup> S D Horas: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11  
 5.4.2 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24  
 5.4.3 Consumo anual:  m<sup>3</sup>

### 5.5 Outra/Qual?

5.5.1 Tipo de utilização: Iluminação  Aq. de água  Aq. de ar  Cozinhar  Equipamentos   
 Funcionamento: Meses: J F M A M J J A S O N D Semana: 2<sup>a</sup> 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6<sup>a</sup> S D Horas: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 5.5.2 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24  
 5.5.3 Consumo anual:

### 6. Outros equipamentos consumidores de biomassa

6.1 Utiliza grelhadores ou assadores: Sim  Não

Funcionamento: Meses: J F M A M J J A S O N D    Semana: 2<sup>a</sup> 3<sup>a</sup> 4<sup>a</sup> 5<sup>a</sup> 6<sup>a</sup> S D    Horas: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

6.2 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

6.3 Tipo de biomassa    Carvão     Torgos     Restos de lenha     Outro/Qual?

6.4 Quantidades:

7. Energias Renováveis

7.1 Tipo de equipamento:    Sistema fotovoltaico     Sistema solar térmico     Outro/Qual?

7.2 Potência instalada:  kW

7.3 Ener. mensal produzida:  kWh

7.4 Ener. anual produzida:  kWh

7.5 Vende à rede?    Sim     Não

8. Do seu ponto de vista qual será a energia do futuro?

**Obrigado pela sua colaboração!**  
**Célia Sanches**