

Este estudo foi desenvolvido pelo programa Future Energy Leaders Portugal da Associação Portuguesa da Energia e tem por objetivo avaliar o potencial energético da biomassa proveniente de resíduos florestais.

Pontos-Chave



Necessidade de Mudança Estratégica:

Implementar uma estratégia de incentivo à colheita de biomassa residual florestal (*push strategy*), em contraste com a opção atual de incentivo primordial à criação de centrais de biomassa (*pull strategy*), garantindo assim uma oferta mais ampla e um uso mais eficiente deste recurso.



Investimento em Infraestrutura e Equipamento: É crucial que sejam efetuados investimentos públicos na infraestrutura e equipamentos necessários à recolha, mobilização, transporte e tratamento da biomassa, com a implementação idealmente realizada por agentes locais numa estratégia integrada.



Diversificação no Uso da Biomassa:

Implementar estratégias que diversifiquem o uso da biomassa, nomeadamente através dos biocombustíveis, promovendo a sua aplicação em setores que contribuam significativamente para a descarbonização, tais como aviação, transporte marítimo, transporte de cargas e indústria.



Promoção de uma Floresta Produtiva e Resiliente:

É essencial investir e intervir em áreas florestais de menor produtividade, para garantir maior disponibilidade global de madeira e a resiliência da floresta contra incêndios. Intervenções estratégicas nesses terrenos, com a introdução de espécies mais resistentes ao fogo e a criação de descontinuidades naturais, são medidas chave para atingir estes objetivos.



Diversificação de Atores Económicos no Setor Florestal:

Promover a diversificação dos atores e atividades económicas relacionadas com o setor florestal, encorajando o desenvolvimento de cooperativas de produtores florestais e de novas entidades que necessitem de biomassa para a produção de bioenergia ou bio produtos. Esta abordagem pode não só fomentar a competitividade e inovação no setor, mas também incentivará práticas mais sustentáveis.

RESUMO

A gestão florestal em Portugal revela-se frequentemente ineficaz e incompleta, sendo a limpeza dos terrenos uma necessidade que não só contribui para a prevenção dos incêndios como pode ser valorizada para produzir energia elétrica, calor e biocombustíveis.

Este *White Paper* analisa o potencial da biomassa em Portugal, e respetivo aproveitamento para as diversas valorizações, caracterizando os processos envolvidos. Estima, também, o potencial da biomassa em Portugal, abordando as diferentes tecnologias de valorização, nomeadamente a produção de eletricidade e os biocombustíveis avançados e termina com uma análise às políticas em prática.

É desenvolvido um modelo de cálculo da capacidade para uma central para aproveitamento dos resíduos florestais num raio de 25 km que fica nos 2.27 MWe, podendo gerar anualmente 14.9 GWh. Extrapolando para o país, o aproveitamento de 1 milhão de toneladas de biomassa florestal implicaria a existência de 76 MWe de capacidade instalada.

As principais tecnologias de valorização energética da biomassa dividem-se em processos de produção de eletricidade e biocombustíveis, sendo o principal desafio, além da colheita, a qualidade da biomassa disponível, que afeta a eficiência dos processos, motivo pelo qual, na prática, é utilizada madeira, o que pode conduzir ao abate precoce de árvores. Além disso, será crucial incentivar a adoção de tecnologias de alta eficiência, que tenham um papel fundamental na descarbonização de setores como a aviação, transporte marítimo e transporte de carga, onde as alternativas para reduzir emissões de carbono são limitadas.

Adicionalmente, é importante destacar que os concursos públicos lançados para a construção de centrais a biomassa não são totalmente atribuídos, refletindo uma discrepância entre as metas ambiciosas estabelecidas para novas centrais e a realidade do mercado. Atualmente, as políticas de incentivo são essencialmente baseadas em *pull strategy*, visando que a criação de centrais de biomassa leve à exploração do recurso. Sugere-se, no entanto, a implementação de *push strategies* que incentivem a colheita da biomassa florestal que, por sua vez, permitirá maior disponibilidade de matéria-prima para aproveitamentos energéticos. No entanto, a promoção e disseminação de centros para recolha, armazenamento e disponibilização de biomassa a nível municipal poderão incentivar maior mobilização e recolha desta biomassa.

Por fim, este documento estabelece a necessidade de implementação de políticas que procurem maximizar a conversão energética da biomassa, promovendo a sua utilização na criação de produtos de importância estratégica, potenciando a inovação e a competitividade da economia portuguesa.

INTRODUÇÃO

«Muitas têm sido as medidas que têm vindo a ser tomadas ao longo do tempo no que se refere ao desenvolvimento e tentativa de consolidação do setor da bioenergia no nosso país, umas com mais sucesso, outras inadequadas, mantendo-se algumas lacunas evidentes que urge preencher, dada a importância do contributo da biomassa, nomeadamente a florestal, no nosso mix energético.»

- Luís Gil, Vice-Presidente,
Centroda Biomassa para a Energia

A floresta e os recursos dela derivados desempenham um papel crescente na economia portuguesa através da produção de bens florestais, fontes de matérias-primas essenciais para diversas indústrias. Adicionalmente, a floresta promove a biodiversidade e os serviços ambientais dos ecossistemas, como, por exemplo, o sequestro e armazenamento de carbono e a regulação do ciclo hidrológico.

Contudo, desde os anos 1950, face ao abandono gradual de pequenas propriedades agrícolas, particularmente a norte do rio Tejo, verificou-se uma expansão das áreas florestais e de matos, sendo que, atualmente, estes cobrem cerca de 66.4% do território nacional [1]. Esta expansão, aliada ao êxodo rural e ao envelhecimento das populações, levou a uma gestão limitada de muitas destas áreas.

Em 2022, as exportações de produtos de base florestal, na sua larga maioria provenientes da indústria de celulose e papel, representaram 8% das exportações nacionais [2], [3]. Porém, Portugal não consegue responder à totalidade da procura de matéria-prima desta indústria com madeira nacional, tendo de recorrer à importação.

Ademais, cumpre realçar que Portugal enfrenta desafios profundos relacionados com incêndios florestais de grande magnitude, sendo que a acumulação de material combustível, devido à gestão florestal em geral deficiente, agrava a severidade destes eventos. Aliás, tem-se vindo a verificar um crescente desinteresse, ou até total abandono, da gestão florestal por uma grande parte dos proprietários, face às dificuldades em gerir as suas propriedades de forma eficaz e com retornos financeiros viáveis, com que se deparam.

A importância desta temática tem-se tornado cada vez mais premente nas últimas décadas, visto que, na

sequência dos incêndios de 2003 e 2005, foi reconhecida a necessidade de uma gestão florestal mais eficiente e da valorização dos respetivos recursos.

De facto, a estratégia nacional para a floresta [4] enfatiza a importância fulcral da limpeza das matas e a criação de faixas corta-fogo, além de incentivar o uso da biomassa residual como fonte de energia. Contudo, não se poderá perder de vista que não foi ainda estabelecida a contribuição real do aumento do número de centrais electroprodutoras a biomassa e de unidades de produção de *pellets* para a gestão eficaz das florestas [5].

Neste estudo pretende-se determinar o potencial de biomassa existente no território português e caracterizar a procura por esta matéria-prima na economia, assim como quantificar a ordem de grandeza do excedente de resíduos da gestão florestal e explorar cenários para a sua utilização.

Finalmente, analisam-se as políticas existentes, propondo recomendações que contribuam para um melhor aproveitamento energético destes materiais, incentivando, por sua vez, a sua remoção das florestas nacionais e contribuindo, desta forma, para uma gestão otimizada da prevenção e do combate aos incêndios.

