



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

**Setor da biomassa para combustíveis em Portugal:  
estudo dos custos logísticos associados à  
exportação de *pellets***

**Catarina Isabel Sousa Faria**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia e Gestão Industrial**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutora Susana Maria Palavra Garrido Azevedo  
Coorientador: Doutor Leonel Jorge Ribeiro Nunes

**Covilhã, junho de 2016**



# Agradecimentos

Ao longo desta longa jornada que foi o Mestrado de Engenharia e Gestão Industrial recebi o contributo de várias pessoas sem as quais não teria chegado ao fim. Assim, gostaria de expressar a minha gratidão e reconhecimento a todos aqueles que direta ou indiretamente acompanharam este desafio, salientando:

À Professora Doutora Susana Maria Palavra Garrido Azevedo e ao Doutor Leonel Jorge Ribeiro Nunes pela oportunidade e incentivo, pelas críticas construtivas que ajudaram a aprimorar o teor deste trabalho, pelo rigor científico e sobretudo pela amizade, simpatia e permanente disponibilidade manifestada durante a realização desta dissertação.

Ao Professor João Matias por todos os ensinamentos sábios transmitidos ao longo deste Mestrado.

À Adriana Carvalho, que me acompanhou ao longo destes últimos anos, por todos os momentos, palavras de apoio e amizade. Devo-te um obrigada do fundo do coração!

À Ana Coelho um enorme obrigada! Tens sido incansável! Obrigada por acreditares nas minhas capacidades, pelo incentivo e confiança que depositas-te em mim. Sempre com uma palavra positiva e um conselho sábio. És um pilar e sabes o quanto eu admiro a pessoa que és!

Às minhas companheiras do 3ºD, Daniela, Vanessa, Cat, Catarina, Vânia e Márcia, aos meus amigos João Pinheiro, José, Telmo, Henrique, Mariana, Marta, Drika e Luzia pelas palavras de incentivo, pela boa disposição e companheirismo ao longo deste percurso. Esta vitória também é vossa!

Aos meus pais, por terem sempre acreditado nas minhas capacidades no decorrer dos meus anos de Universidade. O meu maior obrigada e o meu maior reconhecimento. Sem vocês eu hoje não estaria aqui, e sem o vosso apoio, paciência, dedicação e carinho este projeto não teria chegado ao fim. Obrigada por acreditarem sempre em mim e por me darem sempre força nas alturas mais complicadas. Obrigada por me terem ensinado tudo na vida.



# Resumo

A valorização dos recursos energéticos endógenos, com particular destaque para a Europa e América do Norte, particularmente os de cariz renovável, constitui um dos principais objetivos da política energética portuguesa com o propósito de minimizar a dependência energética e diminuir a emissão de poluentes.

No entanto, quer do ponto de vista da satisfação dos interesses dos consumidores, quer da eficiência energética, a utilização de equipamentos convencionais para a produção de calor não corresponde às atuais necessidades.

A biomassa florestal para o aproveitamento energético torna-se cada vez mais importante. Em Portugal tem-se verificado uma grande aposta neste tipo de energia renovável e, considerando a potencialidade da biomassa florestal em Portugal é expectável que aumentem essas necessidades.

Assim, a transformação de biomassa num recurso de fácil e cómoda utilização deve ser considerado como pressuposto essencial a uma eventual disseminação da biomassa como um combustível viável.

Em Portugal já é utilizada uma importante parte da biomassa florestal para aproveitamento energético, principalmente nas indústrias de produção de pasta de papel, painéis, aglomerados e produção de biomassa densificada para fins energéticos (briquetes e pellets). No entanto, existe uma grande discrepância entre a disponibilidade potencial e a disponibilidade efetiva de biomassa florestal.

A mobilização das novas tecnologias de transformação constitui um fator fundamental para a disseminação da utilização da biomassa como alternativa aos combustíveis fósseis (gás e derivados do petróleo). No entanto, a adoção destas tecnologias carece ainda de análise profunda, particularmente em termos de viabilidade económica, nomeadamente no que diz respeito às cadeias de abastecimento e fornecimento.

O problema proposto nesta investigação passa por definir essas cadeias de abastecimento nomeadamente ao que diz respeito as questões logísticas e de análise de custos, desde a recolha da biomassa até ao processamento e/ou utilizador final, apresentando maior destaque para a análise das estratégias logísticas no setor de produção de biomassa em Portugal, nomeadamente na produção de pellets e na análise das estratégias logísticas associadas aos potenciais consumidores, permitindo assim, ter um conhecimento sobre um sector que ainda não atingiu o seu pico de desenvolvimento.

Em Portugal, a utilização da biomassa representa atualmente inúmeras vantagens, entre as quais se destacam a diminuição da dependência externa face à importação de produtos energéticos de origem fóssil substituída pela utilização de um recurso endógeno, o desenvolvimento da economia portuguesa e criação de novos postos de trabalho, e ainda a redução das emissões de CO<sub>2</sub> e de outros poluentes.

O presente trabalho demonstra que Portugal apresenta vantagens comparativamente aos EUA e Canadá na exportação de pellets de biomassa.

## **Palavras-chave**

Mercado Europeu de pellets de Biomassa, Exportação de pellets de madeira dos EUA e Canadá, Mercado do Norte da Europa , Exportação de pellets de biomassa em Portugal.

# Abstract

The enhancement of endogenous energy resources, mainly those of renewable nature, is one of the main objectives of the Portuguese energy policy in order to minimize the energetic dependence and pollutants emissions.

However, regarding the satisfaction of consumers' interests concerning energetic efficiency, the use of conventional equipment for heat production does not meet the current needs.

The recovery of forestry biomass for energy becomes increasingly important. In Portugal, a large investment in this type of renewable energy has been verified and considering the important potential of forestry biomass in Portugal, it is expected an increase on these needs.

Thus, the biomass processing in an easy and convenient usage must be considered as an essential precondition to the potential spread of biomass as a viable fuel.

In Portugal, part of forestry biomass is already employed for energy use, particularly in pulp production industries, wood panels, clusters and production of densified biomass for energetic purposes (briquettes and pellets). However, there is a large gap between the potential and the effective availability of forestry biomass.

The mobilization of new processing technologies is a key factor for the dissemination of biomass usage as an alternative to fossil fuels. However, the adoption of these technologies still lacks a deeper analysis, mainly in terms of economic viability, namely with regard to the supply chains and provision.

The research problem proposed intends to define these supply chains, focusing on logistics and cost analysis issues. With greater emphasis on the analysis of logistics strategies in the sector of biomass production in Portugal, particularly in pellet production and analysis of logistics strategies associated with potential consumers, allowing to enlarge the knowledge of a sector that has not reached yet its peak of growth.

In Portugal the use of biomass represents numerous advantages, mainly the reduction of external dependence regarding imports of fossil fuels energy products replaced by the use of an endogenous resource, the development of the Portuguese economy, the creation of new jobs and also the reduction of CO<sub>2</sub> emissions and other pollutants.

In this dissertation we will explore the advantages that Portugal presents relatively to Canada and USA regarding the biomass pellets exportation.

## Keywords

Biomass sector, pellets market, USA and Canada biomass pellets exportation, Northern European market, Portuguese wood pellets exportation.

# Índice

Capítulo 1 - Introdução .....	1
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. Caracterização do tema .....	5
1.3. Objetivos de investigação .....	7
1.4. Estrutura da dissertação.....	8
Capítulo 2 - Revisão de Literatura .....	9
2.1- A biomassa como fonte de energia .....	9
2.2-Utilização da biomassa em Portugal .....	12
2.3. O setor da Biomassa e o Horizonte 2020.....	13
2.4- Cadeias de abastecimento de biomassa .....	15
2.5- Processos de densificação da biomassa.....	16
2.5.1-Mercado de pellets.....	18
2.5.2-Processo de produção de pellets .....	20
2.6- Vantagens e Desvantagens .....	22
Capítulo 3 - Metodologia .....	25
3.1. Enquadramento .....	25
3.2. Unidade de análise .....	25
3.3. Análise dos dados .....	26
3.4. Análise do estudo de caso.....	27
Capítulo 4 - Análise do caso de estudo .....	29
4.1- Caracterização do sector de biomassa de madeira para a geração de energia nacional e internacional .....	29
4.2- Barreiras à comercialização de pellets .....	31
4.3- Custos logísticos associados com a exportação de pellets de biomassa de Portugal, EUA e Canadá para o Reino Unido;.....	34
5-Conclusões.....	41
Referências .....	43



# Lista de Figuras

Figura 1 - Distribuição do povoamento florestal em Portugal (ICNF, 2013a).....	4
Figura 2 - Fontes na produção de eletricidade em Portugal Continental em janeiro 2016 (APREN, 2016). .....	10
Figura 3- Cadeia logística considerada na pelletização de biomassa florestal (Sánchez, Curt, Sanz, & Fernández, 2015). .....	12
Figura 4- Uso de energias renováveis em Portugal (Dias & Soares, 2014). .....	15
Figura 5- Cadeia de abastecimento da biomassa (Adaptado de: Svanberg & Halldórsson, 2013). .....	16
Figura 6- Disposição esquemática de uma linha de produção de pellets de biomassa (Nunes et al., 2013). .....	21
Figura 7- Distribuição da produção e consumo de pellets de biomassa no mundo em 2013 (AEBIOM, 2013) .....	22
Figura 8- Produção de pellets no Mundo em 2014 (adaptado de: AEBIOM, 2015). .....	29
Figura 9- Caracterização das importações e exportações de pellets no mundo em milhões de toneladas ( AEBIOM, 2015). .....	30
Figura 10- Fluxo logístico de produção e exportação de pellets (Sénéchal & Grassi, 2009)....	34
Figura 11- Exemplo do fluxo de exportação do EUA para ARA.....	39
Figura 12- Exemplo do fluxo de exportação do Canadá para ARA.....	39
Figura 13- Exemplo do fluxo de exportação de Portugal para ARA .....	40



## Lista de Tabelas

Tabela 1- Análise SWOT da produção de pellets (elaboração própria).....	24
Tabela 2- Tipos de madeira permitidos na produção de pellets (Enplus, 2015) .....	32
Tabela 3- Parâmetros mais importante dos pellets (Enplus, 2015) .....	33
Tabela 4- Preços associados à exportação de pellets .....	36
Tabela 5- Energia e os custos estimados para o transporte por GJ. ....	37
Tabela 6-Distância de transporte associados à exportação de pellets. ....	38



# Lista de Acrónimos

APREN	Associação Portuguesa de Energias Renováveis
ARA	Amsterdam-Rotterdam- Antwerp
C	Carbono
CIF	Cost-Insurance-Freight
CIS	Commonwealth of Independent States
CO	Monóxido de Carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CH <sub>4</sub>	Metano
ENE	Estratégia Nacional de Energia
EUA	Estados Unidos América
FOB	Free-on-board
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GIS	Geographic Information System
H <sub>2</sub>	Hidrogénio
H <sub>2</sub> O	Água
ISO	International Organization for Standardization
ha	Hectare
kg	Kilograma
PIB	Produto Interno Bruto
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
eu	União Europeia



# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1. Enquadramento

A dependência na utilização de combustíveis fósseis e o conseqüente aumento da sua procura, veio questionar a possibilidade de esgotamento desses recursos naturais e a crescente emissão de gases com efeito de estufa, o que tem vindo a ser responsável por grandes alterações climáticas (Heede & Oreskes, 2016).

A procura por alternativas sustentáveis tomou particular destaque, nomeadamente a procura por fontes de energia renováveis que permitem substituir os combustíveis derivados de componentes fósseis, possibilitando uma menor emissão de gases poluentes (Tokimatsu et al., 2014).

De modo a colmatar estas alterações climáticas, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a mudança do clima (UNFCCC), que entrou em vigor em Março de 1994, e o seu protocolo de Quioto, assinado em 11 de Dezembro de 1997, vieram estabelecer metas juridicamente vinculativas que impõem limites em países industrializados de forma a controlar as emissões de gases com efeito de estufa (Duic et al., 2003).

“Ao abrigo do protocolo de Quioto”, a União Europeia (UE) comprometeu-se a reduzir essas emissões em 5% até 2012, tendo os objetivos impostos sido adaptados aos diferentes países, dependendo da riqueza relativa de cada país. A UE e os seus estados membros não só alcançaram o objetivo como reduziram as emissões em 20%, comparativamente ao ano de 1990, que servia de base ao protocolo de Quioto (Goldemberg & Guardabassi, 2015).

Atualmente, a UE participa numa segunda fase do protocolo de Quioto que abrange o período de 2013 a 2020 (European Union, 2014).

A fim de alcançar esses objetivos políticos com sucesso no mercado, têm sido criadas ações internacionais de incentivo e ajudas ao desenvolvimento, nomeadamente no que diz respeito às fontes de energia renováveis e eficiência energética (EU, 2013).

Através do apoio político direto, atualmente, mais de 140 países põem em prática medidas para promover a utilização de fontes de energia renováveis como a energia solar, energia eólica e a biomassa (IRENA, 2016).

A diretiva 2001/77/EC - Diretiva das energias renováveis estabelece uma política global para a produção e promoção de energia provenientes de fontes renováveis na UE (Minas, 2007).

A 23 de Abril de 2009, foi adotada uma nova diretiva relativa às energias renováveis (Diretiva 2009/28/CE) que revoga as diretivas 2001/77/CE e 2003/30/CE anteriormente impostas,

estabelecendo que 20% do consumo de energia na UE deve provir de fontes de energia renováveis até 2020 (Minas, 2007).

O fornecimento de energia a partir de fontes regenerativas, em particular a Biomassa, têm ganho cada vez mais destaque (Doring, 2013).

De acordo com os objetivos da comissão das comunidades Europeias, que têm sido adotados por muitos países membros da UE, toda a energia fornecida a partir de fontes de energia renováveis provenientes de biomassa devem ser cada vez mais desenvolvidas no mercado (Doring, 2013).

Segundo a Diretiva 2010/75/EU do parlamento Europeu e do Conselho, a biomassa define-se como: “Produtos que consistem, na totalidade ou em parte, numa matéria vegetal proveniente da agricultura ou da silvicultura que pode ser utilizada como combustível para efeitos de recuperação do seu teor energético”. Em suma, devem ser considerados biomassa os resíduos de tecidos vegetais, excrementos e urina, com exceção do chorume e do guano não mineralizado, classificado como subprodutos animais e resíduos silvícolas (Comissão Europeia, 2010).

De notar que as especificações descritas são consideradas biomassa desde que utilizadas na agricultura ou na silvicultura ou para a produção de energia, como por exemplo os *pellets* (Agência Portuguesa do Ambiente, 2014).

Apesar de atualmente, a União Europeia não possuir uma política florestal comum, várias são as ações Europeias para reduzir os impactos florestais (ICNF, 2011).

Dados recentes, referentes ao ano 2011, indicam que cerca de 45,6% da superfície terrestre Europeia é coberta por floresta e outras terras arborizadas, no entanto, os efeitos das alterações climáticas podem afetar, consoante os fatores geográficos, o crescimento e a área de distribuição e os fatores bióticos associados (AIFF, 2013).

No que se refere ao setor económico, as indústrias florestais da Europa têm-se mostrado competitivas onde os setores da pasta de papel, madeira e da cortiça tomam particular destaque (AIFF, 2013).

De notar que Portugal é líder no que concerne à cortiça, com aproximadamente 50% da produção de cortiça global, exportando 64% da quota de exportações mundiais (Demertzi et al., 2016).

Em Setembro de 2013, uma nova estratégia para as florestas, proposta pela Comissão Europeia, veio substituir a estratégia em vigor desde 1998. Esta nova estratégia Europeia pretende:

- ✓ Proteger e equilibrar as diversas funções florestais;
- ✓ Garantir o uso eficiente dos recursos, crescimento e criação de emprego;
- ✓ Proporcionar viabilidade e competitividade para a bioeconomia;
- ✓ Promover a produção e uso sustentável dos recursos florestais, promovendo a responsabilidade global das florestas.

A 24 de Outubro de 2014, o conselho Europeu aprovou como objetivos a redução das emissões de gases com efeito de estufa em 40% comparativamente a 1990, elevar a utilização das energias renováveis da UE em 27%, efetuar uma poupança energética de aproximadamente 27% e a promoção da segurança do aprovisionamento energético, entre o período de 2020 a 2030 (Conselho Europeu, 2014).