"Ficou demonstrado ser fundamental garantir uma eficaz mobilização da biomassa acumulada, por forma a permitir uma regular e fiável fonte de abastecimento e, simultaneamente, contribuir para a diminuição do potencial de risco de incêndio. (...) verificou-se a necessidade de investimento público em infraestrutura e equipamentos que venham permitir uma maior mecanização da recolha, mobilização, transporte e tratamento desta biomassa

CONTEXTO ACTUAL

Atualmente, a área florestal portuguesa ocupa mais de um terço do território nacional, com uma área de cerca de 3.2 milhões de hectares de solo, ou 32 mil km² [1], tratando-se de floresta maioritariamente plantada e que, como tal, ocupa uma área muito superior à existente no início do século XIX [6]. Adicionalmente, existem cerca de 2.8 milhões de hectares de matos, baldios e pastagens, que representam cerca de 32% da área do país e 2.1 milhões de hectares de área agrícola (23.5% do território) [1]. Destes, apenas 2% da área florestal é propriedade pública encontrando-se o restante, em geral, dividido em parcelas de pequena dimensão e com cadastro incompleto [7]. Esta realidade torna a sua exploração muito complexa, tornando as práticas de

gestão florestal muito esporádicas numa grande percentagem destes terrenos.

A riqueza gerada pela produção de origem florestal em 2020 foi de aproximadamente 1,3 mil milhões de euros, ao passo que o valor de exportações dos principais produtos de origem florestal superou os 7 mil milhões de euros, representando cerca de 8% do total de exportações do país e dos quais 3,84 mil milhões (4.9% das exportações nacionais) foram referentes aos produtos da fileira da pasta de papel e 1,1 mil milhões foram referentes a produtos à base de cortiça (1.4% das exportações) [9].

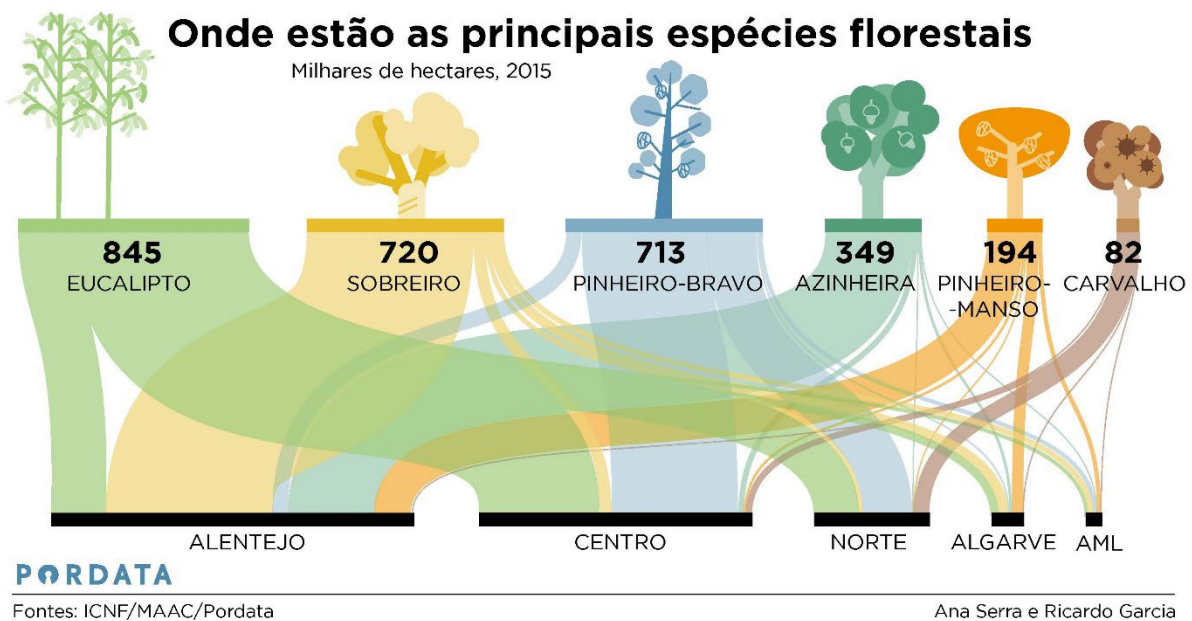


Figura 1 - Infografia sobre a localização das principais espécies florestais [8]

Efetivamente, a fileira da pasta de papel é um dos maiores consumidores de madeira em Portugal, tendo o seu consumo vindo a aumentar nas últimas décadas. A título de exemplo, a produção de pasta de papel aumentou de quase 2 milhões de toneladas por ano em 2010, para mais de 2,8 milhões de toneladas, em 2021, o que perfaz um aumento de 43% [10], [11]. No mesmo período, o consumo de madeira nesta indústria passou de 6.3 milhões de metros cúbicos para 9.4 milhões de metros cúbicos, num aumento de quase 50%. De notar que, em 2021, se registaram importações de cerca de 2.6 milhões de metros cúbicos de madeira totalizando perto de 19% da madeira consumida pela indústria da pasta do papel nesse ano. Não se pode perder de vista o facto de a grande maioria da madeira utilizada neste sector ser eucalipto, sendo que se estima que a sua produção média anual nacional seja de 6.5 m³/ano por hectare de terreno florestal predominantemente em eucalipto [10]. No entanto, dados específicos dos terrenos geridos pela CELPA - BIOND, mostram produções médias por hectare a rondar os 8.6 m³/ano

[12], o que demonstra que a maioria da floresta de eucalipto em Portugal se encontra abaixo do seu potencial económico.

Importa também realçar que a produção de energia elétrica a partir de biomassa em Portugal está intrinsecamente ligada à fileira de produção de pasta de papel, uma vez que um dos subprodutos do cozimento da madeira no processo de produção da pasta de papel, o licor negro, é usado para queima nas caldeiras de recuperação. Esta combustão gera vapor que é expandido em turbinas produzindo eletricidade e é também utilizado em diferentes etapas da produção da pasta de papel.

Em Portugal existe um total de 27 centrais a biomassa, perfazendo 632 MW de capacidade instalada, sendo que desta 401 MW (8 unidades) estão relacionadas com a queima de licor negro [13], [14]. Associados também a estas unidades da produção de pasta de papel, existem várias centrais de produção de eletricidade que queimam resíduos de biomassa florestal,

provenientes do processo e da sua exploração, que totalizam cerca de 135 MW (7 unidades). Assim, do total de 27 centrais a biomassa, apenas 9, com um total de produção de 97 MW, são centrais independentes de pequena capacidade, consumidoras de resíduos florestais.

A biomassa florestal é também utilizada para a produção de *pellets*, pequenos aglomerados cilíndricos de biomassa, que são utilizados como combustível. Este produto é uma forma mais concentrada e densa da biomassa, o que facilita o seu transporte, armazenamento e combustão. A biomassa florestal, utilizada na produção de *pellets*, refere-se principalmente à madeira proveniente de serragens, aparas e restos de processamento madeireiro e ainda troncos de madeira. Existem em Portugal 29 unidades industriais de produção de *pellets*, que produziram cerca de 800 mil toneladas em 2022, consumindo mais de 1 600 mil toneladas de biomassa [10]. A indústria de *pellets* é alimentada principalmente por madeira de pinho e o centro PINUS reporta que 0.56 milhões de toneladas, 20% da rolaria, ou seja, da madeira de pinho em troncos, é utilizada por esta indústria [15]. Para além desta, 0.14 milhões de toneladas de rolaria de madeira de pinho é utilizada anualmente em centrais elétricas a biomassa.

Algumas ONGs [5], [16] têm criticado as estratégias e as políticas públicas que fomentaram este tipo de projetos, alegando que muitas das centrais elétricas a biomassa e produtores de *pellets* estão a consumir demasiada rolaria, incentivando o abate precoce de árvores. Um relatório do INESC TEC [17] aponta que cerca de 0.825 milhões de toneladas de rolaria por ano estão a ser utilizadas para a produção de *pellets* e 0.4 milhões de toneladas para a produção de energia e/ou vapor. No entanto, para garantir uma gestão florestal sustentável, a biomassa fornecida para a produção de energia (*pellets* e eletricidade) deve ter uma elevada incorporação de madeira residual, ou de madeira sem qualidade para outros processos industriais. No entanto, a incorporação de biomassa de menor qualidade e heterógena cria desafios no tratamento da madeira para estes processos e, no caso dos *pellets*, pode ser crítica para a qualidade final do produto.