Em Portugal, o setor florestal apresenta-se competitivo quer a nível interno como externo, contribuindo significativamente para o aumento da competitividade nacional. Líder das exportações, o setor florestal é também uma mais-valia na redução do desequilíbrio das contas externas (AIFF, 2013).

Em Portugal, a paisagem florestal, apesar da degradação progressiva, representa cerca de 1/3 do território nacional o que, comparando com a média Europeia (31%) e com outros países do Sul da Europa, encontra-se acima da média. Tipicamente florestal, Portugal apresenta atualmente cerca de 255 milhões ha de floresta, ou seja, quase 40% da área do território nacional é ocupada por floresta (PEFC, 2015).

A superfície florestal é maioritariamente constituída por eucalipto (espécie dominante), pelo sobreiro e pelo pinheiro-bravo. Como espécie dominante, o eucalipto representa cerca de 812 mil ha de floresta, seguindo-se do sobreiro com 737 mil ha e do pinheiro-bravo com 714 mil ha de floresta, como mostra a Figura 1 (ICNF, 2013a).

A importância económica relativamente ao peso da atividade florestal é demonstrada através da sua representação em 11% das exportações totais portuguesas, o que veio contribuir para um produto interno bruto de 2,5% e para uma percentagem de 3% no que respeita ao emprego associado a esta atividade (ICNF, 2013b; PEFC, 2015).

A sustentabilidade da produção e a conservação da biodiversidade e do ecossistema são pontos fundamentais nas ações de investimento e desenvolvimento das Fileiras Florestais. O aumento do valor económico, social e ambiental é também uma preocupação no processo de desenvolvimento uma vez que a instabilidade do meio, devido a fatores como incêndios, seca e agentes bióticos/abióticos, pode provocar um impacto na exploração comercial da floresta. Assim, ações de investimento e desenvolvimento no setor florestal tornam-se prioritárias em investimentos futuros (Silva, Pinheiro, Correia, & Pereira, 2014).

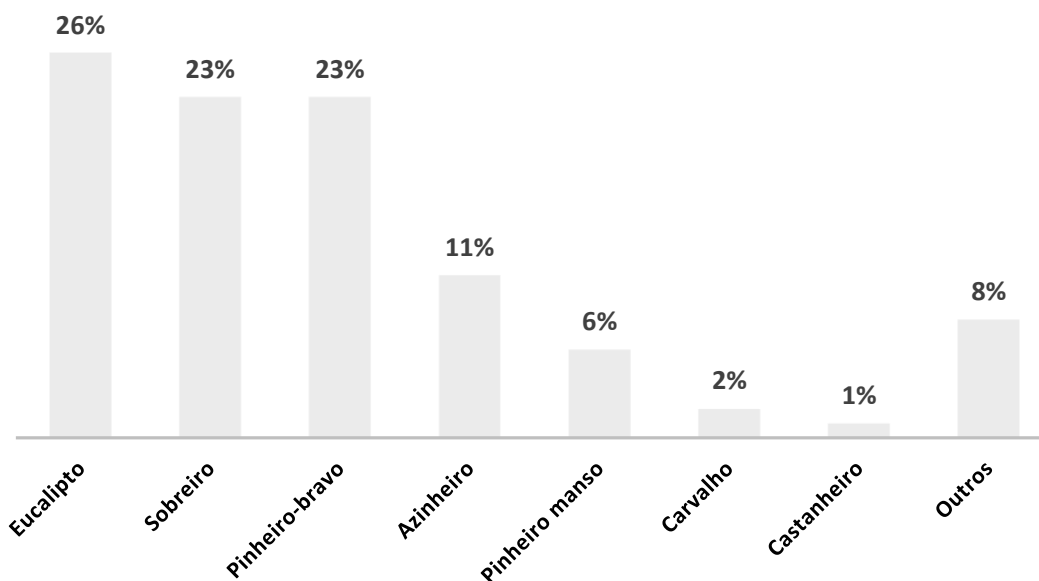


Figura 1 - Distribuição do povoamento florestal em Portugal (ICNF, 2013a).

Como anteriormente referido, a diretiva 2009/28/CE estabelece um quadro europeu para a promoção de energias renováveis. Cada país membro da UE tem as suas próprias metas e a transposição desta diretiva para a legislação portuguesa obriga a que 31% do consumo final de energia total, até 2020, terá de provir de fontes de energia renováveis. Desses, 60% deve ser destinado à produção de eletricidade e 10% ao setor dos transportes até 2020 (Paulo et al., 2015).

A biomassa como energia renovável apresenta um valor significativo no cumprimento desta meta. De tal modo, existem, em termos de planeamento e desenvolvimento, medidas financeiras e de apoio fiscal para a produção de eletricidade a partir de biomassa (Paulo et al., 2015).

Foram realizados estudos acerca das cadeias de abastecimento para a produção de bioenergia provenientes da biomassa, uma vez que, comparativamente com os recursos fósseis, não é ainda economicamente competitiva. De tal modo, melhorias tecnológicas no *design* e gestão foram estudadas com o intuito de melhorar essa fraqueza energética (Paulo et al., 2015).

Promover a utilização de material de biomassa residual, subprodutos e resíduos gerados na agricultura, silvicultura e atividades humanas permite, ao mesmo tempo, expandir a capacidade da bioenergia e reduzir a quantidade de resíduos que constitui um enorme problema ambiental (Paulo et al., 2015).

Desta forma, as características da biomassa representam um grande desafio. A sazonalidade da oferta, distribuição geográfica, armazenamento, transporte e tecnologia de transformação

carecem de um desenho da cadeia de suprimento e logística integrada numa perspetiva de contribuir positivamente para alcançar maior desempenho do sistema de produção de bioenergia (Paulo et al., 2015).

A fim de resolver o problema, Paulo et al. (2015) desenvolveram um modelo matemático em que todas as fontes de biomassa, potenciais tipos de centrais elétricas, capacidades e locais foram combinados para procurar a combinação de parâmetros que resultariam em custos mínimos de geração de eletricidade.

Este estudo de caso veio mostrar que a alta densidade de custos da biomassa e centrais elétricas de investimento têm maior impacto para a seleção da capacidade e alocação. Afirma-se ainda que o custo de geração de eletricidade a partir de biomassa florestal é maior do que a maioria das outras fontes de energia (Paulo et al., 2015).

A variabilidade dos custos de transporte, os custos operacionais fixos e custos de investimento também são parâmetros que influenciam fortemente o projeto e os custos totais de abastecimento. Apesar de não ser economicamente competitiva, comparativamente com os recursos fósseis, a biomassa veio promover o desenvolvimento dos sistemas de energia renováveis que, até então, têm vindo a contribuir significativamente para atingir as metas impostas pela diretiva 2009/28/CE (Paulo et al., 2015).

## **1.2. Caracterização do tema**

O modelo energético atualmente utilizado é, na sua maioria, proveniente de combustíveis fósseis, em particular do petróleo. No entanto, a crescente preocupação ambiental, quer a nível das consequências nocivas provocadas pela emissão de gases com efeito de estufa, quer pelo seu caráter finito, veio dar merecido destaque no seio da investigação por alternativas sustentáveis capazes de proporcionar estabilidade financeira, crescimento económico e o desenvolvimento da sociedade (Nobre, 2014).

Mediante estas circunstâncias várias têm sido as políticas energéticas impostas a nível global, tomando a procura por energias renováveis, nomeadamente da biomassa, particular destaque (Nobre, 2014).

De um modo geral, o setor florestal apresenta-se dinâmico e empreendedor apresentando elevado valor económico, designadamente no que diz respeito ao PIB português (Louro et al., 2013).

A criação de postos de trabalho inerentes ao aproveitamento energético, nomeadamente no que se refere à biomassa florestal, veio proporcionar uma melhor aceitação por parte dos municípios e incentivar ao investimento dos mesmos (Ministério da Agricultura, 2005).

Em Portugal tem existido uma grande aposta na biomassa florestal para o aproveitamento energético como forma de compensar as emissões de GEE com origens noutros setores acabando, a sua importância, por ser reconhecida na resolução do conselho de Ministros nº 6-B/2015 devido ao aprovisionamento sustentável de matérias-primas, aumento do PIB, aumento da empregabilidade do país e pelo contributo das florestas para a mitigação das alterações climática (Resolução do Conselho de Ministros n.o 6-B/2015, 2015).

No entanto, a intervenção humana sobre as florestas, nomeadamente a sua exploração, deverá ser feita de modo sustentável, sem colocar em causa as gerações futuras e o interesse público (Resolução da Assembleia da República n.º 33/2010, 2010).

Tendo em vista o aumento da competitividade do setor a requalificação do tecido empresarial, através do apoio às empresas de exploração florestal, comercialização e transformação de matérias-primas florestais tornaram-se de extrema importância no ajustamento tecnológico, otimização dos rendimentos e ganhos de eficiência e na redução de impactos ambientais (Resolução do Conselho de Ministros n.o 6-B/2015, 2015).

O aproveitamento de biomassa florestal para fins energéticos apresenta, no entanto, dificuldades no seu desenvolvimento, fundamentalmente por razões sociais, económicas e técnicas. Porém, o reconhecimento da sua importância para aproveitamento energético é evidente. Este recurso endógeno provem de formas tão diversas como (Ministério da Agricultura, 2005):

- ✓ Recolha de ramagens, bicadas, pinhas, etc.;
- ✓ Matos em áreas de incultos;
- ✓ Madeiras sem valor comercial como no caso de incêndios;
- ✓ Desperdícios das unidades de transformação de madeira.

De notar que as ramagens, bicadas, pinhas, etc., podem ser encontradas após operações de podas, desrama, limpezas e abates de árvores como a oliveira, o eucalipto, o sobreiro e a azinheira.

Em Portugal, o consumo de Biomassa surge essencialmente para três fins energéticos (Vidal & Hora, 2011):

- ✓ Produção de energia elétrica em centrais termoelétricas;
- ✓ Produção em cogeração de energia térmica e energia elétrica;
- ✓ Produção de *pellets*.

O uso de *pellets* de biomassa como uma alternativa de energia sustentável é um instrumento eficaz na luta contra as alterações climáticas. Esta representa uma globalização positiva da riqueza e criação de emprego local. A madeira como fonte de energia primária evidencia a disponibilidade para a necessidade de energia, especialmente relevante num momento de

profunda crise económica, que forçou muitos a repensar estratégias futuras (Nunes, et al., 2015).

Os obstáculos mais importantes no uso de tais recursos são o alto custo de produção, o fornecimento e a utilização de tecnologias de conversão de energia dispendiosas (Nunes et al., 2015).

A pelletização apresenta-se como um fator chave para o propósito de superar este obstáculo e, é por esse motivo que a indústria de produção de *pellets* de biomassa tem apresentado um crescimento económico considerável em todo o mundo (Nunes et al., 2015).

As tendências atuais e futuras nos mercados de *pellets*, matéria-prima e logística de abastecimento carecem de uma análise aos custos logísticos associados à sua exportação que irá ser abordada nesta dissertação.

### **1.3. Objetivos de investigação**

A valorização dos recursos energéticos endógenos, particularmente os de cariz renovável, constitui um dos principais objetivos da política energética portuguesa com o objetivo de minimizar a dependência energética e diminuir a emissão de poluentes.

No entanto, quer do ponto de vista da satisfação dos interesses dos consumidores, quer do ponto de vista da eficiência energética, a utilização de equipamentos convencionais para a produção de calor não corresponde às atuais necessidades.

Assim, a transformação de biomassa num recurso de fácil e cómoda utilização deve ser considerado como pressuposto essencial a uma eventual disseminação da biomassa como um combustível viável.

A biomassa florestal resulta fundamentalmente das ações de gestão florestal, como desbastes e corte final, derivados das indústrias de transformação e produtos no final do ciclo de vida dos produtos florestais lenhosos.

O aproveitamento da biomassa florestal esteve desde sempre ligado à necessidade da madeira para energia, nomeadamente para utilização doméstica.

Em Portugal, é já utilizada uma importante parte da biomassa florestal para aproveitamento energético, principalmente nas indústrias de produção de pasta de papel, painéis, aglomerados e produção de biomassa densificada para fins energéticos (*briquetes* e *pellets*).

No entanto, existe uma grande discrepância entre a disponibilidade potencial e a disponibilidade efetiva de biomassa florestal.

A mobilização das novas tecnologias de transformação de lenhas, resíduos lenhosos, industriais e agrícolas num produto final de fácil manuseamento, transporte, armazenamento e utilização, como é o caso dos *pellets*, constitui um fator fundamental para a disseminação da utilização da biomassa como alternativa aos combustíveis fósseis (gás e derivados do petróleo). No entanto, a adoção destas tecnologias carece ainda de análise profunda, particularmente em termos de viabilidade económica, e também pela procura acrescida de matéria-prima pelas centrais de biomassa para a produção de energia elétrica.

De tal modo que, o principal objetivo desta dissertação é analisar o setor de produção de biomassa em Portugal para a produção de pellets sob a perspetiva logística.

O presente trabalho pretende também atingir os seguintes sub-objetivos:

- ✓ Caracterizar o sector de biomassa de madeira para a geração de energia nacional e internacional;
- ✓ Analisar as barreiras à comercialização de pellets.
- ✓ Caracterizar o potencial exportador de Portugal para produtos de biomassa para energia comparativamente a outros *players* internacionais nomeadamente EUA e Canadá;
- ✓ Estimar os custos logísticos associados à exportação de pellets de biomassa de Portugal, EUA e Canadá para os portos ARA;

Deste modo, uma das principais motivações deve-se ao fato do estudo em questão ser revelador do potencial interesse para Portugal como exportador de produtos de biomassa, nomeadamente *pellets*, para energia, comparativamente a outros *players* internacionais.

#### **1.4. Estrutura da dissertação**

De modo a simplificar a análise e interpretação dos resultados, a presente dissertação foi organizada por capítulos, mediante o assunto em análise, como abaixo apresentado:

- ✓ O Capítulo 1 descreve a situação/problema, estabelece o problema central a ser estudado, delimita-o e anuncia o seu objetivo principal. Identifica a importância e relevância deste trabalho e enumera os motivos para a realização do estudo proposto;
- ✓ O Capítulo 2 é dedicado ao estado da arte. É apresentada a definição e caracterização do setor da biomassa assim como a sua conversão em pellets. A caracterização do setor em Portugal, os custos Logísticos e as Metas impostas pelo Horizonte 2020, associados à produção e exportação de pellets são também descritos;
- ✓ O Capítulo 3 dedica-se às metodologias usadas;
- ✓ O Capítulo 4 é dedicado à análise do caso de estudo através da análise das barreiras na comercialização, condições de mercado e os custos logísticos associados
- ✓ O Capítulo 5 faz uma conclusão final ao estudo analisado.

# Capítulo 2 - Revisão de Literatura

## 2.1. A biomassa como fonte de energia

No decorrer dos últimos anos, temos assistido a um crescente interesse pela produção de energia sustentável a nível global. Este aumento veio aumentar o uso dos combustíveis fósseis, tradicionalmente mais disponíveis e mais económicos. Contudo, tal facto contribuiu para um gradual aumento nos preços de mercado e, consecutivamente, para a competitividade das empresas, dependentes da utilização deste tipo de energia, que se viram obrigadas a procurar alternativas mais sustentáveis.

Além dos custos diretos do consumo de energia, os custos associados a dados ambientais relacionados com a utilização de combustíveis fósseis estão também sob os holofotes, maioritariamente no que respeita às emissões de gases de efeito de estufa (Monteiro et al., 2011; Nunes et al., 2015).

Dentro de um grande conjunto de energias renováveis que está a ser explorado para resolver os problemas de abastecimento de energia, a bioenergia pode representar uma solução atraente, se gerida de forma eficaz. A fim de promover o desenvolvimento de sistemas de energia renováveis, a bioenergia é considerada uma opção chave. No entanto, esta não é ainda economicamente competitiva quando comparada com os recursos fósseis (Paulo et al., 2015).

O uso de bioenergia depende da oferta e da procura, e as suas fontes de abastecimento variam entre países, estando a sua procura principalmente dependente dos custos associados a decisões políticas como os impostos ambientais, comércio com quotas de emissões, entre outros fatores. (Monteiro et al., 2011).

A biomassa, como energia renovável, apresenta um valor significativo no contributo para a diminuição das emissões de gases com efeito de estufa (Monteiro et al., 2011).

De notar que, em média, nos países industrializados a biomassa contribui com cerca de 9-13% das fontes de energia e, nos países em desenvolvimento este valor pode mesmo chegar aos 50% (Faaij, 2006).