Muitos dos estudos e planos estratégicos para as florestas publicados nos últimos anos mencionam a existência de biomassa residual disponível no país, e que esta poderia permitir a produção de mais energia. O PNEC 2030, por exemplo, avança que o país pode utilizar esta biomassa para a produção de energia elétrica, mas também deixa espaço para a sua utilização na produção de biogás avançado, ou outros bio produtos, onde a madeira é processada para produzir bio plásticos, fibras têxteis ou nano celulose. A mais recente revisão do PNEC prevê que, até 2030, num cenário de políticas e medidas adicionais, a capacidade instalada para a produção de eletricidade através de biomassa, biogás e resíduos possa chegar aos 1.4 GW [18], partindo dos 825 MW existentes em 2021 [18]. O relatório do Grupo de Trabalho da Biomassa por parte da Comissão de Agricultura e Mar [19], identifica a existência de um potencial de

2 milhões de toneladas por ano de resíduos da floresta e 200 mil toneladas de resíduos da indústria transformadora. Por seu turno, o plano nacional para a promoção de bio refinarias identifica um potencial de biomassa florestal residual de aproximadamente 2.8 milhões de toneladas, como resumido na Tabela 1, além de um potencial de 3.4 milhões de toneladas de resíduos de origem agrícola [20].

Tabela 1 – Potencial de biomassas florestal residual apresentado no plano nacional para a promoção das bio refinarias, mil toneladas ano [20]

	Norte	Centro	Outras Regiões	Total
Pinheiro Bravo	169	335	44	544
Eucalipto	82	217	149	448
Sob-coberto	100	100	241	441
Matos	374	343	309	1025
Outros	70	49	224	343
Res. Florestais	795	1044	967	2801

O relatório da caracterização das cadeias de abastecimento de biomassa florestal em Portugal, elaborado pelo INESC TEC [17], identifica que o potencial de produção anual de resíduos florestais mobilizável é de 2.1 milhões de toneladas ano e que o resíduo dos subprodutos industriais (exceto licor negro) é de quase 3.1 milhões toneladas ano. A Tabela 2 mostra uma síntese do fluxo de biomassa residual em Portugal identificado nesse estudo. No entanto, esta caracterização indica que, considerando os atuais consumos destas matérias no país, apenas existe um excedente de 0.8 milhões de toneladas de biomassa residual.

Tabela 2- Análise do fluxo de biomassa residual em Portugal, milhões de toneladas por ano, fonte: [17]

	Potencial	Mobilizável	Utilizado	Balanço
Matos	5.3	+1.0*	-	*
Sob-coberto	5	-	-	*
Resíduos Florestais	47	+1.1	-0.68	+0.42
Indústria**		+1.76	-1.4	+0.36
Total		+2.9	-2.1	+0.8

* Nesse estudo, este tipo de biomassa não foi contabilizada para o balanço, uma vez que atualmente se verifica que esta biomassa não é utilizada.

** Apenas considerando as categorias com excedentes: Serraço, Outros subprodutos

Os números apresentados sobre o potencial de biomassa residual disponível em Portugal não são coincidentes e incluem diferentes tipos de biomassa, o que pode gerar alguma insegurança na implementação

de processos que requerem disponibilidade desta matéria-prima para garantir o abastecimento. Eventualmente por essa razão, muitos dos projetos de centrais elétricas a biomassa lançados a concurso público não foram concretizados, sendo que se conjectura que a sua localização, faça com que os custos e a disponibilidade de matéria-prima inviabilizem a sua competitividade económica e retorno financeiro.

Apesar das dificuldades encontradas na execução de algumas destas estratégias, uma melhor e mais sistemática gestão das florestas portuguesas, levará a uma efetiva limpeza dos matos e florestas, permitindo disponibilizar mais biomassa para a produção de

energia. Por sua vez, as práticas de limpeza dos terrenos são determinantes na redução da carga combustível, que é essencial para o combate aos grandes incêndios que frequentemente assolam o país.

Deste modo, este *white paper* analisa de seguida um caso de estudo numa região hipotética, por forma a estimar a matéria de biomassa residual potencialmente mobilizável e calcular a dimensão de uma central de produção de eletricidade adequada para essa.

CASO DE ESTUDO - ANÁLISE DO POTENCIAL DE RESÍDUOS

Esta secção, avalia o potencial de resíduos de biomassa florestal disponível num território definido por um raio de 25 km. O objetivo deste exercício é dimensionar uma central de produção elétrica que utilize biomassa, oriunda principalmente da limpeza e gestão das florestas, matos e baldios da região.

A distância de 25 km foi determinada com base em estimativas que apontam que, a partir de distâncias relativamente curtas, os custos de transportes de resíduos florestais podem comprometer a viabilidade económica da sua mobilização e valorização energética [19]. A biomassa residual proveniente da limpeza de terrenos florestais, como matos e arbustos, tem densidades energéticas inferiores a outros tipos de resíduos florestais, pelo que têm menor potencial e interesse para sistemas de aproveitamento energético.

Neste estudo, assume-se um território com predominância de florestas e matos, representando 50% de floresta e 35% de matos e baldios. Assim como o que se verifica nas regiões centro e norte de Portugal, será considerado que esta floresta é principalmente composta por pinheiro-bravo e eucalipto.

O potencial de crescimento de resíduos florestais nestes terrenos foi definido em 0.4 toneladas por hectare por ano, valor próximo do que é considerado noutros estudos [17]. No entanto, apenas 25% destes resíduos são considerados mobilizáveis, devido a limitações de acesso, topografia e práticas de gestão [17], [21]. Adicionalmente, para assegurar práticas sustentáveis de regeneração dos solos e preservação dos ecossistemas, parte desses resíduos deve permanecer no solo.

Considera-se ainda que os terrenos florestais neste território apresentam um crescimento anual médio de 4 toneladas de toros de madeira com casca por hectare. Do corte destas árvores, cerca de 25% da matéria resulta em resíduos florestais [14], mas neste estudo define-se que apenas 10% destes resíduos poderá ser mobilizada para consumo nesta aplicação local. Este critério é conservador, uma vez que percentagens maiores desses resíduos são já utilizadas em centrais elétricas associadas à indústria florestal.

Para o dimensionamento da capacidade da central de aproveitamento desta biomassa para produção de

eletricidade, adota-se um fator de carga de 75%, baseado em dados da APREN [22]. O mesmo documento identifica que o consumo de biomassa por cada MWh de eletricidade injetado na rede é entre 1.5 e 2.5 toneladas, sendo que esta análise considera um valor de 2 toneladas por cada MWh uma vez que uma grande parte biomassa considerada, matos e arbustos, terá uma baixa densidade energética.

Os valores e referências utilizadas para esta análise são apresentados em detalhe no Anexo 1.

Em resumo, a análise estima que esse território terá 98 mil hectares de floresta e 68.7 mil hectares de matos e baldios, sendo o potencial de resíduos derivados da limpeza destas áreas de 66.8 mil toneladas por ano, dos quais 16.7 mil são mobilizáveis. O potencial de resíduos dos cortes de árvores é de 130.9 mil toneladas, dos quais 13.1 mil toneladas são mobilizáveis para esta aplicação. A Figura 2 apresenta um diagrama de Sankey detalhando este fluxo da biomassa.

Deste modo, a central poderia produzir 14.9 GWhe por ano, e a capacidade recomendada para o aproveitamento desta biomassa é 2.27 MWe.

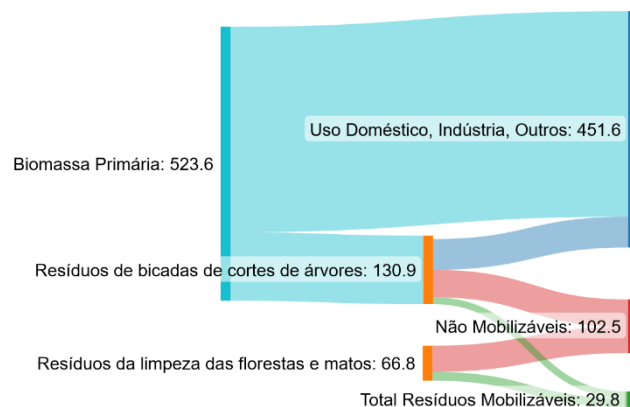


Figura 2 - Diagrama de Sankey detalhando o fluxo estimado de biomassa em milhares de toneladas

Assumindo um pagamento de 20 euros por cada tonelada de resíduos mobilizáveis, os proprietários poderiam gerar receitas de aproximadamente 600 mil de euros anualmente.

PERSPETIVA NACIONAL - ANÁLISE DO POTENCIAL DE RESÍDUOS

Extrapolando os pressupostos utilizados neste caso de estudo para uma análise da capacidade adicional de centrais para o aproveitamento de 1 milhão de toneladas por ano de biomassa de resíduos florestais disponíveis em todo o território de Portugal, seriam necessários cerca de 76 MW de capacidade adicional em pequenas novas centrais. A Tabela 3 apresenta uma análise de incerteza, considerando as variações da biomassa residual total disponível, para calcular a capacidade total necessária das centrais de biomassa para utilização deste recurso.

Tabela 3 – Análise de incerteza da capacidade total adicional [MW] a instalar em Portugal

		Consumo (ton / MWhe)		
		1,75	2	2,25
Biomassa total disponível (Mton/ano)	0,5	43	38	34
	1	87	76	68
	2	174	152	135
	4	348	304	271

A Tabela 4 compara diferentes cenários de ocupação do solo e capacidade da central de biomassa. Os valores apresentados para as diferentes regiões pressupõem uma área em análise que apresente ocupação de solos equivalente aos valores reportados para estas regiões no 6º Inventário Florestal Nacional (IFN6) [1].

A Região Centro é a região com maior potencial de biomassa disponível. No entanto os pressupostos da análise são mais audaciosos que as médias da Região Centro. De todas as formas, a capacidade da central de biomassa indicada para fazer o aproveitamento da biomassa de resíduos florestais disponível num território desta dimensão deverá estar entre 2 e 3 MWe. A Região Sul foi excluída da análise, uma vez que a ocupação dos solos é predominantemente em montado, cuja atividade implica uma gestão de resíduos completamente diferente dos pressupostos utilizados.

Tabela 4 – Capacidade da central de biomassa para aproveitamento de biomassa de resíduos florestais no território em análise, considerando diferentes ocupações do solo

	Análise	Rácio de áreas IFN6		
		Portugal	Centro	Norte
Floresta	50%	35.8%	38.8%	27.5%
Matos	35%	30.6%	29.8%	36.2%
Capacidade [MW]	3,07	2,32	2,44	2,05

O desenvolvimento de centrais de biomassa com capacidades superiores às estimadas neste caso de estudo é viável, como é o caso de algumas das centrais atualmente em operação. Contudo, para garantir o abastecimento de biomassa a estes projetos, os

pressupostos da origem desta biomassa serão substancialmente diferentes, podendo considerar-se uma área geográfica mais extensa para mobilização da biomassa ou a incorporação de biomassa proveniente de outros setores, como o agrícola. Adicionalmente, poderá registar-se uma mobilização muito mais ampla de biomassa residual existente na região, particularmente se houver um aumento na mobilização de biomassa decorrente de cortes fitossanitários ou de intervenções florestais.

Conclusão

A utilização de resíduos florestais em Portugal para produção de energia enfrenta desafios significativos. A dimensão prevista das centrais inclui caldeiras de pequena capacidade, o que acarreta desafios relacionados com efeitos de escala, possivelmente com menores inércias térmicas, o que origina maiores dificuldades na queima de resíduos com baixa qualidade, nomeadamente com humidade elevada ou com alto teor de areias. Aliado à falta de cadeias logísticas consolidadas, estes factos podem comprometer a viabilidade tecno-económica destes projetos.

Embora possuam baixa eficiência isoladamente, as centrais de biomassa têm potencial para cogeração, otimizando o uso térmico. O aproveitamento do calor residual nestas soluções, além de aumentar a eficiência do processo, pode aumentar respetivo retorno financeiro. Por forma a otimizar o valor criado pela biomassa existente é importante implementar estratégias que valorizem soluções com maiores retornos globais. Assim sendo, na próxima secção serão analisadas diferentes opções tecnológicas para a valorização energética destes resíduos.

Porém, além da vertente energética, a gestão florestal eficaz surge como fator primordial para a conservação e redução de riscos de incêndios. Assim, enquanto os resíduos podem ser um excedente para a produção energética, o cerne da questão deve ser uma gestão florestal sustentável. Nessa perspetiva este artigo, nas suas secções seguintes, irá explorar a intersecção das políticas públicas nacionais relativamente ao incremento da produção de energias renováveis e a da gestão florestal em Portugal.

POTENCIAL ENERGÉTICO DOS RESÍDUOS FLORESTAIS

A utilização de resíduos florestais em Portugal para produção de eletricidade pode não ser a melhor valorização para este recurso, conforme discutido na secção anterior deste artigo.

As suas possíveis aplicações são vastas e devem ser exploradas, incluindo as aplicações da biomassa florestal como fonte de energia, que incluem o aquecimento residencial e comercial através da queima direta, a geração de eletricidade e a produção de biocombustíveis. A conversão da biomassa em energia, seja na forma de calor, eletricidade ou biocombustível, é denominada de bioenergia.

Nesta secção do artigo, são analisados alguns dos aspetos característicos dos métodos utilizados para a conversão de biomassa, considerando potenciais vantagens e desvantagens, eficiência dos processos, matéria-prima disponível e outras particularidades de cada solução ou método. Na Figura 3, são ilustrados os vários processos de conversão da biomassa, onde se incluem os resíduos florestais e os produtos que podem ser obtidos.

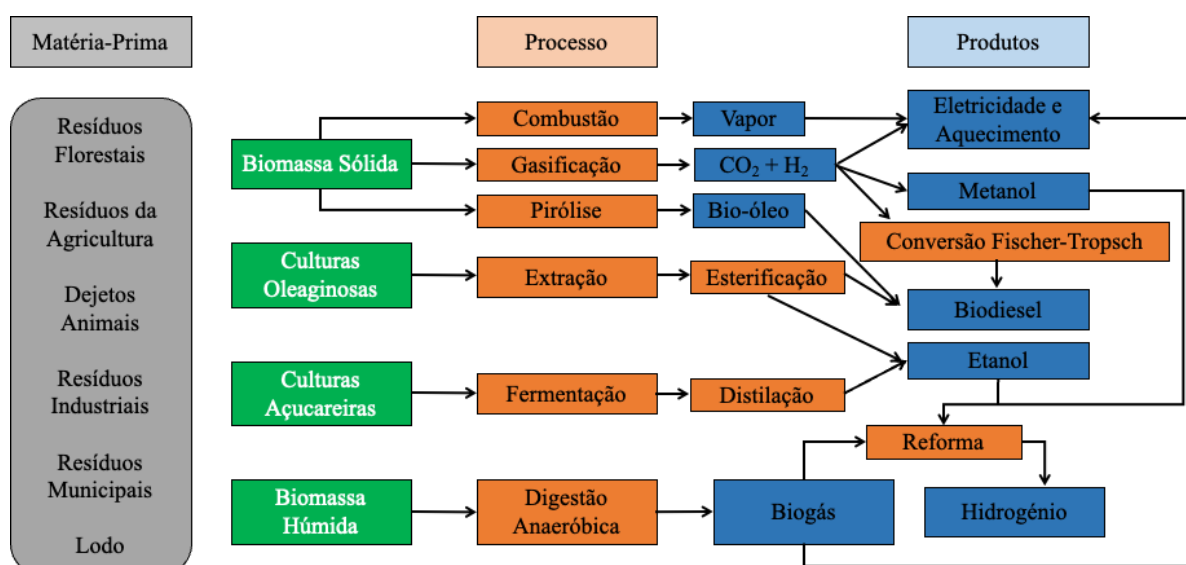


Figura 3 - Processos de Conversão da Biomassa (Adaptado de[23])

Eletricidade

O aproveitamento de resíduos florestais como matéria-prima para a produção de eletricidade pode utilizar várias opções tecnológicas, das quais se destacam cinco grupos principais: combustão direta, co-combustão, gasificação, digestão anaeróbica e bio refinarias.