A produção de energia a partir de Biomassa tem como potencial reduzir os gases com efeito de estufa (GEE), diminuir a dependência de combustíveis não renováveis e ajudar a colmatar a transição de combustíveis fósseis para fontes de baixa ou nula energia de carbono (Xian et al., 2015).

Portugal apresenta, tal como a maioria dos países do Sul da Europa, uma área significativa de floresta e, se corretamente explorada pode ser usada como uma fonte de energia renovável e sustentável (Nunes et al., 2015).

De notar que, segundo os últimos dados da APREN, no final de janeiro 2016, Portugal Continental apresentava um consumo bastante positivo no que respeita a energias renováveis, como podemos verificar na Figura 2.

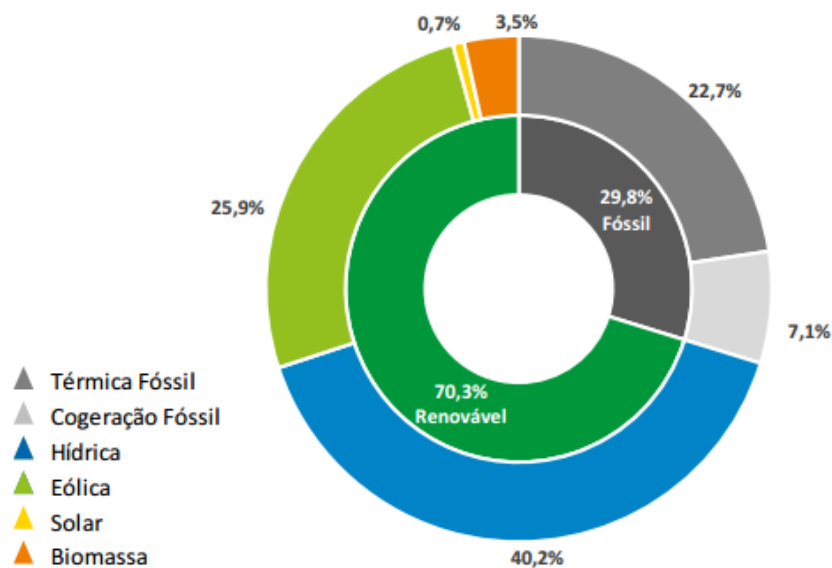


Figura 2 - Fontes na produção de eletricidade em Portugal Continental em janeiro 2016 (APREN, 2016).

O aumento da utilização de fontes renováveis de energia está na agenda política da maioria dos estados membros da UE. A biomassa é usada para atender uma variedade de necessidades de energia, incluindo a geração de eletricidade, aquecimento de casas, abastecimento de veículos e proporcionando calor nos processos de instalações industriais (Fernandes & Costa, 2010).

O uso de resíduos de biomassa contribui para a quota de fontes de energia renováveis na produção de energia, diminuindo as importações de combustíveis fósseis e, simultaneamente, diminuir os riscos de incêndios florestais. Além disso, a utilização de resíduos de biomassa, como um recurso de energia conduz a importantes benefícios ambientais, particularmente para a redução das concentrações atmosféricas de CO<sub>2</sub> e, conseqüentemente, do efeito de estufa. Neste contexto, as fontes renováveis de energia, como a biomassa, parecem ser uma opção promissora para melhorar a situação ambiental, tirando partido de outros efeitos positivos adicionais como o alto teor energético (Fernandes & Costa, 2010).

A biomassa apresenta-se como uma fonte de energia renovável que explora os recursos endógenos disponíveis, tais como a madeira e os resíduos vegetais e animais, suscetível a transformação em diferentes tipos de biocombustíveis, sendo estes: os combustíveis sólidos (briquetes e pellets, salientados neste trabalho), líquidos (etanol e metanol) ou gasosos (metano) (Assembleia, 2013; Guo et al., 2015).

Apresenta como vantagens as seguintes (Fernandes & Costa, 2010; Nunes et al., 2015):

- ✓ Disponibilidade na maioria dos países;
- ✓ Possibilidade de uso como combustível de abastecimento em diversas situações que, por sua vez pode levar a um fornecimento de energia mais seguro;
- ✓ Estabilidade geopolítica, estando sujeitos apenas às leis da oferta e da procura do próprio mercado nacional;
- ✓ Possibilidade de criação de emprego;
- ✓ Probabilidade de haver benefícios ambientais como a redução da lixiviação se a agricultura intensiva for substituída por culturas energéticas intensivamente planeadas.

Uma desvantagem importante do uso da biomassa como fonte de energia são os custos económicos associados a este recurso, uma vez que a biomassa apresenta baixa densidade energética e baixo rendimento por unidade de área, levando a um elevado custo de distribuição e aumentando o custo total de processamento de biomassa (Fernandes & Costa, 2010; Nunes et al., 2015).

A integração da Biomassa no planeamento energético de uma região requer o desenvolvimento de ferramentas de planeamento avançadas que permitem avaliar e otimizar os custos económicos, a fim de identificar o local ideal para os investimentos (Fernandes & Costa, 2010).

Importante é também, distinguir biomassa florestal de biomassa residual florestal, uma vez que os materiais usados são distintos. Matérias-primas provenientes de sobranes da gestão e da exploração florestal ou de subprodutos da indústria transformadora dos produtos florestais e de produtos em final do ciclo de vida são considerados de biomassa residual florestal. Os produtos provenientes de produtos florestais virgens são considerados de biomassa florestal no entanto, estes, nem sempre apresentam vantagens no que se refere ao transporte, tarifas, etc., uma vez que a sua exploração nem sempre é de fácil acesso (Assembleia da República, 2013).

Os biocombustíveis discutidos na presente dissertação são essencialmente do estado sólido, maioritariamente definidos por pellets, estando a sua cadeia logística representada na Figura 3.

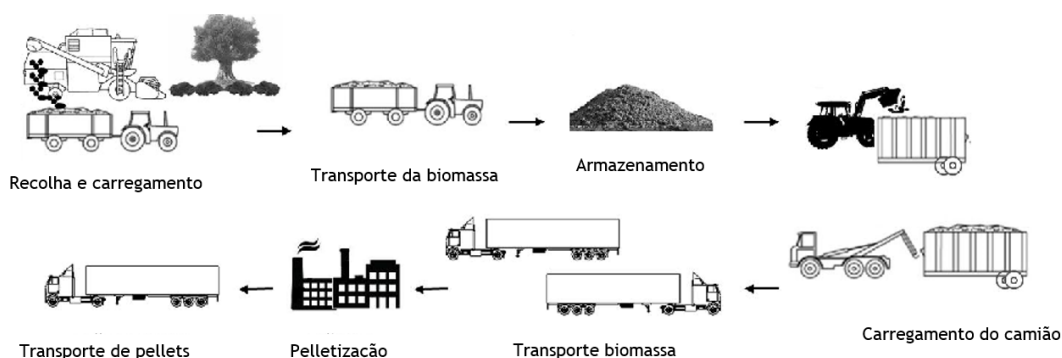


Figura 3- Cadeia logística considerada na pelletização de biomassa florestal (Sánchez, Curt, Sanz, & Fernández, 2015).

## 2.2. Utilização da biomassa em Portugal

A diretiva de Energias renováveis 28/2009/CE contém um regime de sustentabilidade, que abrange os biocombustíveis utilizados em setores como a eletricidade, o aquecimento e arrefecimento e, apresentam como metas nacionais obrigatórias uma quota de 20% no consumo final de energia (Agar et al., 2015; Paulo et al., 2015).

De salientar que, a transposição desta diretiva para a legislação Portuguesa obriga a que 31% do consumo final de energia até 2020 terá de provir de fontes de energia renováveis (Paulo et al., 2015).

De modo a cumprir as metas governamentais impostas, Portugal lançou em 2006, um concurso para a instalação de centrais elétricas de energia à base de biomassa florestal. E, devido à sua extrema importância no cumprimento das metas impostas, o planeamento e o desenvolvimento de medidas financeiras e de apoio fiscal para a produção de eletricidade a partir da Biomassa tornou-se imprescindível (Paulo et al., 2015).

Atualmente, é utilizada para aproveitamento energético uma importante parte da biomassa residual florestal em indústrias de produção de pasta de papel, painéis, aglomerados e resíduos de madeira (briquetes e pellets) (Assembleia da República, 2013).

Nos últimos anos, os pellets tornaram-se um importante combustível na produção de calor e energia em toda a Europa. Estes, são considerados como uma opção de combustíveis competitiva uma vez que a densidade de combustíveis mais elevada traduz-se numa redução dos custos de transporte e armazenamento, e esta vantagem pode ser usada em áreas onde o custo de fornecimento eficiente é um desafio devido ao armazenamento e transporte a longas distâncias. Além disso, apresentam menor teor de humidade em comparação com a biomassa não transformada, maior valor de aquecimento, uma forma uniforme, uma queima clara e reduzida formação de cinzas. Outra vantagem carece do fácil transporte e armazenamento e pode ser obtido a partir de diferentes matérias-primas. Por conseguinte, ser adaptável a

diferentes locais. Estas vantagens têm levado a um aumento no comércio de pellets de alta qualidade ( Selkimäki et al., 2010; Monteiro et al., 2011; Mola-Yudego et al., 2014).

Portugal, desde 2006, tem vindo a ter um crescimento substancial no que se refere ao desenvolvimento da indústria dos aglomerados de madeira. O desenvolvimento tecnológico de combustão de pellets encontra-se em crescimento, tornando-se cada vez mais automatizado e permitindo uma fácil manutenção e utilização (Fernandes & Costa, 2010).

A resolução do conselho de Ministros nº29/2010, de 15 de Abril, que aprova a Estratégia Nacional para a Energia (ENE) 2020 estabeleceu uma estratégia com o Horizonte 2020 cujo principal objetivo é aumentar a produção de energia a partir de recursos endógenos (Resolução da Assembleia da República n.º 33/2010, 2010).

No que se refere à Biomassa a ENE 2020 compromete-se a dinamizar o centro de Biomassa para energia através da criação de um centro de investigação, certificação e coordenação global do setor da biomassa tendo em conta a capacidade científica e tecnológica já instalada em centros de investigação em áreas relacionadas. A ENE 2020, salientou ainda, a implementação da capacidade já atribuída de 250 Mw e a aprovação de medidas de promoção da produção de biomassa florestal (Resolução da Assembleia da República n.º 33/2010, 2010).

Em Portugal, mais de 90% dos pellets são exportados principalmente para o Norte da Europa. O consumo interno de pellets em Portugal é muito limitado e a sua contribuição é maioritariamente para a produção de energia (Monteiro et al., 2011).

Nos últimos anos, Portugal atingiu uma capacidade instalada de mais de 1 milhão de toneladas por ano. Há, no entanto, dois tipos de indústria de pellets em Portugal. Primeiramente, grandes fábricas de mais de 100 mil toneladas de capacidade anual são orientadas para a exploração de pellets industriais para grandes consumidores europeus. Estas fábricas são adquiridas por grandes investidores de energia com pouca ou nenhuma conexão com a silvicultura ou a indústria da madeira (Fernandes & Costa, 2010).

Em segundo lugar, produções mais pequenas de 4 mil a 50 mil toneladas/ano de pellets de biomassa que utilizam no seu processo de produção desperdícios de biomassa, vendo assim a oportunidade de converter resíduos de biomassa ou sub-produtos a uma fonte de energia primária, utilizando uma fonte de energia primária à escala local e regional, melhorando o setor agro-florestal pela presença e recuperação do meio ambiente e das paisagens tradicionais, reduzindo o risco de incêndios florestais e aumentando a diversificação energética (Fernandes & Costa, 2010; Monteiro et al., 2011).

### **2.3. O setor da Biomassa e o Horizonte 2020**

As políticas de gestão da procura energética surgiram nos anos 70 com a tentativa de controlar a inflação petrolífera, no entanto essas políticas são bastante diferentes das

políticas atuais. As políticas de gestão atuais procuram respostas a longo prazo valorizando as fontes mais tradicionais como as energias renováveis (Dias & Soares, 2014).

O Horizonte 2020 é um financiamento europeu para Investigação, desenvolvimento tecnológico e inovação que surgiu em 2014 com a finalidade aumentar a taxa de emprego, aumentar o investimento da UE na I&D, reduzir as emissões de gases com efeito de estufa; aumentar em 20% a eficiência energética, reduzir a taxa do abandono escolar, reduzir o número de pessoas em risco ou em situação de pobreza ou de exclusão social (European Commission, 2014).

O Horizonte 2020 inclui grandes investimentos em tecnologias chave (KET) e um melhor acesso ao capital e apoio às PME, apoiar a posição da UE como líder mundial em ciência, com um aumento do financiamento para o Conselho Europeu de Investigação (ERC) e reflete as prioridades da Estratégia da UE 2020, abordando as principais preocupações partilhadas por todos os europeus (European Commission, 2014).

Como metas principais o programa Horizonte 2020 estabeleceu o aumento da eficiência energética, a utilização de energia proveniente de fontes endógenas renováveis e a limitação, até 2020, das emissões de gases com efeito de estufa para os setores não cobertos pelo regime de comércio de emissões (Dias & Soares, 2014).

As emissões de GEE relativas às atividades de produção e uso de energia para o Horizonte 2020, resultam da solução de optimização encontrada num modelo de optimização de base tecnológica, de forma a satisfazer a procura de energia, respeitando os cenários de política e sem que haja qualquer alteração na redução às emissões de GEE (Comissão Europeia para Portugal, 2008).

Um outro aspeto fundamental reporta-se à articulação entre as políticas ambientais e as políticas energéticas, procurando um uso sustentável das fontes de energia renovável (Dias & Soares, 2014).

Portugal, no que concerne às alterações climáticas, apresenta como vantagens nacionais uma riqueza de recursos endógenos renováveis (água, vento, sol e biomassa). O uso de energias renováveis foi variando ao longo dos anos e, apesar da diminuição da percentagem do uso das energias renováveis em 2000, devido sobretudo ao aumento das industrializações, o consumo de energias renováveis voltou a aumentar (Figura 4) e, estima-se que continue a aumentar devido às medidas de apoio para a diminuição dos efeitos de estufa (Dias & Soares, 2014).

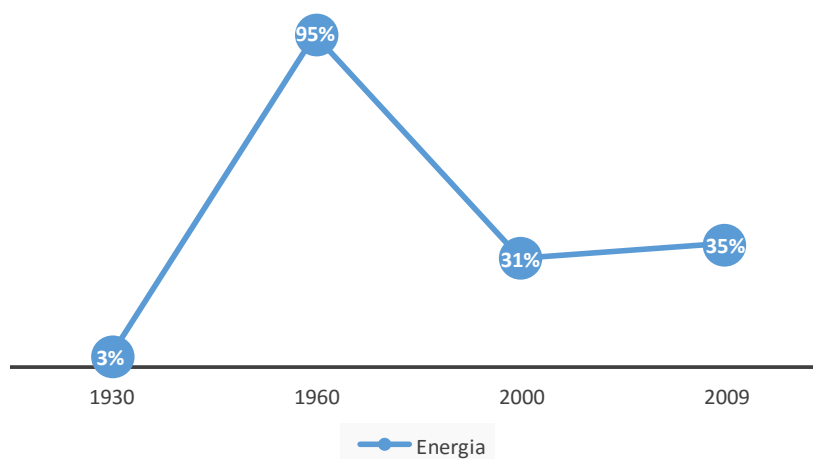


Figura 4-Uso de energias renováveis em Portugal (Dias & Soares, 2014).

## 2.4. Cadeias de abastecimento de biomassa

Durante a primeira década do século vinte cerca de 10% da procura de energia primária em todo o mundo, foi proveniente de combustíveis à base de biomassa e, essa necessidade tem aumentado cada vez mais (Junginger et al., 2014).

Os desequilíbrios internacionais de fornecimento e procura de biomassa, bem como os custos associados, são os drivers de uma crescente comercialização internacional de biomassa através de oportunidades de investimento e de negócio (Junginger et al., 2014).

A fim de equilibrar a procura/oferta dos mercados internacionais e otimizar os custos foi necessário o desenvolvimento de cadeias de fornecimento de biomassa sustentáveis (Junginger et al., 2014).

A Biomassa envolve cadeias de fornecimento complexas e, a sua disponibilidade pode ser volátil ou sazonal, vindo com uma enorme variedade de especificações. Uma ampla gama de players estão envolvidos e todos com diferentes agendas, formas de fazer negócios e poderes de negociação. São exemplos os agricultores individuais ou proprietários das terras, os fundadores do projeto, investidores privados e institucionais, empresas de transporte, comerciantes, entre outros (Junginger et al., 2014).