1. Combustão Direta em Centrais Dedicadas de Energia e CHP (cogeração):

A combustão direta de resíduos florestais para a produção de eletricidade, um método convencional amplamente adotado, envolve a queima destes resíduos em fornalhas para gerar calor. Esse calor é posteriormente usado para aquecer água da caldeira, criando vapor que impulsiona uma turbina ligada a um gerador elétrico, resultando na produção de eletricidade.

Muito versátil, essa tecnologia admite diferentes tipos de biomassa, desde resíduos de madeira a resíduos sólidos urbanos, alcançando eficiências elétricas entre 25% e 40%. Aplicado em sistema de cogeração, o calor

residual do processo pode ser utilizado para suprir necessidades térmicas, por exemplo em processos industriais ou aquecimento de edifícios, minimizando o desperdício energético e aumentando a eficiência global do processo acima dos 70%. A eficácia e o impacto ambiental da combustão direta podem ser aprimorados com tecnologias avançadas de controle de poluentes, sendo que a seleção da biomassa e a escala da instalação são fatores decisivos para a sua eficiência e viabilidade económica. Adicionalmente, existe a prática de co-combustão, onde resíduos florestais são misturados com carvão em centrais termoelétricas convencionais e que não requer modificações significativas nas centrais, se a biomassa representar menos de 10% da energia produzida.

2. Gasificação:

A gasificação é um processo avançado de conversão de biomassa em gás sintético, através do aquecimento controlado da matéria orgânica numa atmosfera com baixo teor de oxigénio. O gás sintético é uma mistura de monóxido de carbono, hidrogénio e dióxido de carbono, que pode ser utilizado em motores de

combustão, turbinas a gás e ciclos combinados. As centrais de gasificação integrada com ciclos combinados (IGCC) têm potencial para alta eficiência, especialmente quando se utiliza licor negro da indústria de celulose e papel como matéria-prima.

3. Digestão Anaeróbica e Gás de Aterro:

A digestão anaeróbica é um processo através do qual a matéria orgânica, como esterco animal, resíduos orgânicos e culturas, é convertida em biogás por meio de fermentação induzida por bactérias, registrando uma eficiência da conversão tipicamente entre 60%-80%. Esse biogás é rico em metano (40%-75%), com dióxido de carbono e pequenas quantidades de sulfeto de hidrogênio e amônia. A digestão anaeróbica é usada na produção de gás de aterro a partir de resíduos municipais. Essa tecnologia é escalável e é aplicada em instalações de pequeno porte, tipicamente em áreas rurais e agrícolas. O biogás de aterro pode ser injetado na rede de gás natural, utilizado em outros processos industriais, ou para produção de eletricidade via o processo de combustão. No entanto, a necessidade de remover contaminantes para purificação do biogás faz com que o processo seja complexo, levando a que os custos operacionais e iniciais da tecnologia sejam elevados.

4. Biorrefinarias e Hidrogênio:

As biorrefinarias adotam uma abordagem integrada para a utilização dos resíduos de biomassa, semelhante ao funcionamento das refinarias de petróleo. As biorrefinarias têm por objetivo extrair o máximo valor possível de diferentes componentes da biomassa, incluindo celulose, lignina, hemicelulose, amido, proteínas e óleos, através de uma variedade de processos químicos, biológicos e termoquímicos. Uma das grandes vantagens desta opção, é permitir uma conversão versátil, possibilitando a produção de diversos produtos a partir da biomassa, incluindo bio polímeros, biocombustíveis líquidos, biogás, hidrogênio e gerar eletricidade. Assim sendo, é possível maximizar o valor da biomassa ao aproveitar as diferentes componentes da matéria. No entanto, os processos de separação e purificação podem ser energeticamente intensivos, sendo que, por exemplo, a conversão de biomassa lignocelulósica em bioetanol de segunda geração pode ter eficiências entre 30% a 50%, e os custos operacionais e iniciais dos processos podem ser também ser bastante elevados.

Biocombustíveis avançados

A conversão dos resíduos de biomassa florestal em biocombustíveis pode ser realizada de várias formas. Os processos de conversão mais maduros para a produção de combustíveis renováveis, através de resíduos florestais são através da fermentação (tecnologia bioquímica), mas também gasificação e pirólise (tecnologias termoquímicas) [24].

1. Fermentação

A fermentação é uma técnica biotecnológica que transforma biomassa em biocombustível. Existem duas abordagens principais: o processo álcool para diesel (ATD) e a fermentação direta.

No ATD, a lignocelulose, proveniente da biomassa, é fermentada para produzir etanol que é posteriormente refinado para obter diesel renovável, querosene e outros produtos.

Já a fermentação direta converte a lignocelulose diretamente em compostos semelhantes ao diesel, como os triglicerídeos, através de etapas de pré-tratamento e fermentação. O óleo resultante é processado para produzir diesel renovável. Para otimizar a fermentação direta, é crucial um pré-tratamento da biomassa, sendo o pré-tratamento mecânico uma escolha comum devido à sua eficácia. Outras metodologias de pré-tratamento, como térmico, químico ou biológico, ainda estão em desenvolvimento.

2. Gasificação + Fischer-Tropsch

A gasificação é um método termoquímico que converte biomassa em gás de síntese, um precursor para produção de combustíveis líquidos como diesel e gasolina pelo processo Fischer-Tropsch (FT). Durante a gasificação, dependendo das condições e do tipo de biomassa, surgem componentes como CO, CO₂, H₂, N₂, CH₄ e H₂S.

A purificação do gás de síntese é vital para a eficácia da etapa de FT, pois as impurezas podem prejudicar a atividade do catalisador. A gaseificação pode resultar em subprodutos como cinzas, amônia e compostos de enxofre.

Importa ressaltar que a composição da biomassa influencia diretamente o produto final e o design do reator de gasificação. Para a produção eficiente de combustíveis líquidos, são recomendados reatores de leito fluidizado e fluxo arrastado devido à alta concentração de H₂ no gás gerado. Considerando ambas as etapas juntas (gasificação e FT), a eficiência global para converter biomassa em combustíveis líquidos através deste processo combinado pode variar, mas muitas vezes fica na faixa de 30% a 55%.

3. Pirólise

A pirólise é a decomposição térmica de materiais orgânicos em condições de baixo oxigênio. Quando submetidos a temperaturas acima de 300°C, estes materiais desintegram-se, libertando produtos em estados gasoso, líquido e sólido. Os produtos incluem gases como hidrogênio e metano, líquidos pirolíticos utilizáveis como combustíveis, e resíduos sólidos, como carvão. A variedade de produtos resultantes varia consoante a matéria-prima e as condições específicas do processo.

Conclusão

O potencial energético dos resíduos florestais em Portugal é um campo fértil para a inovação e para a sustentabilidade energética.

As tecnologias de conversão de biomassa, que vão da combustão direta à pirólise, oferecem uma gama de oportunidades para maximizar o aproveitamento desta matéria-prima renovável.

Simultaneamente, reconhece-se que a eficiência dos processos, a seleção de tecnologias apropriadas e a gestão de custos são aspetos críticos para o sucesso do desenvolvimento de projetos neste quadro.

Os desafios intrínsecos a cada método e a busca por soluções otimizadas indicam que ainda há um longo caminho a ser percorrido na valorização energética dos resíduos florestais.

A transição para a próxima seção do artigo permite-nos mergulhar nas políticas territoriais, florestais e energéticas que moldam e influenciam diretamente este panorama, ressaltando a importância de um enquadramento regulatório e estratégico bem delineado para capitalizar o verdadeiro valor da biomassa florestal em Portugal

POLÍTICAS TERRITORIAIS, FLORESTAIS E ENERGÉTICAS

Conforme acima mencionado, na sequência dos violentos incêndios de 2003 a 2005, surgiu a necessidade de criar o Plano Nacional de Defesa das Florestas Contra Incêndios (PNDFCI), com o objetivo de reduzir o risco de incêndios florestais e realçar o carácter essencial da floresta como suporte do desenvolvimento sustentável do País. Este plano, aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 65/2006, de 26 de maio, veio dar prioridade a intervenções em domínios identificados como eixos estratégicos de atuação, identificando, igualmente, que, para um efetivo e eficaz combate aos riscos de incêndios seria necessário retirar biomassa excedentária dos terrenos florestais e executar uma importante limpeza dos matos e terrenos com espécies invasoras.

Nesta senda, o Governo lançou, no mesmo ano, um concurso público, visando a construção e exploração de quinze centrais termoelétricas a biomassa florestal, com uma potência total de atribuição de 100 MW. Todavia, esta iniciativa lançada pela Direção-Geral de Energia e Geologia não teve o sucesso antecipado, já que, a potência disponível não chegou a ser totalmente atribuída, ficando por instalar aproximadamente 50% da capacidade colocada a concurso. Assim e conforme foi posteriormente sumarizado no relatório “Biomassa em Portugal” [5], *“entre 2007 e 2009, foram construídas cinco novas centrais com uma potência combinada de 78 MW, aumentando a capacidade total em Portugal para mais de 100 MW, mas ainda longe da meta de 250 MW”* - meta, entretanto, anunciada.

Visando desenvolver algumas medidas destinadas a assegurar a sustentabilidade do abastecimento das centrais dedicadas a biomassa, resultantes do concurso lançado em 2006, foi publicado o Decreto-Lei n.º 5/2011, de 10 de janeiro. Este decreto-lei veio criar, entre outros, um incentivo económico associado ao cumprimento de determinados deveres, permitindo, desta forma, uma remuneração mais elevada da energia produzida naquelas centrais. No entanto, para beneficiarem deste incentivo, as centrais dedicadas a biomassa florestal deveriam cumprir determinados deveres, nomeadamente a organização de sistemas de registos de dados que permitam avaliar, auditar e fiscalizar a tipologia da biomassa consumida na central, bem como a elaboração de um plano de ação visando a sustentabilidade a prazo do aprovisionamento das centrais e a coordenação dos programas de manutenção das centrais com o operador da

rede de transporte. Mais tarde, o Decreto-Lei n.º 64/2017, de 12 de junho, previu a atribuição das potências disponíveis, no âmbito do concurso público lançado em 2006, às câmaras municipais dos concelhos selecionados, assentando esta escolha principalmente na prossecução do objetivo fundamental de defesa da floresta, do ordenamento e preservação florestais, e do combate aos incêndios. Ora, este último diploma, considerando o papel dos Municípios na dinamização desta fileira, veio criar um regime especial extraordinário para instalação e exploração, por Municípios ou por decisão destes, de novas centrais de valorização de biomassa com atribuição de potência limitada a 60 MW no território do continente e a 15 MW por central.

Embora o Governo português, ao longo das últimas décadas, tenha vindo a promover a instalação de centrais a biomassa, o sucesso da sua implementação ficou aquém do antecipado, como acima evidenciado.

Neste contexto, a Visão Estratégica para o Plano de Recuperação Económica de Portugal 2020-2030 veio estimular a colocação da biomassa florestal residual no centro da política de uso do solo. O documento estratégico previu a criação de uma cadeia de centrais a biomassa e biorrefinarias multiproduto, bem como a promoção de pequenas centrais descentralizadas para a produção local de energia, em linha com o estipulado na proposta de revisão em curso do PNEC, privilegiando a valorização energética da biomassa. Veja-se que, uma das medidas de ação desta proposta em revisão é, tal como já enfatizado na Visão Estratégica para o PRR, a promoção de geração de energia térmica e elétrica à escala local com base em biomassa residual.

Com esta medida o PNEC proposto procura promover e apoiar a instalação de pequenas centrais térmicas descentralizadas, de menor dimensão, que não coloquem tanta pressão em termos de disponibilidade de biomassa, promovendo a substituição de combustíveis fósseis e a descarbonização dos consumos nos vários setores. Esta solução terá sempre o triplo objetivo de contribuir para a redução da carga combustível nos espaços florestais, agrícolas e agroindustriais, recorrendo a soluções eficientes do ponto de vista energético e minimizando o ónus para o Sistema Elétrico Nacional. Não se poderá perder de vista, que, a biomassa, enquanto eixo de reforço à produção de energia a partir de fontes renováveis, contribui para a diversificação do *mix*

energético nacional, embora se trate de uma fonte de energia que sempre terá um peso limitado face às restantes, no setor elétrico. No entanto, no que se refere aos biocombustíveis, a título de exemplo, a biomassa já poderá ocupar um lugar de maior destaque, tratando-se de um vetor energético que poderá contribuir para a descarbonização de setores críticos e de difícil eletrificação.

Cumprir salientar, a esse respeito que, em julho de 2023, foram apresentados os potenciais técnicos de energia renovável em Portugal pelo LNEG, tendo sido exploradas as metas para a bioenergia no setor da mobilidade. Veja-se, porém, que, de acordo com as conclusões deste estudo, Portugal não dispõe de matéria-prima endógena suficiente para a produção de biocombustíveis que permita cumprir, até 2030, as metas previstas no Decreto-Lei n.º 84/2022, de 9 de dezembro – que veio estabelecer metas relativas ao consumo de energia proveniente de fontes renováveis, transpondo parcialmente a Diretiva (UE) 2018/2001. Deste modo, esta apresentação concluiu que *“a solução continuará a ser a importação de matérias-primas residuais, embora um aumento da eficiência na recolha de resíduos, nomeadamente de OAU [Óleos Alimentares Usados], bem como um melhor aproveitamento de outros resíduos contendo óleo, possa reduzir essa necessidade”*.

Complementarmente, a proposta de revisão em curso do PNEC veio enfatizar o papel da biomassa enquanto um importante recurso endógeno que contribui para a criação de valor no setor florestal, uma vez que permite aproveitar resíduos florestais que, de outra forma, seriam queimados ou perdidos. Nesse sentido, uma medida constante no PNEC proposto, que consideramos fundamental, é a promoção e disseminação de centros para recolha, armazenamento e disponibilização de biomassa a nível municipal ou intermunicipal. Esta medida permitirá assegurar uma adequada gestão da floresta, agricultura, pecuária, indústria alimentar e de outros resíduos orgânicos, permitindo, por sua vez, a disponibilização de recursos que poderão ser aproveitados e valorizados localmente numa vertente energética.

Além disso, o PNEC proposto pretende assumidamente assegurar um aumento da capacidade de sumidouro de carbono da floresta com foco na preservação da biodiversidade e redução de riscos de incêndios. Para focar neste objetivo, o PNEC proposto apresentou, designadamente, as seguintes medidas que consideramos essenciais: (i) o apoio à florestação de forma

organizada e previamente pensada; (ii) a implementação de planos de paisagem e das medidas programáticas de intervenção previstas no Programa de Transformação da Paisagem (PTP), que visem, em grosso modo, promover a diversidade de espécies e a multifuncionalidade nos espaços florestais, contribuindo, desta forma, para um maior rendimento dos produtores florestais e para tornar o território mais resiliente aos fogos rurais; e (iii) a capacitação da gestão de fogos rurais através da implementação das redes primárias e secundárias de faixas de gestão de combustível e de mosaicos de gestão de combustível, entre outras medidas previstas no Plano Nacional de Gestão Integrada de Fogos Rurais, assegurando, paralelamente, a proteção das infraestruturas da rede elétrica. A efetiva implementação destas medidas virá permitir o verdadeiro surgimento de uma bioeconomia de resíduos florestais o que, por sua vez, resultaria num contributo não negligenciável para a descarbonização.

Aliás, o PNEC proposto realça que, para que seja possível implementar políticas agrícolas e florestais bem-sucedidas, designadamente através da criação de sistemas de incentivo e penalização, será necessário melhorar previamente a informação existente sobre a estrutura e titularidade da propriedade, através da reorganização do sistema de cadastro da propriedade rústica em todo o território nacional. Esta necessidade de reorganização está intimamente ligada ao Estudo da Reforma da Propriedade Rústica em Portugal, impulsionado pelas preocupações relativas à produção florestal, por questões de gestão e pela premência dos problemas relativos ao risco de incêndio. Veja-se que, em agosto de 2021, o Governo procedeu à criação do Grupo de Trabalho para a Propriedade Rústica, que apresentou no passado mês de julho o seu primeiro volume de propostas, com vista a permitir que a floresta nacional alcance o seu potencial económico, se torne mais resiliente aos incêndios e, concomitantemente, incremente a sua capacidade de absorver dióxido de carbono.