O comércio internacional também precisa de um ambiente competitivo e regulado, a fim de florescer sem prejudicar o ambiente. Os combustíveis de biomassa comercializados em todo o mundo precisam de seguir especificações comuns, tornando-os facilmente negociáveis e permitindo o desenvolvimento de instrumentos financeiros para gerenciar o risco dos contratos de fornecimento de longo e médio prazo que, por sua vez, são a base para os investimentos necessários ao longo de toda a cadeia de abastecimento (Figura 5) até ao utilizador final (Junginger et al., 2014).

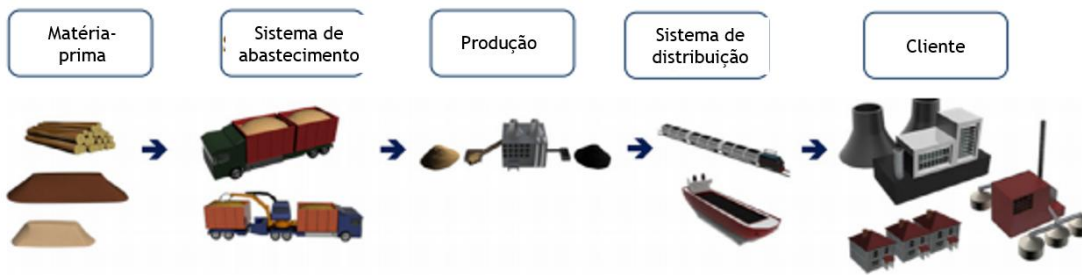


Figura 5- Cadeia de abastecimento da biomassa (Adaptado de: Svanberg & Halldórsson, 2013).

A produção de biomassa dedicada, cultura desenvolvida com o objetivo específico de aumentar a disponibilidade de matéria-prima para uma escala industrial, será o ponto inicial da maioria das cadeias de valor de biomassa, garantindo a segurança do fornecimento, os volumes totais absolutos de logística internacional e de qualidade de matéria-prima contínua para atender às especificações exigidas (Junginger et al., 2014).

Os cinco maiores produtores de pellets em 2014 foram os EUA (6,9 milhões de toneladas), Alemanha (2,1 milhões de toneladas), Canadá (1,9 milhões de toneladas), Suécia (1,6 milhões toneladas) e Letónia (1,3 milhões de toneladas). Juntos, sua produção foi responsável por 52% da produção global (FAO, 2014).

Os EUA, Canadá e Letónia são também os maiores exportadores e, juntamente com a Federação Russa e com Portugal exportam 9 milhões de toneladas o que perfaz 58% das exportações mundiais em 2014. No entanto, apenas os EUA está entre os maiores consumidores de pellets (FAO, 2014).

Como maiores importadores encontram-se o Reino Unido, Dinamarca, Itália, República da Coreia e Bélgica importando 11 milhões de toneladas de pellets de biomassa dos quais 4,8 milhões de toneladas são importados para o Reino Unido (FAO, 2014).

## 2.5. Processos de densificação da biomassa

Os biocombustíveis sólidos podem ser utilizados diretamente no processo de combustão ou podem ser processados de forma a obter biocombustíveis com características melhoradas a nível material e energético (pellets e briquetes, por exemplo) (Stelte et al., 2011).

O conceito de densificação surge para colmatar alguns problemas inerentes à utilização de biomassa como fonte de combustível, nomeadamente a sua baixa densidade e elevado teor de água que limitam a viabilidade de algumas aplicações (Stelte et al., 2011).

A densificação da biomassa apresenta como vantagens (Stelte et al., 2011):

- ✓ Maiores períodos de armazenamento;
- ✓ Aumento da densidade energética;
- ✓ Melhor rendimento térmico, tornando o custo por unidade de energia mais baixo;

- ✓ Facilidade de manuseamento e armazenagem da biomassa;
- ✓ Uniformização das dimensões;
- ✓ Redução do teor de humidade;
- ✓ Redução a emissão de partículas.

Os pellets tornaram-se populares em muitos países, especialmente na Europa, onde o mercado de pellets é hoje um grande negócio, estando, atualmente, em fase de rápido crescimento (Selkimäki et al., 2010).

Em alguns países, a oferta está a crescer mais rápido do que o uso doméstico, enquanto outros precisam de importar pellets para satisfazer a procura (Selkimäki et al., 2010).

A crescente procura por pellets tem, naturalmente, aumentado a oferta de pellets em termos de maior número de centrais elétricas de pelletização e as capacidades de produção. Assegurar a boa capacidade de pellets através da produção, entrega e manuseamento da cadeia de abastecimento é importante (Selkimäki et al., 2010).

A fim de aumentar a utilização de pellets e manter a capacidade competitiva com outros combustíveis é necessário assegurar a qualidade da matéria-prima, fatores importantes na qualidade do produto final (Selkimäki et al., 2010).

Nos próximos anos, uma limitação para o desenvolvimento do setor será a escassez de matéria-prima. Numerosas matérias-primas alternativas para a produção de pellets estão a ser investigadas, mas muitas delas apresentam limitações para os pequenos produtores, ou até mesmo numa escala média uma vez que os custos de secagem são elevados (Selkimäki et al., 2010).

Uma alternativa encontrada foi o uso de resíduos agrícolas. Na agricultura há resíduos que podem ser explorados para a produção de pellets tais como os resíduos agrícolas da poda de vinhas, olivas e árvores de fruta, casca e caroços de azeitona, resíduos da produção de cereais, tais como palhas e latos entre outros que podem ser recuperados (Monteiro et al., 2011).

Os resíduos provenientes de atividades agrícolas têm um forte potencial de uso para a produção de pellets. No entanto, a sua baixa densidade, dificuldade de recolha e incerteza na quantificação dos resíduos disponíveis reduz o interesse por este resíduo na produção de pellets (Monteiro et al., 2011).

Como desvantagem os pellets, provenientes de resíduos agrícolas produzem maior número de emissões e maior número de cinzas que os pellets provenientes de biomassa florestal ou de resíduos industriais (Monteiro et al., 2011).

### 2.5.1. Mercado de pellets

O mercado de aglomerados de madeira encontra-se em crescimento na Europa. Os objetivos da política da UE de 2020 para fontes renováveis de energia e redução de emissões de gases de efeito de estufa e o agravamento da situação de forte dependência de petróleo estão entre os principais fatores (Monteiro et al., 2011).

A UE é o segundo maior mercado de energia do mundo, com 450 milhões de consumidores, tornando-se líder mundial na gestão da procura, promoção de novas formas de energia renovável e no desenvolvimento de tecnologias de baixas emissões de CO<sub>2</sub> (García-Maroto et al., 2015).

O Canadá é ricamente dotado de recursos significativos de biomassa tornando-se uma indústria, na produção de pellets de biomassa, indústria em rápido crescimento (Magelli et al., 2009).

Os EUA, apesar de abundância de matéria prima para a produção de pellets de biomassa, representa menos de 2 % da geração de energia total. Ou seja, cerca de 800 mil toneladas por ano que são consumidas no mercado interno. Pelo contrario, o Canadá exporta cerca de 80% da sua produção para o mercado europeu, uma vez que a necessidade da Europa é superior à que esta pode produzir e a necessidade local do Canadá é muito inferior à produzida (Magelli et al., 2009; Xian et al., 2015).

Mesmo com as normas ambientais mais rigorosas, incluindo a Diretiva 2009 relativa às fontes de energia renováveis na UE, há uma série de forças no mercado europeu a incentivarem o uso do carvão, incluindo (Xian et al., 2015):

- ✓ Os preços do carvão a custos cada vez mais baixos devido à diminuição da procura dos EUA;
- ✓ Infraestruturas de gás natural e oleodutos em atraso;
- ✓ Preço do gás natural mais elevado;
- ✓ Reduzidos incentivos para a adoção da biomassa de pellets de biomassa.

De modo a colmatar este cenário, houve um aumento dos juros sobre a exportação de pellets do Canadá para a Europa para atender o aumento da procura de biocombustíveis em países europeus (Magelli et al., 2009).

A Comissão Europeia decidiu duplicar a contribuição financeira proveniente de energias renováveis de 6% para 12 % em 2010 (Magelli et al., 2009).

Estimulada pelos incentivos e créditos fiscais, a utilização da biomassa para a produção de eletricidade e para o aquecimento residencial tem vindo a crescer desde então muito rapidamente na Europa, com uma taxa de crescimento anual de cerca de 25%, Sendo

considerados como um componente essencial dos planos europeus para reduzir as emissões de GEE. (Magelli et al., 2009)

No entanto, os custos de produção de aglomerados de madeira europeus são, ainda, mais elevados do que os preços de importação (exceto Portugal), levando muitos países a importar estes aglomerados ou a usar outras formas de energia ao invés de os produzir internamente (Xian et al., 2015).

Atualmente, a logística é um dos principais obstáculos no comércio internacional de pellets de biomassa que apresenta entraves no que se refere ao uso de transportes adequados como os navios, usados para longas distâncias (exemplo do transporte para os portos de Vancouver e Prince Rupert), ou os caminhos de ferro usados quando os destinatários não se encontram próximos dos portos (como exemplo, neste caso, são usados para transportar os pellets de biomassa desses portos para British Columbia), portos e terminais desadequados para lidar com grandes fluxos de biomassa em determinadas regiões, taxas de transporte marítimo internacional elevadas, etc (Junginger et al., 2011).

No entanto, alguns destes problemas podem ser evitados através de um mercado regular que, além de permitir um baixo custo, permite controlar a maior parte das barreiras logísticas mencionadas (Junginger et al., 2011).

Uso de pellets de biomassa como uma alternativa de energia sustentável é um instrumento eficaz na luta contra as alterações climáticas, sendo a pelletização apresentada como um fator chave para o propósito de superar este obstáculo, e é por isso que a indústria de produção de pellets da madeira tem vindo a ter um crescimento económico considerável em todo o mundo (Nunes et al., 2015).

Portugal registou este desenvolvimento na indústria de aglomerados de madeira com um crescimento substancial desde 2006, quando a primeira grande fábrica de aglomerados de madeira começou a operar. No entanto, o mercado de aglomerados de madeira em Portugal carece de consumo interno uma vez que 90% é exportado para países como Inglaterra, Dinamarca, Bélgica e Suécia (Nunes et al., 2015).

O mercado Português de pellets consiste em pequenos consumidores diretos com pequenos e médios picos no período de inverno. Os principais setores de consumo de pellets em Portugal são o setor doméstico, dos serviços públicos e indústrias com necessidades de energia térmica (Nunes et al., 2015).

No contexto da produção de *pellets* de biomassa provenientes da silvicultura, indústria de transformação de madeira e resíduos agrícolas. Portugal é muito rico em matérias primas que podem ser utilizadas como fontes de bio-sólidos. Quase um terço do território é constituído por floresta, representando cerca de 2,05 milhões de hectares (Monteiro et al., 2011).

Os resíduos florestais das cortadas e limpeza de arbustos também podem servir como uma fonte de biomassa para a produção de pellets. A madeira como combustível é usada diretamente ou na forma processada (briquetes, pellets e aparas) (Monteiro et al., 2011).

Embora nos últimos anos a área florestal global não tenha mudado muito, existem alguns fatores que poderiam limitar o potencial viável de resíduos florestais em Portugal, em comparação com o potencial técnico. O primeiro fator é o fato de a extração de resíduos florestais removerem nutrientes do local. A remoção desses nutrientes do solo florestal pode levar a uma redução nas propriedades da floresta a longo prazo. O segundo fator depara-se com a possibilidade dessa recolha de resíduos florestais influenciar a biodiversidade do local, uma vez que a madeira morta serve como uma base de alimentos para os microrganismos (Monteiro et al., 2011).

### **2.5.2. Processo de produção de pellets**

A produção de *pellets* de biomassa é uma sequência de passos que inclui: pré-processamento, secagem, moagem, pelletização, refrigeração, triagem e acondicionamento tal como esquematizado na Figura 6 (Mani et al., 2006).

A necessidade de moagem durante o pré-processamento depende da condição da matéria-prima a ser utilizada, sendo normalmente usada para homogeneizar e misturar os materiais antes da pelletização. A secagem é também uma etapa de extrema importância para a qualidade do produto final uma vez que, a matéria-prima não deve apresentar um teor de humidade superior a 15%. Esta etapa facilita o processo de pelletização e garante a diminuição da quantidade de energia gasta na produção de pellets de biomassa (Monteiro et al., 2011; Nunes et al., 2013).

No passo seguinte, um moinho de martelos equipado com um crivo de 3,2 milímetros reduz o desperdício até a obtenção de um tamanho útil. O processo de pelletização é baseado na extrusão de resíduos de biomassa, através dos orifícios de uma matriz. Se o teor de humidade for demasiado baixa, pode ser necessário adicionar alguma água ou óleo vegetal para facilitar o processo de extrusão. Esta fase representa a maior parcela do consumo de eletricidade na produção de biomassa e a principal fonte de custos de manutenção (até 15% dos custos anuais de manutenção) (Monteiro et al., 2011; Nunes et al., 2013).

O processo de resfriamento pode não ser estritamente necessário e representa um baixo custo. Os granulados são geralmente arrefecida imediatamente após a pelletização, que ajuda a estabilizar a sua forma. Os sistemas de arrefecimento têm, frequentemente, uma das duas configurações básicas de funcionamento: o fluxo de ar horizontal ou vertical (Monteiro et al., 2011; Nunes et al., 2013).

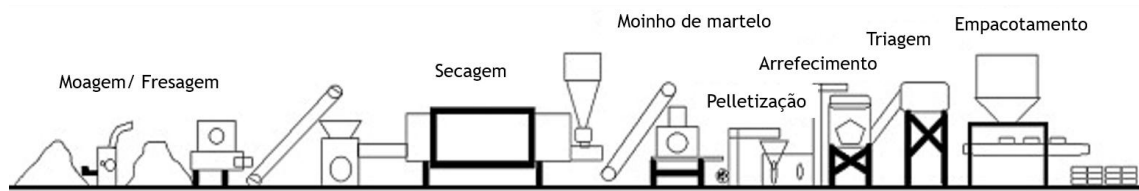


Figura 6- Disposição esquemática de uma linha de produção de pellets de biomassa (Nunes et al., 2013).

O fluxo vertical é o mais usado e, consiste numa corrente de ar forçada que entra em contacto com as pastilhas entrando no tubo no sentido contrário à corrente (Monteiro et al., 2011; Nunes et al., 2013).

O processo de triagem consiste na peneiração de forma a separar os resíduos finos dos pellets finalizados antes do seu embalamento. Os detritos recolhidos na peneira são devolvidos ao fundidor e reintroduzida no processo de pelletização. Se o teor de resíduos exceder 3% da quantidade total de produto crivado, significa que ocorreu um problema com a matéria-prima (teor de humidade ou dimensão das partículas) ou no próprio processo de pelletização e, torna-se necessário proceder à sua correção (Monteiro et al., 2011; Nunes et al., 2013).

A etapa final de um processo de produção de aglomerados industrial é o ensacamento do produto acabado; geralmente 15 kg o sacos para os consumidores residenciais, ou 700-1000 kg os sacos para as utilizações em grande escala. O sistema de ensacamento pode ser manual, semi- automática ou totalmente automática, dependendo do tamanho da central e das quantidades produzidas. Os pellets podem ser transportado em navios sendo descarregados através de um sistema de transporte pneumático (Monteiro et al., 2011; Nunes et al., 2013).

A pelletização é atualmente o processo usada no pré-condicionamento da biomassa sólida. Nos últimos dez anos foram existindo investimentos significativos em centrais elétricas de pelletização com o intuito de diminuir os custos e aumentar a sua diponibilidade para os mercados internacionais.

Apesar da Europa se apresentar como o principal país importador, foi no oeste do Canadá, Sudeste dos EUA e da Rússia que surgiram inúmeras unidades industriais de produção de pellets quase que totalmente voltadas para o comércio internacional de biomassa (Junginger et al., 2014)

O processo de pelletização reduz o teor de humidade da biomassa, aumenta a densidade energética, contribui para eficiência na combustão pela homogeneização em comparação com a biomassa em bruto, e permite um tamanho uniforme que possibilita a utilização em alimentação automática de caldeiras. A densidade a granel é também uma vantagem facilitando o manuseamento e transporte, fatores que tornam os pellets numa forma atraente

de energia provenientes da Biomassa (Selkimäki et al., 2010; Monteiro et al., 2011; i; Xian et al., 2015).

A pelletização cria uma queima limpa, combustível conveniente e energia a partir de resíduos fibrosos tais como o serrim e a estilha ou fitas de madeira (Magelli et al., 2009).

Embora as maiores unidades de pelletização do mundo estejam localizadas principalmente em regiões como a América do Norte e a Rússia, em 2013, foi na Europa que ocorreu a maior produção de pellets de biomassa como se pode ver na Figura 7.

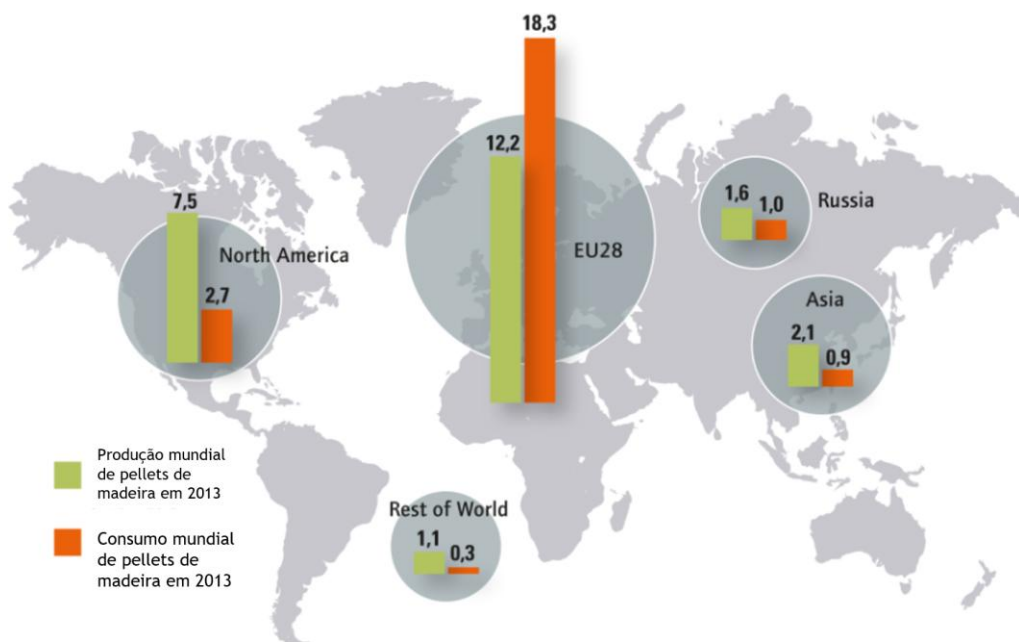


Figura 7-Distribuição da produção e consumo de pellets de biomassa no mundo em 2013 (AEBIOM, 2013).

## 2.6. Vantagens e Desvantagens

Em Portugal, a biomassa apresenta um vasto conjunto de oportunidades, das quais se deve salientar o aproveitamento das terras degradadas, existindo por isso grandes quantidades de resíduos florestais e resíduos sólidos urbanos, que favorecem a produção de energia através da biomassa (Nunes, Matias, & Catalão, 2013).

Enquanto fonte de energia renovável, a biomassa apresenta outras vantagens no uso particular de pellets, tais como:

- ✓ Uso fácil e conveniente, requerendo menor espaço de armazenamento quando comparados com outros combustíveis provenientes da biomassa (Breu, Guggenbichler, & Wollmann, 2008);
- ✓ Índice de energia elevado (Peksa-Blanchard et al., 2007);

- ✓ Produção de uma quantidade diminuta de resíduos sólidos e gasosos na fase de combustão (Breu et al., 2008);
  - ✓ Apresentam estabilidade associada ao preço quando comparado com os combustíveis fósseis (Biomass energy resource center, 2007);
  - ✓ O seu armazenamento é seguro, não há fugas nem perigo de explosão (Breu et al., 2008);
  - ✓ Os pellets de madeira ocupam muito menos espaço de armazenamento (Breu et al., 2008);
  - ✓ Apresentam uma disponibilidade permanente (Biomass energy resource center, 2007);
  - ✓ Forma sustentável de energia. A extração da matéria-prima necessária para a produção dos pellets contribui diretamente para a limpeza das florestas, traduzindo-se numa grande redução do risco de incêndios, uma vez que a matéria que ficaria ao abandono serve apenas para atear e propagar os fogos florestais (Peksa-Blanchard et al., 2007).
- Contribuem para a redução da dependência energética relativamente ao petróleo, gás e carvão (Breu et al., 2008);

Importa também salientar algumas desvantagens associadas à produção de pellets, das quais:

- ✓ A baixa densidade de energia, quando comparado com os combustíveis fósseis.
- ✓ Apresenta maior dependência na logística isto é, no que diz respeito ao transporte e armazenamento comparativamente ao gás, petróleo e eletricidade
- ✓ Sensível à humidade, necessitando de cuidados no seu armazenamento (Breu et al., 2008);
- ✓ Concorrência potencial com alimentos e alimentos para animais de produção
- ✓ Odor, emissão potencial e lixiviação de componentes perigosos durante a eliminação e tratamento térmico.

A competitividade dos pellets pode ser estudada fazendo uso de uma análise SWOT. A análise SWOT é um método que identifica os pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças e, neste estudo em particular, a análise SWOT foi utilizada como uma ferramenta de análise dos fatores críticos dos pellets de biomassa como recurso renovável como podemos analisar na Tabela 1.

Tabela 1- Análise SWOT da produção de pellets (elaboração própria).

Forças	Fraquezas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baixas emissões de CO<sub>2</sub>;</li> <li>• Combustão limpa;</li> <li>• Pequena quantidade de cinzas libertadas;</li> <li>• Fácil de manusear, usar e transportar;</li> <li>• Elevado poder energético;</li> <li>• Boa disponibilidade e baixo preço comparativamente com combustíveis fósseis;</li> <li>• Extensa variedade de aplicação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouco conhecimento por parte do consumidor;</li> <li>• Sistema de fornecimento de combustível insuficiente até ao momento;</li> <li>• Elevados custos de transporte e distribuição;</li> <li>• Preço dos equipamentos elevados;</li> <li>• Emissão de partículas.</li> </ul>
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instabilidade dos preços de importação de outros combustíveis;</li> <li>• Aumentos dos preços de eletricidade;</li> <li>• Novas políticas energéticas favoráveis;</li> <li>• Elevado potencial de crescimento;</li> <li>• Aumento das preocupações ambientais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouco desenvolvimento do setor de produção de pellets;</li> <li>• Redução dos preços de importação de outros combustíveis;</li> <li>• Outros recursos endógenos competitivos.</li> </ul>

# Capítulo 3 - Metodologia

## 3.1. Enquadramento

Investigação pode ser definida como sendo o melhor processo de chegar a soluções fiáveis de um problema, através de recolhas planeadas, sistemáticas e respetiva interpretação de dados. É uma ferramenta de máxima importância para incrementar o conhecimento e, deste modo, promover o progresso científico (Cohen et al., 2013).

No que concerne à abordagem do problema, os métodos de investigação podem ser classificados em quantitativos, quando tudo pode ser mensurado em números, classificado e analisado, utilizando-se técnicas estatísticas para tal, ou em qualitativos quando não são traduzíveis em números e, na qual se pretende verificar a relação da realidade com o objeto de estudo, obtendo várias interpretações de uma análise indutiva por parte do pesquisador (Dalfovo et al., 2008).

A escolha do método depende da natureza do problema, bem como de acordo com o nível de aprofundamento (Goldenberg, 2004).

## 3.2. Unidade de análise

Investigar é um esforço de elaborar conhecimento sobre aspetos da realidade na busca de soluções para os problemas expostos. E, considerado que uma investigação é conduzida para resolver problemas e para alargar conhecimentos é, portanto, um processo que tem por objetivo enriquecer o conhecimento já existente (Goldenberg, 2004).

Esta investigação desenvolve-se, assim, enquadrada por uma metodologia qualitativa, uma vez que o que se pretende não é explicar a realidade, mas sim compreendê-la.

Neste trabalho, o método utilizado foi o estudo de caso e, segundo Yin (2003) um estudo de caso é uma investigação empírica de um fenómeno atual no seu contexto real, especialmente quando os limites entre o fenómeno e o contexto não estão claramente definidos.

O interesse do estudo de caso incide no que ele tem de único, de particular, mesmo que posteriormente fiquem evidentes certas semelhanças com outros casos ou situações. Devemos escolher este tipo de estudo quando queremos estudar algo singular, que tenha um valor em si mesmo (Pinho, 2009). A análise de dados de um estudo de caso pode ser de três tipos:

- ✓ Interpretativa, que visa analisar ao pormenor todos os dados recolhidos com a finalidade de organizá-los e classificá-los em categorias, que possam explorar e explicar o fenómeno em estudo;
- ✓ Estrutural, que analisa dados com a finalidade de se encontrar padrões que possam clarificar e/ou explicar a situação em estudo; e

- ✓ Reflexiva, que visa, na sua essência, interpretar ou avaliar o fenómeno a ser estudado, quase sempre por julgamento ou intuição do investigador.

A pesquisa qualitativa tem na sua essência o uso da observação detalhada, baseando-se num modelo teórico da vida real realizado pelo investigador (Pinho, 2009).

Para Liebscher (1988) a abordagem qualitativa justifica-se quando o fenómeno de estudo é complexo e não tende para a quantificação. O seu objetivo fundamental é proporcionar uma melhor compreensão de um caso específico (Ponte, 1994).

No que respeita à “generalização” das conclusões e resultados de um estudo de caso, é necessário salientar que esta metodologia de investigação não tem o propósito de generalizar os resultados obtidos, mas sim de conhecer profundamente casos concretos e particulares (Yin, 2003).

A opção por uma abordagem qualitativa deve-se ao facto de o estudo de caso ser uma investigação empírica que investiga um fenómeno no seu ambiente natural, quando as fronteiras entre o fenómeno e o contexto não são bem definidas e múltiplas fontes de evidência são usadas (Yin, 2013), como acontece neste trabalho.

### **3.3. Análise dos dados**

A filosofia de estudo apresentada tem como finalidade analisar o setor de produção de biomassa em Portugal para a produção de pellets sob a perspetiva logística.

Para o efeito, procedeu-se à utilização do método de investigação qualitativo aquando da recolha e revisão cuidada da literatura já existente.

A colheita de dados pode-se basear em muitas fontes de evidências, nomeadamente na documentação, através de relatórios contabilísticos das atividades de logística; em entrevistas e pela observação direta (Tellis, 1997).

Neste estudo foi realizada uma análise pormenorizada de documentos e dados estatísticos da *Argus Biomass Markets* de modo a identificar cada um dos pontos fulcrais desta investigação.

O *Argus Biomass Markets* é uma das principais referências internacionais para os mercados emergentes de pellets de biomassa, trabalhando com os principais *players* do mercado e, ajudando no desenvolvimento de marcos de referência que facilitem transações e a gestão de risco no mercado de biomassa.

O objetivo é produzir avaliações de preços que são indicadores fiáveis e representativos de valores do mercado de mercadorias e estão livres de distorção. Como resultado, as moedas específicas, unidades de volume, localização e outros dados de uma avaliação são determinadas por convenções da indústria (Argus Biomass Markets, 2016).

Argus *Biomass Markets* é um relatório semanal que publica preços, comentários de mercado e custos de transporte no mercado de granel internacional para *pellets* de biomassa de grau industrial (Argus Biomass Markets, 2016).

Os relatórios Argus baseiam-se na análise informada dos dados de mercado, incluindo promoções, ofertas de compra e, os resultados de uma pesquisa semanal de participantes ativos do mercado. O estudo de mercado envolve participantes em cada segmento de mercado. A abordagem é metódica e padronizada e a informação de mercado é testado contra os pontos de vista dos participantes no mercado (Argus Biomass Markets, 2016).

Argus pede consistência a partir de fontes e pretende entrar em contato com a mesma fonte dentro de cada empresa a cada semana para evitar inconsistências. A informação é, sempre que possível, verificada e arquivada em bancos de dados (Argus Biomass Markets, 2016).

Os preços de exportação estão numa base FOB (*Free-on-board*) do porto de carregamento. Os preços de entrega estão numa base CIF (*cost-insurance-freight*), base para o porto de descarga para as avaliações de *pellets* industriais e numa base de entrega para as avaliações prémio de pelletização (Argus Biomass Markets, 2016).

ARA (Amesterdão, Roterdão e Antuérpia) representa o conjunto dos principais portos de importação dos pellets de Portugal, EUA e Canadá para os países da Europa Central e do Norte.

### **3.4. Análise do estudo de caso**

Nesta investigação são estudados os preços FOB para o mercado Português, EUA e Canadá e os preços CIF para os portos ARA.

O índice CIF ARA Argus baseia-se num ponto de entrega de 25.000 *pellets* de biomassa industriais nas ARA, onde "spot" é definido como a entrega no prazo de 90 dias. O índice CIF local ARA Argus é composto de uma média ponderada pelo volume de negócios feito para entrega dentro de um período de 90 dias, a mais vantajosa e firme oferta disponível para entrega durante esse período, e uma pesquisa das visualizações dos participantes no mercado do preço para entrega durante a mesma (Argus Biomass Markets, 2016).

Se um negócio é feito numa base de preço fixo num porto não considerado análogo a ARA e sem um diferencial de carga explícita a ARA, o Argus não tentará extrair um preço ARA-equivalente, e não irá incluir este negócio no índice. Se um negócio é feito numa base FOB, mas é acoplado em ARA, o valor total entregue na ARA serão incluídos no índice (Argus Biomass Markets, 2016).

A média de respostas da pesquisa de mercado para cada mês do período de 90 dias é publicado na página do Argus *Biomass Markets* de tal modo que o estudo de mercado foca-se nesses 90 dias, ou seja nos primeiros 3 meses do ano de 2016 (Janeiro, Fevereiro e Março).

## Capítulo 4 - Análise do caso de estudo

### 4.1. Caracterização do sector de biomassa de madeira para a geração de energia nacional e internacional

Com 13,5 milhões de toneladas de pellet de madeira produzida em 2014, a UE é o maior produtor do mundo no valor de cerca de 50% da produção mundial global. A produção da UE mostrou uma expansão contínua ao longo dos anos, com um crescimento de 35% de 2010 para 2014 e de 11% entre 2013 e 2014.

O norte da América é também um grande produtor de pellets encontrando-se em segundo lugar com cerca de 30% da produção mundial como mostra a Figura 8.

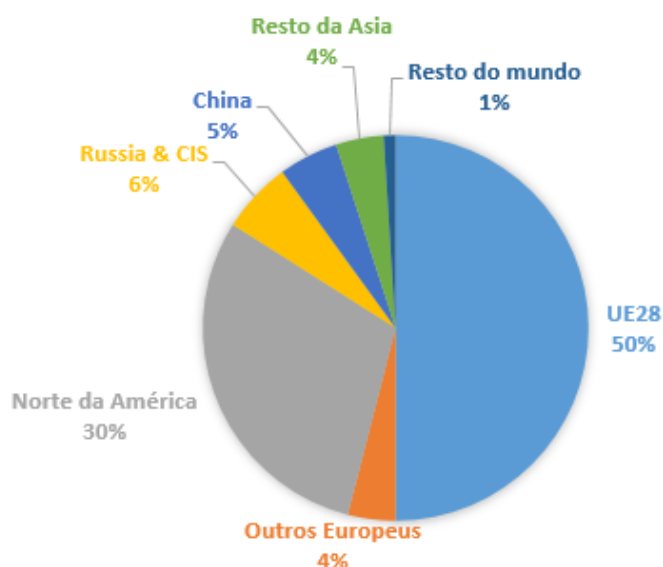


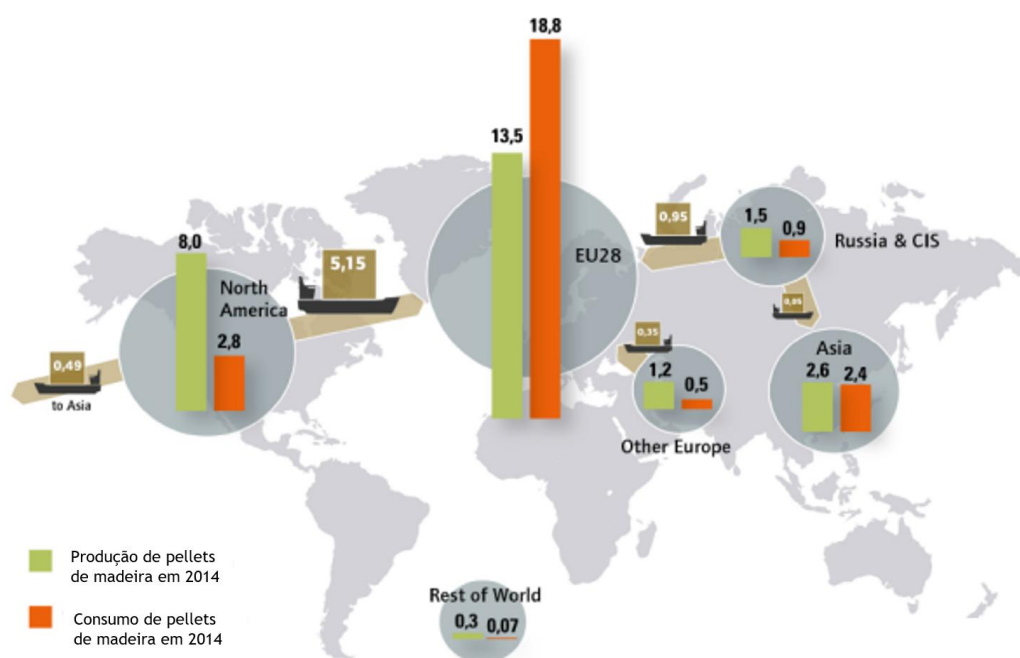
Figura 8- Produção de pellets no Mundo em 2014 (adaptado de: AEBIOM, 2015).

Dentro da União Europeia os maiores países importadores de pellets são o Reino Unido com 40%, a Dinamarca com 18% e a Itália com 16%. No que se refere às exportações dentro da União Europeia a Letónia controla o mercado com uma percentagem de 20%. Portugal encontra-se em segundo lugar com uma percentagem de 12% e logo de seguida a Estónia com 10% das importações (AEBIOM, 2015).

No entanto, apesar da UE ser a maior produtora de pellets, estes valores são inferiores ao consumo interno, em aproximadamente 74%, tendo de recorrer à sua importação, maioritariamente do norte da América nomeadamente dos EUA e Canadá (AEBIOM, 2015).

Em 2014, a UE exportou do Norte da América cerca de 5,15 milhões de toneladas de pellets, 0,95 milhões de tonelada da Rússia e CIS e 0,35 milhões de toneladas de outros países da Europa tal como podemos verificar através da Figura 9.

No que se refere à produção de pellets Portugal apresenta-se na UE como sendo o quinto país com valores mais elevados estimando-se uma produção de cerca de 1 milhão de toneladas. A Alemanha encontra-se em primeiro lugar com cerca de 2,1 milhões de toneladas e logo de seguida a Suécia com 1,6 milhões de toneladas, a Letónia com 1,3 milhões de toneladas e a França com 1 milhão de toneladas (AEBIOM, 2015).



**Figura 9- Caracterização das importações e exportações de pellets no mundo em milhões de toneladas ( AEBIOM, 2015).**

As áreas florestais nacionais e de pastagem dos EUA foram identificadas como de grande potencial no que se refere à matéria-prima para produção de pellets, correspondendo a uma área de aproximadamente 37 milhões de hectares (Kukrety, Wilson, D’Amato, & Becker, 2015; Tidwell, 2016).

Desde 2013 que, as exportações dos EUA para a União Europeia, aumentaram para quase 45% do comércio de pellets de biomassa (Galik & Abt, 2015). E, em 2015, 84% da sua produção foi exportada para o Reino Unido, ou seja aproximadamente 3, 7 milhões de toneladas de pellets de biomassa (Murray, 2016).

O Canadá é também um grande exportador de pellets de biomassa exportando cerca de 1,6 milhões de toneladas em 2015. Destes, 74% são exportados para o Reino Unido o que

corresponde a aproximadamente 1,1 milhão de toneladas de pellets de biomassa (Murray, 2016).

## **4.2. Barreiras à comercialização de pellets**

Uma das principais barreiras à comercialização de pellets depara-se com a padronização de pellets. Alguns países da Europa têm padrões de pelletização que diferem entre si, dificultando a exportação dos mesmos (Junginger et al., 2008).

Devido ao rápido desenvolvimento do mercado internacional de pellets a Europa criou, em 2010, um projeto de Certificação de qualidade dos pellets designado ENplus (ENplus, 2015)

O principal objetivo do projeto europeu foi o de criar e implementar um sistema ambicioso e uniforme de certificação para pellets na Europa usado nos mercados Europeus e nas suas importações (Enplus, 2015).

O ENplus versão 3, versão que entrou em vigor em 1 de Agosto de 2015, é a versão atualmente usada para assegurar a qualidade do produto no que concerne à certificação do produto, certificação da cadeia de abastecimento e certificação da gestão da qualidade. Outro aspeto importante foi a criação de um certificado prestador de serviço ou seja, as empresas de transporte, armazenamento, ensacamento e entregas aos clientes de pellets também têm normas específicas para que a qualidade do produto seja assegurada (ENplus, 2015).

O esquema de certificação abrange os seguintes pontos essenciais com base nos padrões de referência entre parênteses:

- ✓ Requisitos sobre matérias-primas e as propriedades do produto (ISO 17225-2);
- ✓ Requisitos na gestão da qualidade na produção de aglomerados de madeira e manuseamento (ISO 9001, EN 15234-2);
- ✓ Requisitos relativos ao controlo, acompanhamento e declaração, desde a matéria-prima até o produto final entregue ao cliente;

As especificações para controle de qualidade interno garante que os requisitos do produto são mantidos permanentemente, sendo definidos requisitos sobre o desempenho do equipamento técnico, procedimentos operacionais e documentação levando a um rápido rastreamento e resolução de problemas. Tais exigências, relativamente á rotulagem e gestão de reclamações, garantem uma alta satisfação do cliente.

A ENplus compromete-se assim a cobrir toda a cadeia de fornecimento de aglomerados de madeira desde a sua produção até ao seu usuário final (ENplus, 2015).

O sucesso de ENplus coincide com o rápido crescimento do sector europeu e pellet Mundial, que viu um aumento importante ao longo dos anos. Com este rápido desenvolvimento a necessidade de uma harmonização de alta qualidade da pelota, sistema de certificação de confiança era aparente. Com o lançamento do sistema de certificação, o mercado de pelotas ENplus assistido a uma expansão rápida e atualmente mais de 6 milhões de toneladas provenientes de 37 países dos 5 continentes estão certificadas pela ENplus, sendo disso exemplos Portugal, Reino Unido e Canadá.

De forma a assegurar a qualidade dos pellets a ENplus criou 3 classes distintas:

- ✓ ENplus A1
- ✓ ENplus A2
- ✓ ENplus B

Cada classe está associada ao tipo de matéria prima lenhosa usado conforme indicado na Tabela 2, estando a definição da matéria prima exposta na norma ISO 17225-1.

**Tabela 2- Tipos de madeira permitidos na produção de pellets (Enplus, 2015).**

ENplus A1	ENplus A2	ENplus B
1.1.3 Madeira de tronco <sup>a)</sup>	1.1.1 Árvore inteira sem raízes <sup>a)</sup>	1.1 Madeira virgem da floresta, plantações e outros <sup>a)</sup>
1.2.1 Resíduos e subprodutos não tratados quimicamente da indústria de processamento da madeira <sup>b)</sup>	1.1.3 Madeira de tronco <sup>a)</sup>	1.2.1 Resíduos e subprodutos não tratados quimicamente da indústria de processamento da madeira <sup>b)</sup>
	1.1.4 Resíduos de exploração florestal <sup>a)</sup>	1.3.1 Madeira usada não tratada quimicamente <sup>c)</sup>
	1.2.1 Resíduos e subprodutos não tratados quimicamente da indústria de processamento da madeira <sup>b)</sup>	

a) Madeira que tenha sido tratada externamente com conservantes contra ataques de insetos, não é considerado como madeira tratada quimicamente, se os parâmetros químicos dos pellets cumprirem os limites e/ou as concentrações sejam demasiado pequenas para representarem preocupação.

b) Níveis negligenciáveis de cola, gordura ou outro tipo de aditivos usados na transformação da madeira em serrações ou na produção de madeira através de madeira virgem são aceitáveis, se os parâmetros químicos dos pellets cumprirem os limites e/ou as concentrações sejam demasiado pequenas para representarem preocupação.

c) Madeira de demolição está excluída. Madeira de demolição é proveniente da demolição de edifícios ou de instalações de engenharia civil.

Relativamente às propriedades que estes devem apresentar são enumeradas na Tabela 3.

Tabela 3- Parâmetros mais importante dos pellets (Enplus, 2015)

Propriedade	Unidade	ENplus A1	ENplus A2	ENplus B	Norma de ensaio <sup>11)</sup>
Diâmetro	mm	6 ± 1 ou 8 ± 1			ISO 17829
Comprimento	Mm	3,15 < L ≤ 40 <sup>4)</sup>			ISO 17829
Humidade	w-% <sup>2)</sup>	≤ 10			ISO 18134
Cinza	w-% <sup>3)</sup>	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0	ISO 18122
Durabilidade mecânica	w-% <sup>2)</sup>	≥ 98,0 <sup>5)</sup>	≥ 97,5 <sup>5)</sup>		ISO 17831-1
Finos (<3,15 mm)	w-% <sup>2)</sup>	≤ 10 <sup>6)</sup> ( ≤ 0,5 <sup>7)</sup> )			ISO 18846
Temperatura dos pellets	°C	≤ 40 <sup>8)</sup>			-
PCI	kWh/kg <sup>2)</sup>	≥ 4,6 <sup>9)</sup>			ISO 18125
Densidade Aparente	Kg/m <sup>3 2)</sup>	600 ≤ BD ≤ 750			ISO 17828
Aditivos	w-% <sup>2)</sup>	≤ 2 <sup>10)</sup>			-
Azoto	w-% <sup>3)</sup>	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0	ISO 16948
Enxofre	w-% <sup>3)</sup>	≤ 0,04	≤ 0,05		ISO 16994
Cloro	w-% <sup>3)</sup>	≤ 0,02		≤ 0,03	ISO 16994
Temperatura de Deformação da cinza <sup>1)</sup>	°C	≥ 1200	≥ 1100		CEN/TC 15370-1
Arsénio	w-% <sup>3)</sup>	≤ 1			ISO 16968
Cadmio	w-% <sup>3)</sup>	≤ 0,5			ISO 16968
Crómio	w-% <sup>3)</sup>	≤ 10			ISO 16968
Cobre	w-% <sup>3)</sup>	≤ 10			ISO 16968
Chumbo	w-% <sup>3)</sup>	≤ 10			ISO 16968
Mercúrio	w-% <sup>3)</sup>	≤ 0,1			ISO 16968
Níquel	w-% <sup>3)</sup>	≤ 10			ISO 16968
Zinco	w-% <sup>3)</sup>	≤ 100			ISO 16968

1) cinza produzida a 815 °C

2) tal e qual

3) base seca

4) Um máximo de 1% dos pellets poderá ultrapassar os 40mm. Não são permitidos pellets com mais que 45mm

5) No ponto de carregamento do veículo de transporte (camião, navio) no local da produção

6) À porta da fábrica ou aquando do carregamento de um camião para entrega a clientes finais (Entrega de carga total ou parcial)

7) À porta da fábrica, aquando do enchimento de sacos de pellets ou de Big Bags selados

8) No ultimo ponto de carregamento para entregas por camião ao cliente final (Entrega de carga total ou parcial)

9) Igual ≥ 16,5 MJ/kg tal e qual

10) O teor de aditivos na produção deverá estar limitado a 1,8 w-%, sendo o teor máximo de aditivos na pós produção (ex.: óleos de revestimentos) limitado a 0,2 w-%.

11) Até que as normas ISO mencionadas não sejam publicadas, as análises devem ser realizadas de acordo com as normas CEN.

### 4.3. Custos logísticos associados com a exportação de pellets de biomassa de Portugal, EUA e Canadá para os portos ARA;

Os pellets de biomassa são um combustível renovável produzido principalmente a partir de resíduos de serraria. São usados como combustível para sistemas de aquecimento residenciais, bem como para queimadores industriais. São um combustível refinado, que pode ser danificado durante o manuseamento. Assim, a gestão da qualidade deve abranger toda a cadeia de abastecimento, desde a escolha da matéria-prima até à sua entrega ao usuário final.

A logística é um principal desafio no comércio internacional de pellets especialmente nos países exportadores como Portugal (Junginger et al., 2008).

A produção de pellets é o passo mais importante no processo e contribui significativamente para o custo final, sendo os principais passos a recolha de matéria-prima, a produção pellets e a sua distribuição (Monteiro et al., 2011). Para estimar os custos da recolha de resíduos florestais, deve-se estar ciente de que o processo de colheita da biomassa na floresta, em particular, ramos, tops e casca de árvores é normalmente feito com a ajuda de máquinas e mão-de-obra (Monteiro et al., 2011).

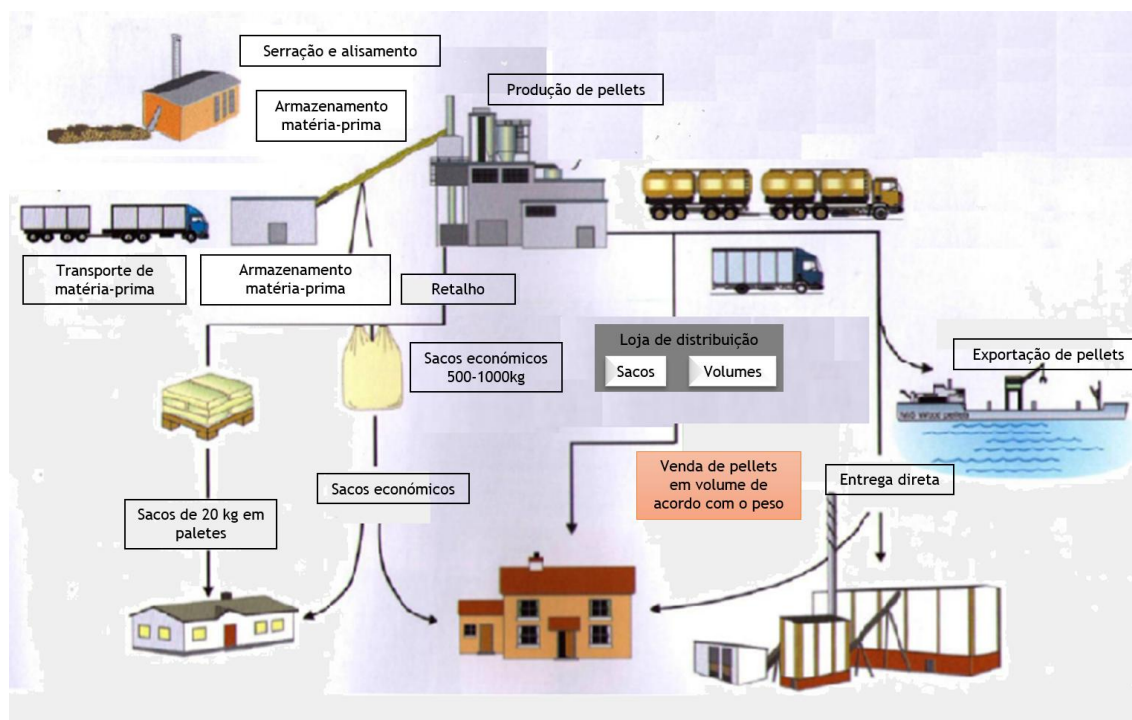


Figura 10- Fluxo logístico de produção e exportação de pellets (Sénéchal & Grassi, 2009).

O custo associado a esta operação pode variar significativamente, e a dispersão do material no solo da floresta, as irregularidades do terreno e o difícil acesso são os principais fatores limitadores desta operação (Monteiro et al., 2011).

A principal desvantagem do transporte de resíduos florestais é a sua baixa densidade. Por esta razão, a recolha de resíduos de floresta, no seu estado primário está limitado a curtas distâncias. Assim, é importante reduzir este desperdício para uma forma mais compacta, através do aumento da sua densidade e melhoria da sua gestão (Monteiro et al., 2011).

O consumo de energia e de manutenção podem variar de acordo com o tamanho e o tipo de processamento de biomassa e, os custos de distribuição são associados com o transporte e embalagem (Monteiro et al., 2011).

No estudo de caso que iremos apresentar são analisados os custos de produção (desde a sua recolha até ao produto final) e de transporte como um todo, uma vez que este estudo foca-se essencialmente no custo final para o consumidor final, no entanto é de salientar que apesar de omissos estes valores são de extrema relevância aquando da obtenção do preço final.

Os pellets são exportados em toneladas mas o seu valor é pago por GJ de energia. De notar que por cada tonelada de pellets de biomassa temos em média 17 GJ de energia. Este valor de referência, é normalmente usado para calcular a energia total transportada por cada navio com carga completa, de forma a termos uma ideia da quantidade de energia que o comprador irá receber.

O levantamento dos dados relativos aos custos iniciou-se na zona de Amsterdão, Roterdão e Antuérpia (ARA) - principais portos da Europa para transbordos de pellets internacionais, e comumente utilizada para o transporte do carvão. São responsáveis pela distribuição dos pellets que chegam ao porto, vindos de Portugal, EUA e Canadá, para ARA.

E, através da Argus Biomass Markets foi possível recolher dados sobre os custos estimados CIF e FOB associados à exportação de pellets de biomassa, assim como sobre os navios utilizados na exportação dos mesmos. Com estes dados, os custos de transporte e o custo por GJ que o comprador paga pelos pellets de biomassa foram também analisados e serão apresentados mais a frente. Em Portugal preços FOB, preços associados ao custo de produção mais o custo de transporte, seguro e custos associados ao carregamento do navio, Portugal no início do ano apresentava um valor de 113,96 €/t na exportação de pellets de madeira. Este valor diminuiu ao longo dos primeiros meses. Na primeira semana de Abril apresentava um valor de 104,75€/t exportada para os portos ARA.

No Canadá o valor FOB nos primeiros 90 dias do ano (spot) era em média 119,5\$/t, o correspondente a 107€/t de pellets de biomassa exportados para os portos ARA.

Este preço é mais elevado nos EUA que apresenta, em média, um valor spot FOB de 125\$/t, o equivalente a 111,93 €/t exportada.

Relativamente aos preços CIF ARA, preço FOB mais seguro do transporte dos pellets do porto de partida ao porto de chegada e do frete, no início do ano de 2016 (Janeiro) eram de aproximadamente 152,23\$/t, o correspondente a 136,31€/t exportada (Tabela 4). Contudo, este valor foi diminuindo estando, na primeira semana de Abril nos 138,76 \$/t, ou seja 124,25€/t de pellets de biomassa exportada para os portos ARA.

No Canadá e nos EUA os valores CIF ARA nos primeiros três meses do ano encontravam-se entre 135-140 \$/t exportada e, o balanço para Abril foi de 136,42 \$/t, o equivalente a 122,15 €/t exportada para os portos ARA. A taxa de Cambio utilizada na conversão é de 1,1168 dólares americanos, referente ao valor de cambio da data da realização dos cálculos (Banco de Portugal, 2016).

Para o estudo em questão iremos utilizar os preços spot dos primeiros três meses do ano, tal como apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4- Preços associados à exportação de pellets**

	<b>FOB (€/T)</b>	<b>CIF ARA (€/T)</b>
<b>PORTUGAL</b>	111,77	136,31
<b>CANADÁ</b>	107,00	122,15
<b>EUA</b>	111,93	122,15

A Tabela 4 sintetiza os preços estimados para os países em estudo. De salientar que os valores apresentados são uma média das unidades de produção de pellets, responsáveis pelo preço FOB, e de uma média dos portos de exportação de pellets, que detêm os preços CIF das exportações, para os portos ARA.

Os navios de transporte usados nos diferentes países têm capacidades distintas. Portugal exporta pellets de biomassa em barcos com capacidade de 3 500 toneladas, os EUA em barcos com capacidade para 25 000 toneladas e, com capacidades mais elevadas o Canadá com 45 000 toneladas de pellets de biomassa tal como indica a Tabela 5.

Portugal apresenta uma dimensão inferior de capacidade dos navios uma vez que o principal porto para a saída de pellets é o porto de Aveiro e, este não possui águas profundas o que impede que navios de grande porte atraiam, pelo que os barcos graneleiros são os mais frequentes.

A diferença entre o valor CIF e o valor FOB permite-nos obter informações sobre o preço a pagar por cada tonelada de pellets. Sabendo que cada tonelada corresponde a 17 GJ, valor

médio de referência dos pellets, podemos calcular o custo do transporte por GJ de energia (Equação 1).

Equação 1

$$\frac{CIF - FOB}{17} = \text{Custo de transporte (€/GJ)}$$

Para além deste valor, a quantidade de energia por cada navio de pellets de madeira é também importante que seja determinada, utilizando para tal a seguinte Equação:

Equação 2

$$\text{Capacidade do navio} \times \text{Energia} = \text{GJ navio carregado}$$

O valor aproximado do custo de transporte do navio para cada um dos países pode ser também determinado com os dados previamente apresentados recorrendo à fórmula:

Equação 3

$$\text{Custo de transporte} \times \text{GJ navio carregado} = \text{GJ navio carregado}$$

É possível analisar também o custo por cada GJ de energia. Este valor é o valor normalmente usado pelos importadores para analisar os preços de compra. Este valor pode ser obtido através da equação 4.

Equação 4

$$\frac{CIF}{\text{Energia}} = \text{Custo por GJ}$$

Tabela 5- Energia e os custos estimados para o transporte por GJ.

	PORTUGAL	CANADÁ	EUA
ENERGIA (GJ/T)	17	17	17
CAPACIDADE DO NAVIO (T)	3 500	45 000	25 000
CUSTO DE TRANSPORTE (€/GJ)	1.44	0.89	0.60
GJ DO NAVIO CARREGADO	59 500	765 000	425 000
PREÇO TOTAL DO TRANSPORTE (€)	85.68	680.85	255.00
CUSTO POR GJ PARA COMPRADOR	8.01	7.19	7.19

Estes valores são valores estimados dos custos logísticos associados ao transporte de pellets. No entanto, existem outras variáveis logísticas associadas à exportação dos mesmos.

Do ponto de vista da sustentabilidade industrial, para que um navio seja totalmente carregado é necessário o transporte por camiões das centrais de pelletização até aos terminais dos portos correspondentes. Um camião dedicado ao transporte de pellets leva em média 40 toneladas de pellets (Hamelinck et al., 2005). Para Portugal apenas serão necessárias aproximadamente 88 viagens de camião, mas no caso do EUA serão necessárias 625 viagens e para o Canadá uma média de 1125 viagens de camião até aos terminais. Estes cálculos podem ser obtidos através da seguinte fórmula:

**Equação 5**

$$\frac{\text{Capacidade do navio}}{\text{Capacidade do camião}} = \text{viagens necessárias}$$

Outra questão logística depara-se com a distância entre as fábricas de pelletização e os portos e das distâncias do porto ao porto ARA tal como podemos analisar na Tabela 6.

**Tabela 6-Distância de transporte associados à exportação de pellets.**

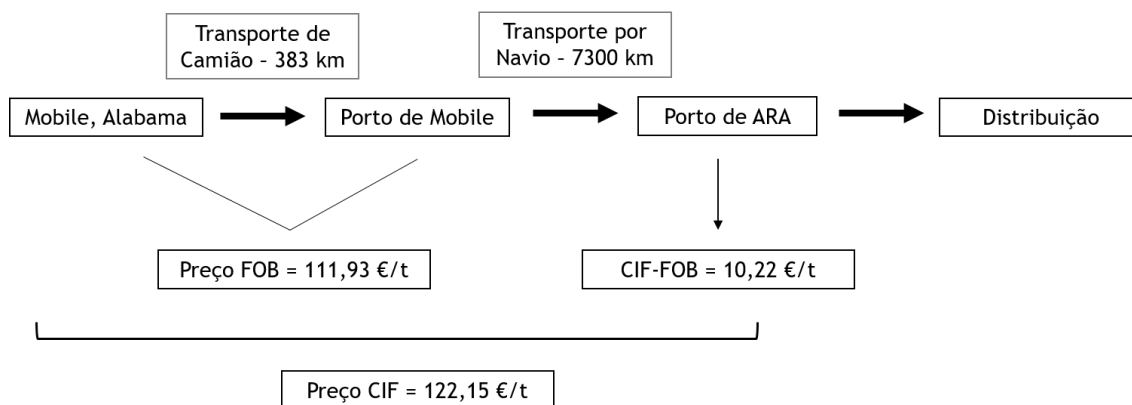
	<b>UNIDADE DE PRODUÇÃO DE PELLETS - TERMINAL DO PORTO</b>	<b>TERMINAL DO PORTO - ARA</b>
<b>PORTUGAL</b>	200 km	2000 km*
<b>EUA</b>	383 km	7300 km*
<b>CANADÁ</b>	550 km	6400 km*

\* <http://www.distance-cities.com>

Na Figura 11 é possível visualizar um exemplo do fluxo de exportação de pellets dos EUA desde o centro de pelletização até ao porto de chegada, custo CIF de aproximadamente 122,15 €/t.

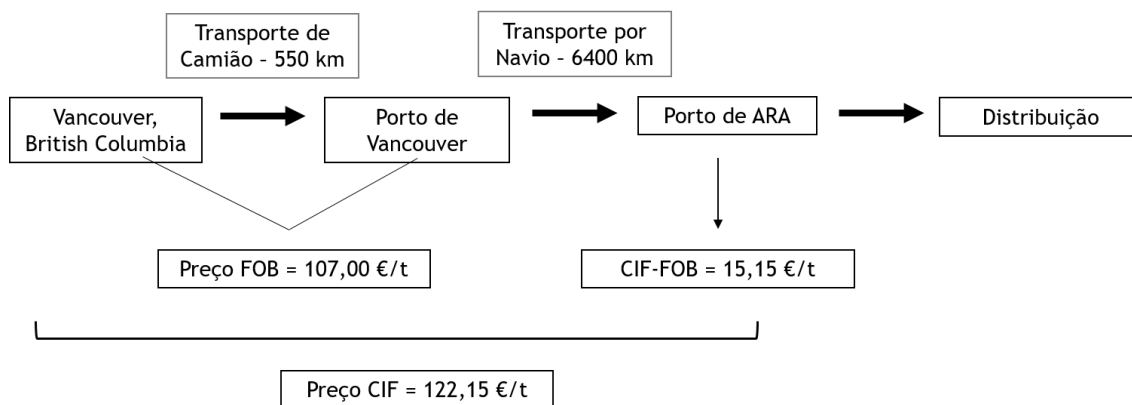
Os pellets inicialmente são exportados de uma central de pelletização, neste caso Mobile, situado no Alabama (EUA), e, de seguida, são transportados ao longo de aproximadamente 383km até ao porto de Mobile (porto normalmente usado). Os pellets são posteriormente carregados para o navio. Este processo está associado ao custo FOB com valor aproximado de 107€/t, ou seja, o custo de transporte, seguro e carga do navio.

Uma vez no navio são transportados por aproximadamente 7300km até ao porto de chegada ARA onde é descarregado para posterior distribuição. Este processo está associado ao custo CIF-FOB, aproximadamente 10,22 €/t.



**Figura 11- Exemplo do fluxo de exportação do EUA para ARA.**

Um exemplo do fluxo de exportação de pellets do Canadá desde o centro de pelletização até ao porto de chegada é exemplificado na Figura 12, custo CIF de aproximadamente 107 €/t.

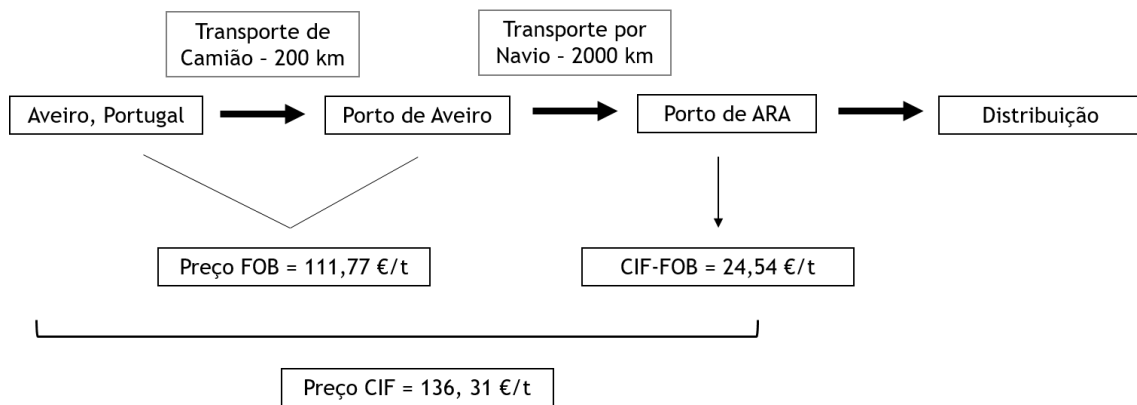


**Figura 12- Exemplo do fluxo de exportação do Canadá para ARA.**

Os pellets inicialmente são exportados de uma central de pelletização, neste caso Vancouver, situado em Brithish Colômbia (Canadá), e, de seguida, são transportados ao longo de aproximadamente 550km até ao porto de Vancouver (porto normalmente usado). Os pellets são posteriormente carregados para o navio. Neste caso, o valor FOB do processo é de aproximado de 107€/t.

Uma vez no navio são transportados por aproximadamente 6400km até ao porto de chegada ARA onde é descarregado para posterior distribuição. Este processo está associado ao custo CIF-FOB, aproximadamente 15,15 €/t.

Para Portugal, o exemplo é demonstrado na Figura 12 e, o fluxo de exportação de pellets apresenta um custo CIF de aproximadamente 136,31 €/t.



**Figura 13- Exemplo do fluxo de exportação de Portugal para ARA.**

Os pellets são exportados da central de pelletização, neste caso em Aveiro, (Portugal), e, de seguida, são transportados ao longo de aproximadamente 200km até ao porto de Aveiro e, posteriormente, carregados para o navio. O custo FOB representa o valor aproximado de 111,77€/t.

Uma vez no navio são transportados por aproximadamente 2000km até ao porto de chegada ARA onde é descarregado para posterior distribuição. Este processo está associado ao custo CIF-FOB, aproximadamente 24,54 €/t.

De notar que existem outros centros de pelletização e outros portos para cada um dos países mencionados. Os dados apresentados são meramente exemplos e os valores a eles associados são uma estimativa dos valores reais.

# Capítulo 5

## Conclusões

A conversão da biomassa em energia (designada bioenergia) engloba uma vasta gama de diferentes tipos e fontes de biomassa, opções de conversão, aplicações e requisitos de infraestruturas. Os problemas relacionados com a dificuldade de transporte e de armazenamento, levaram à necessidade de encontrar combustíveis sólidos, com uma densidade mais elevada e uma maior dureza, conhecida como pellets e briquettes. A necessidade de encontrar energias limpas e renováveis tornou-se imperativa.

Como acontece com qualquer fonte de energia existem limitações sobre o uso e aplicabilidade da biomassa e que deve competir não só com os combustíveis, mas também com outras fontes de energias renováveis, como a eólica, solar e das ondas.

O conjunto de especificidades refletidas no setor florestal, complementadas com uma conjectura de incentivo à produção de energias endógenas, tem-se traduzido nos últimos tempos, num conjunto de desenvolvimentos que potenciam a procura de biomassa florestal residual, para um aproveitamento energético.

A utilização da biomassa como fonte alternativa de energia pode ser um vetor para instigar o desenvolvimento sustentável do país, contribuindo para a criação de emprego e de novas oportunidades de negócio, tais como a indústria de produção de pellets, promovendo a fixação de trabalhadores nos campos, criando riqueza e melhorando a qualidade de vida dos cidadãos.

Os pellets surgem como forma de rentabilização, visto que na sua forma natural, a biomassa não é prática nem rentável, no que se refere essencialmente ao seu transporte, armazenamento e modo de conversão em energia, devido ao seu grande volume e baixa densidade aparente.

O mercado dos pellets é caracterizado essencialmente por pellets produzidos a partir de serrim de madeira, com relevância para o de pinho, essencialmente proveniente de serrações ou empresas da indústria de transformação de madeira. Estes primam pelas boas características a nível de poder calorífico, que ronda os 17 GJ/t, baixo teor de humidade e percentagens de cinza para que se encontrem dentro da gama de valores expressos na norma que regulamenta o setor (EN 14961-2), permitindo a sua certificação de qualidade ENplus.

É uma alternativa competitiva em muitas situações, mas isso é geralmente observado, onde os baixos custos de resíduos de biomassa estão disponíveis.

A fim de tornar a utilização da bioenergia, competitiva com os combustíveis fósseis, as tecnologias de conversão, a produção de biomassa, bem como os sistemas totais de bioenergia, exigem um maior desenvolvimento e optimização. Portugal como vantagem apresenta uma diversidade e riqueza de recursos endógenos renováveis.

Neste estudo foram analisados os custos FOB e CIF de Portugal, EUA e Canadá, no que se refere à exportação de pellets, para uma posterior análise dos custos de transporte associados e da quantidade de energia transportada.

Em termos dos custos de transporte foi possível visualizar, através dos calculos efetuados, o valor em Euros por tonelada e, Portugal, apesar de corresponder à distância mais curta no que se concerne ao transporte, apresenta um valor significativo com 1,44 €/GJ de energia. Logo de seguida encontra-se o Canadá com um valor de 0,89 €/GJ e com um custo economicamente mais favorável apresenta-se os EUA com um valor de 0,60 €/GJ de energia.

Os valores em Euros por GJ de energia são mais baixos no Canadá e nos EUA com um valor de 7,19€/GJ. Portugal apesar de apresentar um valor mais elevado com 8,01€/GJ apresenta outras vantagens no que se refere à sustentabilidade.

Comparativamente aos EUA e ao Canadá apresenta uma distância, entre as centrais de pelletização e o terminal do porto e entre o terminal de saída e entrada dos portos, inferior. Teoricamente, uma vez que os quilómetros percorridos são inferiores e o tempo de chegada dos pellets de biomassa será também inferior.

De salientar que, a diferença em termos de volume transportado por navio é distinta de país para país, de tal forma que a quantidade de volume exportada será diferente e, por conseguinte o tempo de carregamento do navio está dependente da quantidade que é necessária carregar.

Para a análise de viabilidade das exportações é crucial dispor de informação rigorosa sobre a disponibilidade de biomassa considerando todos os factores que limitam a sua exploração a nível ambiental e económico. Assim sendo, devem ser alvo de consideração todos os factores que afectam a quantidade e o preço a que a biomassa é entregue à porta da central de pelletização. Também, perante a incerteza associada à disponibilidade do recurso, conclui-se que é importante definir um plano de aprovisionamento da biomassa que garanta um fluxo de abastecimento constante. Embora o estudo realizado não permita aferir custos associados à sua utilização, dá-nos uma ideia dos valores reais.

## Referências

- AEBIOM. (2015). AEBIOM Statistical Report 2015. *European Bioenergy*.
- Agar, D., Gil, J., Sanchez, D., Echeverria, I., & Wihersaari, M. (2015). Torrefied versus conventional pellet production - A comparative study on energy and emission balance based on pilot-plant data and EU sustainability criteria. *Applied Energy*, 138, 621-630. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.017>
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2014). Conceitos de biomassa, biorresíduos e resíduos biodegradáveis, 3-6.
- AIFF. (2013). Estudo prospetivo para o setor florestal. *Associação Para a Competitividade Da Fileira Florestal*.
- APREN. (2016). Eletricidade de origem renovável em Portugal continental. *Boletim Energias Renováveis*, (January 2016).
- Argus Biomass Markets. (2016). Methodology and specifications guide. *Argusmedia*, 1-8.
- Assembleia da República. (2013). Comissão de agricultura e mar - Grupo de trabalho da biomassa. <http://doi.org/978-972-556-613-8>
- Banco de Portugal. (2016). conversão banco de portugal (2016-05-27).
- Biomass energy resource center. (2007). Wood pellet heating.
- Breu, F., Guggenbichler, S., & Wollmann, J. (2008). *Bioenergia- manual sobre tecnologias, projecto e instalação*. Vasa. Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2013). *Research Methods in Education (6th Ed)*.
- Comissão Europeia. (2010). DIRECTIVA 2010/75/UE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 24 de Novembro de 2010 relativa às emissões industriais (prevenção e controlo integrados da poluição). *Jornal Oficial Da União Europeia*.
- Comissão Europeia para Portugal. (2008). Avaliação Do Impacto Da Proposta Energia -Clima da Comissão Europeia para Portugal.
- Conselho Europeu. (2014). Conselho Europeu (23 e 24 de outubro de 2014) Conclusões sobre o Quadro de Ação relativo ao Clima e à Energia para 2030.
- Dalfovo, M. S., Lana, R. A., & Silveira, A. (2008). Métodos Quantitativos e Qualitativos: um Resgate Teórico. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, 2(4), 1-13. Retrieved from [http://www.unisc.br/porta1/upload/com\\_arquivo/metodos\\_quantitativos\\_e\\_qualitativos\\_um\\_resgate\\_teorico.pdf](http://www.unisc.br/porta1/upload/com_arquivo/metodos_quantitativos_e_qualitativos_um_resgate_teorico.pdf)
- Demertzi, M., Silva, R. P., Neto, B., Dias, A. C., & Arroja, L. (2016). Cork stoppers supply chain: Potential scenarios for environmental impact reduction. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1985-1994. <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.072>
- Dias, C. A., & Soares, S. (2014). *Direito das Energias Renováveis* (Leya).
- Doring, S. (2013). *Power from pellets* (1st ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Duic, N., Alves, L. M., Chen, F., & Da Graça Carvalho, M. (2003). Potential of Kyoto protocol

clean development mechanism in transfer of clean energy technologies to small island developing states: Case study of Cape Verde. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7(1), 83-98. [http://doi.org/10.1016/S1364-0321\(02\)00062-X](http://doi.org/10.1016/S1364-0321(02)00062-X)

ENplus. (2015). ENplus Parte 1 : Considerações Gerais. *Manual ENplus*, 1-18.

ENplus. (2015). ENplus Parte 3 : Requisitos de Qualidade do Pellet de Madeira.

EU. (2013). European Union Climate Funding for Developing Countries in 2013. <http://doi.org/10.2834/122309>

European Union. (2014). Submission by the European Union, its Member States and Iceland pursuant to paragraph 9 of decision 1/CMP.8, 1-3. Retrieved from [http://unfccc.int/files/meetings/lima\\_dec\\_2014/application/pdf/20140430\\_eu.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/lima_dec_2014/application/pdf/20140430_eu.pdf)

European Commission. (2014). HORIZON 2020. Retrieved May 20, 2016, from <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/>

Faaij, A. (2006). *Modern biomass conversion technologies. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (Vol. 11). <http://doi.org/10.1007/s11027-005-9004-7>

FAO. (2014). Forest products statistics. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 16. Retrieved from <http://www.fao.org/forestry/44134-01f63334f207ac6e086bfe48fe7c7e986.pdf>

Fernandes, U., & Costa, M. (2010). Potential of biomass residues for energy production and utilization in a region of Portugal. *Biomass and Bioenergy*, 34(5), 661-666. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.01.009>

Galik, C. S., & Abt, R. C. (2015). Sustainability guidelines and forest market response: An assessment of European Union pellet demand in the southeastern United States. *GCB Bioenergy*, 658-669. <http://doi.org/10.1111/gcbb.12273>

García-Maroto, I., García-Maraver, A., Muñoz-Leiva, F., & Zamorano, M. (2015). Consumer knowledge, information sources used and predisposition towards the adoption of wood pellets in domestic heating systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 207-215. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.004>

Goldemberg, J., & Guardabassi, P. (2015). Burden sharing in the implementation of the Climate Convention. *Energy Policy*, 81, 56-60. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.015>

Goldenberg, M. (2004). *A arte de pesquisar*.

Guo, M., Song, W., & Buhain, J. (2015). Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 712-725. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.013>

Hamelinck, C. N., Suurs, R. A. A., & Faaij, A. P. C. (2005). International bioenergy transport costs and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 29(2), 114-134. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2005.04.002>

Heede, R., & Oreskes, N. (2016). Potential emissions of CO<sub>2</sub> and methane from proved reserves of fossil fuels: An alternative analysis. *Global Environmental Change*, 36, 12-20. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.10.005>

ICNF. (2011). A Energia da Floresta Ibérica Caracterização do Mercado e Quadro Legal. *WWE*.

ICNF. (2013a). Instituto de Conservação da Natureza e da Floresta. *IFN6 - Áreas Dos Usos Do*

- Solo E Das Espécies Florestais de Portugal Continental Em 1995, 2005 E 2010, 34. Retrieved from <http://www.icnf.pt>
- ICNF. (2013b). Observatório para as Fileiras Florestais., 94. Retrieved from <http://www.icnf.pt/portal/florestas/fileiras/econ>
- IRENA. (2016). 2015 Sets Record for Renewable Energy, New IRENA Data Shows. Retrieved from [http://www.irena.org/News/Description.aspx?NType=A&mnu=cat&PriMenuID=16&CatID=84&News\\_ID=1446](http://www.irena.org/News/Description.aspx?NType=A&mnu=cat&PriMenuID=16&CatID=84&News_ID=1446)
- Junginger, M., Bolkesjø, T., Bradley, D., Dolzan, P., Faaij, A., Heinimö, J., ... Wit, M. de. (2008). Developments in international bioenergy trade. *Biomass and Bioenergy*, 32(8), 717-729. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.01.019>
- Junginger, M., Sheng Goh, C., & Faaij, A. (2014). *International Bioenergy Trade: History, status & outlook on securing sustainable bioenergy supply, demand and markets*. (2013 Springer Science & Business Media, Ed.). <http://doi.org/10.1007/978-94-007-6982-3>
- Junginger, M., van Dam, J., Zarrilli, S., Ali Mohamed, F., Marchal, D., & Faaij, A. (2011). Opportunities and barriers for international bioenergy trade. *Energy Policy*, 39(4), 2028-2042. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.040>
- Kukrety, S., Wilson, D. C., D'Amato, A. W., & Becker, D. R. (2015). Assessing sustainable forest biomass potential and bioenergy implications for the northern Lake States region, USA. *Biomass and Bioenergy*, 81, 167-176. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.06.026>
- Liebscher, P., & Marchionini, G. (1988). Navegue e Analítica Pesquisa Estratégias em um CD-ROM de texto completo Encyclopedia. *Library Quarterly*.
- Louro, G., Rego, F., Monteiro, M., & Machado, H. (2013). As Fileiras Baseadas na Floresta: Análise Sectorial / Forest Based Chains: a Sector Analysis. Retrieved from [http://www.scielo.gpeari.mctes.pt/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0870-63522013000100001&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.gpeari.mctes.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0870-63522013000100001&lng=en&tlng=en)
- Magelli, F., Boucher, K., Bi, H. T., Melin, S., & Bonoli, A. (2009). An environmental impact assessment of exported wood pellets from Canada to Europe. *Biomass and Bioenergy*, 33(3), 434-441. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.08.016>
- Mani, S., Sokhansanj, S., Bi, X., & Turhollow, A. (2006). Economics of producing fuel pellets from biomass. *Applied Engineering in Agriculture*, 22(3), 421-426. <http://doi.org/10.13031/2013.20447>
- Minas, R. I. O. D. E. (2007). Energias Renováveis, (2006), 1-6.
- Ministério da Agricultura. (2005). Biomassa e Energias Renováveis na Agricultura , Pescas e Florestas. *GT MADRP - Energias Alternativas*, 92.
- Mola-Yudego, B., Selkimaki, M., & González-Olabarria, J. R. (2014). Spatial analysis of the wood pellet production for energy in Europe. *Renewable Energy*, 63, 76-83. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2013.08.034>
- Monteiro, E., Mantha, V., & Rouboa, A. (2011). Portuguese pellets market: Analysis of the production and utilization constrains. *Energy Policy*, 42, 129-135. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.056>
- Murray, G. (2016). Emerging Pellet Markets in Asia. *Wood Pellet Association of Canada*.

- Nobre, C. P. (2014). Produção sustentável de peletes através da incorporação de resíduos industriais, florestais, agroindustriais e urbanos, 165.
- Nunes, L., Matias, J., & Catalao, J. (2013a). Application of biomass for the production of energy in the Portuguese textile industry. *Proceedings of 2013 International Conference on Renewable Energy Research and Applications, ICRERA 2013*, (October), 336-341. <http://doi.org/10.1109/ICRERA.2013.6749776>
- Nunes, L., Matias, J., & Catalao, J. (2013b). Energy recovery from cork industrial waste: Production and characterisation of cork pellets. *Fuel*, 113, 24-30. <http://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.05.052>
- Nunes, L., Matias, J., & Catalao, J. (2015). Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal. *Renewable Energy*, 85, 1011-1016. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.065>
- Paulo, H., Azcue, X., Barbosa-Póvoa, A. P., & Relvas, S. (2015). Supply chain optimization of residual forestry biomass for bioenergy production: The case study of Portugal. *Biomass and Bioenergy*, 83, 245-256. <http://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.09.020>
- PEFC. (2015). PEFC Global Statistics: Members; Endorsed Systems; Distribution of Certificates, (July), 1-15.
- Peksa-Blanchard, M., Dolzan, P., Grassi, a, Heinimo, J., Junginger, M., Ranta, T., & Walter, a. (2007). Global wood pellets markets and industry: policy drivers, market status and raw material potential, (November), -.
- Pinho, I. da C. (2009). Formação continuada: representações e discursos para a construção e desconstrução do papel e da prática docentes. *Em Aberto*, 22(81), 155-157. Retrieved from <http://www.rbep.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/view/2237>
- Ponte, J. P. da. (1994). O Desenvolvimento Profissional Do Professor De Direito: Reflexões. *Educação E Matemática*, 9-20.
- Resolução da Assembleia da República n.º 33/2010. (2010). Plano Energético 2020. *Diário Da República N.º 73 , 1ª Série de 15 de Abril de 2010, 2020*(Ene 2020), 1289-1296.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 6-B/2015. (2015). Presidência do conselho de ministros. *Diário Da República*.
- Sánchez, J., Curt, M. D., Sanz, M., & Fernández, J. (2015). A proposal for pellet production from residual woody biomass in the island of Majorca (Spain). Retrieved May 10, 2016, from <http://www.aimspress.com/article/10.3934/energy.2015.3.480/fulltext.html>
- Selkimäki, M., Mola-Yudego, B., Röser, D., Prinz, R., & Sikanen, L. (2010). Present and future trends in pellet markets, raw materials, and supply logistics in Sweden and Finland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3068-3075. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2010.06.009>
- Sénéchal, S., & Grassi, G. (2009). Logistic Management of Wood Pellets; Data Collection on Transportation, Storage & Delivery Management. *Brussels, EUBIA-European Biomass Industry Association*.
- Silva, F. C. e, Pinheiro, C., Correia, A., & Pereira, J. S. (2014). Revisão do Estado da Arte da Investigação do Setor Florestal. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4568.4244>
- Stelte, W., Holm, J. K., Sanadi, A. R., Barsberg, S., Ahrenfeldt, J., & Henriksen, U. B. (2011). Fuel pellets from biomass: The importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions. *Fuel*, 90(11), 3285-3290.

<http://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.05.011>

- Svanberg, M., & Halldórsson, Á. (2013). Supply chain configuration for biomass-to-energy: the case of torrefaction. *International Journal of Energy Sector Management*, 7(1), 65-83. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1108/17506221311316489>
- Tellis, W. (1997). Application of a Case Study Methodology, 3, 1-17.
- Tidwell, T. L. (2016). Nexus between food, energy, water, and forest ecosystems in the USA. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 214-224. <http://doi.org/10.1007/s13412-016-0367-8>
- Tokimatsu, K., Konishi, S., Ishihara, K., Tezuka, T., Yasuoka, R., & Nishio, M. (2014). Role of innovative technologies under the global zero emissions scenarios. *Applied Energy*, 162, 1483-1493. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.02.051>
- Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R., Yin, K., & Kavuri, S. N. (2003). A review of process fault detection and diagnosis part I: Quantitative model-based methods. *Computers and Chemical Engineering*, 27(3), 293-311. [http://doi.org/10.1016/S0098-1354\(02\)00160-6](http://doi.org/10.1016/S0098-1354(02)00160-6)
- Vidal, A. C. F., & Hora, A. B. da. (2011). Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. *Papel E Celulose*, 261-314. Retrieved from <http://goo.gl/xxTQd3>
- Xian, H., Colson, G., Mei, B., & Wetzstein, M. E. (2015). Co-firing coal with wood pellets for U.S. electricity generation: A real options analysis. *Energy Policy*, 81, 106-116. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.026>
- Yin, R. k. (2013). *Case Study Research- Design and Methods* (5<sup>o</sup> edição).