Por fim, a última revisão da Diretiva das Energias Renováveis da União Europeia (RED III) aprovada em 23 de setembro de 2023, veio igualmente incluir a biomassa na definição de fontes de energia renováveis e, como tal, veio enfatizar e reconhecer a sua contribuição para o cumprimento do objetivo de contribuição de 42,5% de energia de fontes renováveis para o consumo da União Europeia até 2030. Porém, e apesar de reconhecer o papel da biomassa, a Diretiva veio também reforçar o quadro para

uma utilização eficaz e sustentável desta fonte de energia renovável. Nesse sentido, relativamente à biomassa florestal, o diploma introduziu medidas para assegurar que esta matéria-prima não deverá ser originária de zonas com interesse particular para a biodiversidade e veio incluir medidas que visam acabar com os incentivos à produção de eletricidade de biomassa florestal em instalações que operam sem aproveitamento de calor residual. Por último, a Diretiva impõe que o uso da bioenergia proveniente da biomassa florestal seja feita em linha com a última revisão do LULUCF (“*Land Use, Land Use Change and Forestry*”)^[1]. Desta forma, os Estados-Membros deverão avaliar a compatibilidade das projeções de utilização energética da biomassa florestal com os objetivos previstos pela LULUCF e RED III e refletir os mesmos nos seus Planos Nacionais de Energia e Clima. Com efeito, importará ter em conta que a necessidade de atingir as ambiciosas metas estabelecidas para a descarbonização, não deverá levar à sua utilização excessiva tornando-a mais nefasta ambientalmente do que benéfica.

Em suma, da análise conjunta das políticas já estabelecidas, bem como das previstas ou desejáveis, torna-se claro que a produção de bioenergia a partir de resíduos florestais representa uma oportunidade valiosa para diversificar o *mix* energético, participar no combate às alterações climáticas e contribuir para a gestão estrutural e sustentável das florestas.

Contudo, ficou igualmente demonstrada a necessidade de implementação de políticas que visem a maximização da eficiência na conversão energética da biomassa, tendo em vista a promoção da utilização desta matéria-prima na criação de produtos de alta importância estratégica. A título de exemplo, foi possível observar a mudança de paradigma e clara reorientação nas políticas energéticas

nacionais, nomeadamente na Visão Estratégica para o PRR e na proposta de revisão em curso PNEC 2030, de forma a redirecionar a subsídição pública para projetos que incluam aproveitamento do calor residual, ao invés do incentivo exclusivo da produção de eletricidade através da implantação de centrais a biomassa dedicadas.

Adicionalmente, os resultados aquém do esperado, das políticas das últimas décadas, vieram demonstrar cabalmente que a biomassa somente poderia ocupar um papel secundário na descarbonização do sector elétrico em Portugal. Por outro lado, seria bem-vinda a implementação de políticas que visassem apoiar a produção de biocombustíveis, sobretudo no que diz respeito a setores de difícil eletrificação, já que a biomassa poderá desempenhar um papel mais determinante na descarbonização desses setores. Porém, segundo a *Concawe* (2022), existem vários desafios técnico-económicos que terão de ser superados para se assegurar a otimização dessa conversão, incluindo questões associadas à recolha, armazenamento, pré-tratamento e custos operacionais desta matéria-prima.

Finalmente, esta análise veio destacar a necessidade de uma estratégia integrada que considere, tanto o potencial energético da biomassa, quanto o desenvolvimento regional e a revitalização de áreas propensas a incêndios. Esta abordagem assegurará a utilização otimizada da biomassa florestal, agregando valor, incentivando a sustentabilidade e apoiando o desenvolvimento regional. O sucesso dessa empreitada dependerá, todavia, de uma colaboração multidisciplinar adaptada às especificidades e necessidades nacionais e de uma execução bem-sucedida das políticas de reorganização e práticas de gestão coletiva das propriedades agroflorestais, como ambicionado pela implementação das áreas de gestão integrada da paisagem.

CALL TO ACTION

Conforme evidenciado neste *White Paper*, embora o Governo português, ao longo das últimas décadas, tenha vindo a promover a instalação de centrais de biomassa, a concretização dos seus objetivos ainda se encontra aquém do pretendido.

Nesse sentido, importará salientar a urgência na mudança de paradigma e estratégia nacional, que, salvo melhor opinião, deverá deixar de estar primordialmente focada nos incentivos à produção de eletricidade através da criação de centrais de biomassa – *pull strategy* -, e deverá, ao invés, focar-se nos incentivos à colheita da biomassa residual florestal, que, por sua vez, visará garantir uma maior disponibilidade deste recurso e permitir que diferentes usos compitam para a sua utilização - *push strategy*.

Assim, ficou demonstrado ser fundamental garantir uma eficaz mobilização da biomassa acumulada, por forma a permitir uma regular e fiável fonte de abastecimento e, simultaneamente, contribuir para a diminuição do potencial de risco de incêndio. Como tal, verificou-se a necessidade de investimento público em infraestrutura e equipamentos que venham permitir uma maior mecanização da recolha, mobilização, transporte e tratamento desta biomassa, numa estratégia que idealmente deverá ser implementada pelos agentes locais, mas sempre enquadrada numa visão integrada e holística com os parceiros regionais.

Por outro lado, ficou confirmada a necessidade de implementação de uma estratégia que permita a diversificação da utilização da biomassa e que vise otimizar o seu rendimento, aumentando, assim, o seu valor. Nesta senda, consideramos imperioso que a biomassa seja considerada para fins onde o seu uso seja indispensável na contribuição para a descarbonização de setores críticos e de difícil eletrificação, tais como a aviação, os processos industriais que requerem altas temperaturas, o transporte marítimo e o transporte de cargas, através de biocombustíveis.

Ademais, para a eficaz utilização da biomassa, ficou igualmente demonstrada a necessidade de garantir uma floresta mais produtiva e estruturada, que, por um lado, garanta maior quantidade do próprio produto e que, por outro lado, assegure que as áreas menos produtivas também são resilientes aos riscos de incêndio. Com isso em mente, torna-se clara a necessidade do investimento em territórios florestais com menor atratividade comercial, mas, ainda assim, fundamentais na gestão integral e holística da floresta nacional.

Assim, serão necessárias ações que adaptem grandes extensões de terreno a espécies mais resilientes e com mais descontinuidades, procurando ampliar as áreas suscetíveis de providenciar serviços de sistema ambiental.

Por fim, cabe-nos realçar que se deve promover a diversificação dos atores e atividades económicas de âmbito florestal, encorajando o desenvolvimento de cooperativas de produtores florestais e de novas entidades que necessitem de biomassa para a produção de bioenergia ou bio produtos. Esta abordagem constituiria uma relevante vantagem para este setor, já que garantiria a sua independência face a um número limitado de *players* ou determinada cultura predominante. Esta diversificação traria a consequente competitividade e inovação, que, por sua vez, naturalmente fomentariam a implementação de práticas mais benéficas.

Anexo 1 - Valores utilizados na análise do caso de estudo, e comparação com valores de referência em outros estudos

Índice	Referência	Valor da referência	Valor utilizado no estudo
Crescimento de biomassa primária por ano	Toros de Madeira: Eurostat [10] Densidade da Madeira: [17] Área de Floresta*: IFN6 [1]	$\frac{10.7 \text{ Mm}^3 \cdot 0.76 \frac{t}{\text{m}^3}}{2.28 \text{ Mha}} = 3.6 \frac{t}{\text{ha. ano}}$	$4 \frac{t}{\text{ha. ano}}$ Assumiu-se valor incluindo casca
Crescimento de resíduos em matos e baldios por ano	Estudo AR 2013 [19] Estudo INESC TEC [17]	Estudo AR: $0.6 \frac{t}{\text{ha.ano}}$ INESC TEC: $0.4 \frac{t}{\text{ha.ano}}$	$0.4 \frac{t}{\text{ha. ano}}$
Resíduos do corte de árvores (cascas, ramos e bicadas)	[17]	23.3%	25%
Fator de mobilização dos resíduos de cortes de árvores sem aplicação industrial primária	[17]	50%	10%***
Percentagem de biomassa residual da limpeza de terrenos que será mobilizada	[11]	20%	25%
Consumo de biomassa para produção elétrica	[22]	$1.76 \frac{t}{\text{MWhe}}$	$2 \frac{t}{\text{MWhe}}$ ****
Fator de carga de central a biomassa	[22]	80%	75%
Preço Pago por resíduos	[19]	$31.68 \frac{\text{€}}{t}$	$20 \frac{\text{€}}{t}$ *****

*Exclui-se a área de floresta de sobreiro.

** Este estudo menciona um potencial de 1.6 mas considera possível mobilizar cerca de 0.4 t/ha.ano

*** Neste estudo apenas se considera 10% de fator de mobilização destes resíduos localmente, uma vez que 50% são deixados nos terrenos e assumimos que a maioria dos resíduos mobilizáveis, será encaminhado para os processos industriais já existentes, 40% desta biomassa.

**** O consumo de biomassa considerado é mais elevado do verificado em alguma da literatura, uma vez que consistira em grande parte de resíduos de limpeza de terrenos.

***** O valor considerado foi baseado em valores discutidos com peritos no sector em comunicação pessoal, sobre os valores pagos pela biomassa nas centrais existentes

REFERÊNCIAS

- [1] Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (ICNF), «6.º Inventário Florestal Nacional», 2015.
- [2] Instituto Nacional de Estatística (INE), «INE - Exportações anuais (€) de bens por Local de destino e Tipo de bens». Acedido: 2 de Novembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&indOcorrCod=0005720&selTab=tab0
- [3] Pordata, «Exportações de bens: total e por tipo». Acedido: 2 de Novembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.pordata.pt/portugal/exportacoes+de+bens+total+e+por+tipo-2327>
- [4] Diário da República, *Estratégia Nacional para as Florestas*. Diário da República, 2006.
- [5] ZERO – Associação Sistema Terrestre Sustentável e Biofuelwatch, «A biomassa em Portugal», 2021.
- [6] Florestas.pt, «Dinâmica rural e florestas nos últimos 200 anos em Portugal». Acedido: 23 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://florestas.pt/conhecer/dinamica-rural-e-florestas-nos-ultimos-200-anos-em-portugal/>
- [7] Florestas.pt, «Propriedade florestal: privada, fragmentada e com escassos planos de gestão». Acedido: 23 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://florestas.pt/conhecer/propriedade-florestal-em-portugal-privada-fragmentada-e-com-escassos-planos-de-gestao/>
- [8] A. Serra e R. Garcia, «Onde estão as principais espécies florestais? - Pordata». Acedido: 4 de Novembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.pordata.pt/publicacoes/infografias/onde+estao+as+principais+especies+florestais+-265>
- [9] PORDATA, «PORDATA - Estatísticas, gráficos e indicadores». Acedido: 23 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.pordata.pt/>
- [10] Eurostat, «Database - Forestry - Eurostat». Acedido: 23 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/forestry/data/database>
- [11] FAO, «FAOSTAT - Forestry Production and Trade». Acedido: 23 de Setembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>
- [12] BIOND - Forest fibers from Portugal, «BOLETIM ESTATÍSTICO 2021», 2021.
- [13] Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), «Visualizador de Mapas - DGEG». Acedido: 4 de Novembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://portalgeo.dgeg.gov.pt/arcgis/apps/webappviewer/index.html?id=de764a4a5ccd446292cb26a7e5c2e725>
- [14] INEGI, «E2P - Energias Endógenas de Portugal». Acedido: 4 de Novembro de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://e2p.inegi.up.pt/index.php?Lang=PT>
- [15] Centro PINUS, «A fileira do pinho em 2022 - Indicadores da fileira do pinho», Viana do Castelo, Jul. 2022.
- [16] Biofuelwatch, Acréscimo, Quercus, Iris – Associação Nacional de Ambiente, e Environmental Paper Network, «Acumulando pressão - Os impactos do domínio das celuloses sobre o mercado de produção de eletricidade a partir de biomassa em Portugal», 2023.
- [17] J. Cunha e A. Marques, «Caracterização das cadeias de abastecimento de biomassa florestal em Portugal», Jan. 2020.
- [18] Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), «PLANO NACIONAL ENERGIA E CLIMA 2021-2030 (PNEC 2030)», Portugal, Jun. 2023.
- [19] Comissão Agricultura e Mar - Assembleia da. República, «Relatório do Grupo de Trabalho da Biomassa», 2013.
- [20] Diário da República, «Resolução do Conselho de Ministros n.º 163/2017 - Plano Nacional para a Promoção das Biorrefinarias», *Diário da República*, vol. 210, pp. 5839–5847, 2017.
- [21] L. J. R. Nunes, M. Casau, M. F. Dias, J. C. O. Matias, e L. C. Teixeira, «Agroforest woody residual biomass-to-energy supply chain analysis: Feasible and sustainable renewable resource exploitation for an alternative to fossil fuels», *Results in Engineering*, vol. 17, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101010.
- [22] Associação Portuguesa de Energias Renováveis (APREN), «Anuário da APREN - 2022», 2022.
- [23] IEA, «Biomass for Power Generation and CHP», Paris, 2007.
- [24] A. Patricia *et al.*, «Future diesel-like renewable fuels - A literature review», 2022.

AUTORES

ALEXANDRE CARVALHO

ANA RITA GOMES

FLÁVIA LIMA

HENRIQUE POMBEIRO

JOÃO GRAÇA GOMES

MARIANA FIGUEIREDO

NEVIN ALIJA

VASCO ZEFERINA

AGRADECIMENTOS

Os membros do programa Future Energy Leaders Portugal agradecem a revisão cuidada do relatório realizada.

Agradecem ainda os especialistas envolvidos na auscultação realizada durante a preparação do artigo:

- Alexandra Marques (ForestWISE)
- Cristina Santos (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, ICNF)
- Francisco Gírio (Laboratório Nacional de Energia e Geologia, LNEG)
- Francisco Goes (Biond)
- Graça Maria Louro (Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, ICNF)
- Karla Belen Guerra Huilca (Universidad de Sevilla)
- Leonel Jorge Ribeiro Nunes (Instituto Politécnico de Viana do Castelo)
- Muir Freer (Tyndall Centre for Climate Change Research)
- Nuno Forner (ZERO - Associação Sistema Terrestre Sustentável)
- Sónia Figo (Centro da Biomassa para a Energia, CBE)
- Susana Carneiro (Centro PINUS)
- Teresa Almeida (Centro da Biomassa para a Energia, CBE)
- Tiago Cordeiro (Altri)

Os agradecimentos estendem-se ao Eng. Bento Morais Sarmiento, Ana Sousa, Marisa Serra, Pedro Ferreira.

Sobre a APE – Associação Portuguesa de Energia

A Associação Portuguesa de Energia é uma instituição privada, de utilidade pública, sem fins lucrativos, constituída em 1989 que desenvolve actividade na área da energia sustentável, procurando dinamizar a reflexão e o debate em áreas ligadas à evolução do setor energético e desenvolver ações que reforcem o seu papel na economia e na qualidade de vida em Portugal. A APE assegura a representação nacional no Conselho Mundial de Energia (World Energy Council), tendo como associados as principais empresas e organismos públicos do setor energético, bem como da indústria transformadora e dos serviços. Mais informação disponível em www.apenergia.pt

Sobre o FELPT

O FELPT é uma iniciativa que visa promover o debate sobre questões prementes do setor energético, ajudar a moldar soluções para o futuro do setor no contexto português.

O programa FELPT assenta em ideias criativas com potencial inovador para desafiar o pensamento convencional e explorar novas estratégias para o futuro dos sistemas energéticos, oferecendo aos jovens profissionais uma oportunidade única de aprender, desenvolver competências e participar no debate de questões de energia.

Para mais informação sobre o programa FELPT siga-nos em:

