

seguimento da sua recolha para reduzir o risco de incêndio; os licores negros são usados num processo integrado de produção de pasta de papel; o biogás produz-se num contexto do tratamento ambiental de estrumes, resíduos agroindustriais, entre outros. Esta colateralidade da bioenergia poderia ser uma fraqueza face a outras categorias de energias renováveis, mas torna-se uma força no presente contexto de políticas públicas muito agressivamente empenhadas na neutralidade carbónica. Considere-se que os resíduos de biomassa não tratados emitem, não apenas CO<sub>2</sub> climaticamente neutro, mas também metano e/ou óxido nitroso. Então, todos os resíduos de biomassa devem ser tratados, e claro, com valorização energética sempre que possível. Em conclusão, num contexto de neutralidade carbónica, de forma geral a bioenergia a partir de resíduos passa, de ser atualmente uma oportunidade, para ser quase sempre uma exigência.

Os aspetos tecnológicos também foram considerados. Vejamos o caso das centrais termoeletricas a biomassa. Embora a sua produção valha apenas ca. 2% da eletricidade injetada na rede nacional, importa assegurar a sua presença no sistema, uma vez que esta energia é despachável. Mas não é apenas isto: a longo prazo perspetiva-se que estas centrais tenham um papel inesperado no fecho do balanço de equilíbrio carbónico. Considere-se que existem emissões remanescentes que não se podem eliminar sem um esforço desmesurado e ineficaz, além de emissões intrínsecas a processos industriais, com destaque para as da produção de cimento e cal. Para compensar estas emissões, em Portugal o RNC confia na capacidade de sumidouro biológico de CO<sub>2</sub>, tipicamente das pastagens e das florestas. Mas esta capacidade está ameaçada pelas próprias alterações climáticas e pensa-se que estará sobrestimada. Um mecanismo adicional seria então capturar as emissões de CO<sub>2</sub> de origem biológica em instalações de produção de eletricidade (talvez também na cogeração) e sequestrá-las em formações geológicas – tipicamente aquíferos salinos profundos no caso português (STRATEGY-CCUS, 2022). Este sequestro de um CO<sub>2</sub> climaticamente neutro, conhecido por BECCS (*BioEnergy with Carbon Capture and Storage*), conduz a um efeito de “emissões negativas”.

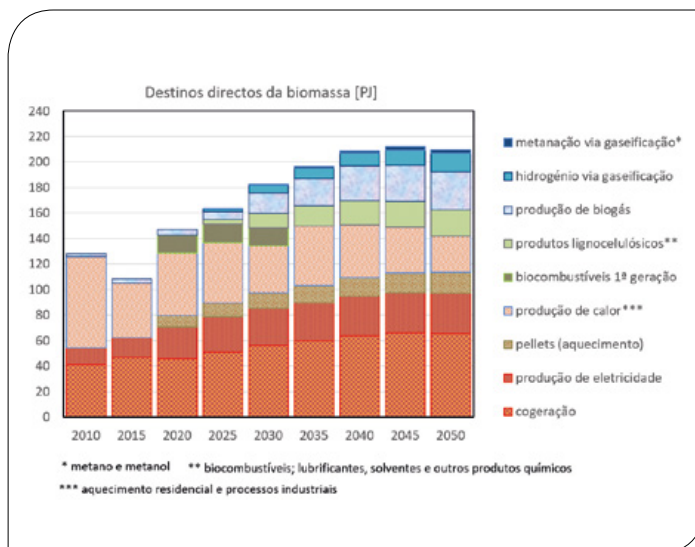
Finalmente, teve-se em conta aspetos da procura de energia. Por exemplo, Portugal não prevê o bioGPL, já que para os seus usos finais nos edifícios (cozinha, aquecimento de águas, e climatização) pode ser sempre substituído por eletricidade, e já que a indústria química pode trabalhar a partir de outros gases.

Com suporte neste tipo de estudos estratégicos, o OTIMBIO estudou depois quantitativamente como melhor utilizar os recursos, por um lado usando análises de decisão multicritério de alto nível (Andrade et al, 2022) e por outro, ensaiando múltiplas cenarizações no modelo JANUS. A melhor solução parece ser o direcionamento para diferentes cadeias de valor ao longo do tempo, com os resultados sintetizados na **Figura 2**.

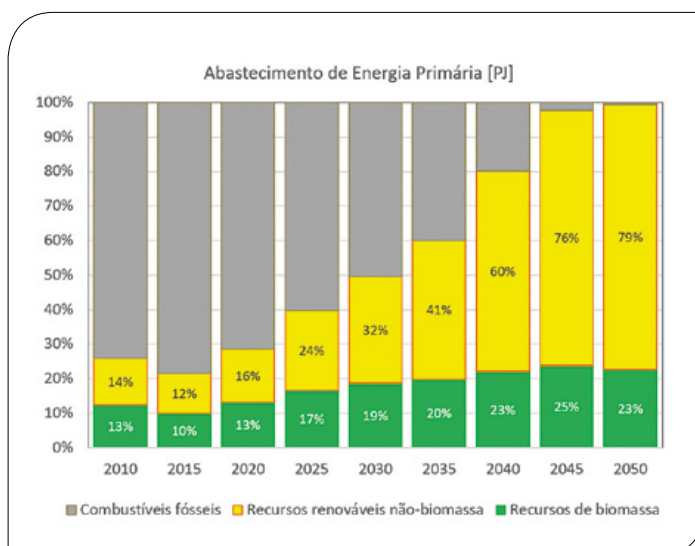
Identificam-se 3 padrões principais:

- (i) nos biocombustíveis, descontinuação dos biolíquidos alimentares 2030, compensado pela utilização de mais óleos usados, e de resíduos lignocelulósicos; sendo cada vez menos dirigidos a combustíveis rodoviários, e cada vez mais a metanol e jet fuel;
- (ii) grande aumento da produção de biogás, não tanto para produção imediata de eletricidade, mas como forma de descarbonizar o gás natural por mistura de biogás limpo;
- (iii) redução forte da utilização direta de resíduos para produção de calor; em benefício de aumentos na bioeletricidade, cogeração, biocombustíveis, e gaseificação para hidrogénio, metano, entre outros.

Em conclusão, a bioenergia poderá crescer cerca de 48% relativamente a hoje, aumentando a sua penetração no *mix* energético 23%-25%. Estas perspetivas risonhas não devem fazer esquecer que outras vertentes de energias renováveis terão um crescimento muito mais elevado e assumirão um protagonismo dominante, *vd.* **Figura 3**. Seja como for, há amplas oportunidades para a bioenergia num futuro sistema energético nacional sustentável, seguro, e climaticamente neutro.



**Figura 2** Cenário OTIMBIO para a transformação de recursos de biomassa.



**Figura 3** Cenário OTIMBIO para a evolução do mix energético primário.

## Referências

- [1] Aguiar, R., Borges, R.P., Martins, P., Andrade, A., Cabrita, I. (2022). JANUS: A Comprehensive National Modelling Tool to Support Energy-Emissions Planning in Portugal. In: Sustainable Energy Development and Innovation, Springer.
- [2] Andrade, A., Duarte, C., Aguiar, R., Cabrita, I. (2022). Analysing Technology Implementation Alternatives in the Portuguese Bioenergy Sector. In: Sustainable Energy Development and Innovation, Springer.
- [3] EN-H2 (2020). Resolução de Conselho de Ministros n.º 63/2020.
- [4] OTIMBIO (2018). Projeto POEUR-01-I001-FC-00003.
- [5] STRATEGY-CCUS (2022). Projeto H2020, Grant Agreement 837754. Vd. www.strategyccus.eu.
- [6] Partidário, P., Aguiar, R., Martins, P., Rangel, C. and Cabrita, I. (2020). The hydrogen roadmap in the Portuguese Energy system - Developing the P2G case. Int. J. Hydrogen Energy 45 (2020) 25646 – 25657, Elsevier.
- [7] PNEC (2020). Resolução de Conselho de Ministros n.º 53/2020.
- [8] PNPB (2017). Resolução do Conselho de Ministros n.º 163/2017.
- [9] RNC (2019). Resolução de Conselho de Ministros n.º 107/2019. [lm](#)

# novos modelos de **negócios** **circulares** na produção de bioprodutos e **bioenergia**

O atual modelo linear de extração de recursos é incompatível com as novas políticas públicas e necessidades das empresas e indústria em enfrentar os riscos ambientais e a escassez de matérias-primas, a finitude dos combustíveis fósseis e a importação de longa distância de materiais.

David Ramos Silva e Jorge Rodrigues de Almeida  
RdA Climate Solutions

Os novos modelos de negócio surgem na sequência da urgência por um progresso verde sustentável, transitando de um modelo linear baseado no consumo e desperdício para um sistema circular que prolonga a vida útil dos materiais e produtos.

Concomitantemente, Portugal, Europa e o Mundo enfrentam 5 grandes desafios ambientais que têm induzido maiores riscos para a economia e a saúde pública, expondo as populações e as organizações a uma maior vulnerabilidade. Alguns impactos já se fazem sentir na segurança do abastecimento de tecnologias, produtos, matérias-primas e outros recursos naturais, nos danos materiais em infraestruturas e equipamentos devido aos impactos de fenómenos meteorológicos e climáticos extremos, no aumento de custos de produção, materiais e bens, entre outros. Os seguintes desafios traduzem-se igualmente na crescente preocupação geopolítica resultante de diversas pequenas e grandes guerras pela competição e domínio de recursos naturais, como os reservatórios de combustíveis fósseis, fontes de água doce e potável, jazigos minerais, áreas férteis para a exploração agropecuária e áreas de elevada densidade de biomassa.

## 1. Perda de biodiversidade e ecossistemas

Relatórios recentes indicam que o impacto humano sobre os ecossistemas, dentro das 8 milhões de espécies no Mundo, repercutir-se-á em cerca de 1 milhão de espécies de animais e plantas em risco de extinção dentro de décadas, sendo que 571 espécies de plantas já desapareceram da Terra nos últimos 250 anos. A deterioração da saúde e área dos ecossistemas está a comprometer gravemente a nossa sobrevivência e a segurança alimentar; e de outros recursos como a água e solo, saúde pública e economia. Neste sentido, a perda de biodiversidade e ecossistemas é tão grave como as alterações climáticas, e ambas estão estritamente interrelacionadas.

O financiamento público internacional anual para a proteção e recuperação da biodiversidade atingiu em 2020 cerca de 9,3 bilhões de dólares, que é ainda assim bastante baixo comparativamente aos 500 bilhões de dólares gastos em subsídios governamentais (por exemplo, subsídios aos combustíveis fósseis e às indústrias de elevada intensidade carbónica) que causam potencialmente danos ambientais.

## 2. Alterações ao uso do solo e do mar

Os solos são os maiores reservatórios de carbono, a seguir aos oceanos, desempenhando assim um papel fundamental na mitigação (captura e sequestro) e adaptação aos impactos da crise climática, pelo que se estima que até 34% das emissões de GEE (Gases com Efeito de Estufa) resultantes da agricultura podem ser compensadas com solos saudáveis (considerando, como indicam alguns estudos, que os solos podem sequestrar até 2,05 Pg de CO<sub>2</sub> e por ano).

As alterações no uso do solo terrestre e do mar foram significativas nas últimas décadas pela ação humana, registando-se mudanças em 3/4 do ambiente terrestre e 2/3 do ambiente marítimo. Cerca de 95% da produção global de alimentos depende do solo, sendo que 1/3 encontra-se já em estado degradado. No entanto, as práticas agrícolas insustentáveis, a sobre-exploração dos recursos naturais e o crescimento populacional aumentarão o risco de erosão do solo, o que poderá causar perdas de 10% na produção agrícola e de cerca de 75 bilhões de toneladas de solo até 2050. A degradação dos solos no Mundo foi responsável também pela emissão atmosférica de 78 Gton de carbono. Outros fenómenos como o uso de agroquímicos, que duplicou a sua produção desde 2000 para 2,3 bilhões de toneladas e estimando-se um aumento de 85% até ao final desta década, e a salinização dos solos, que afeta 160 milhões de hectares de terras agrícolas no Mundo, têm sido responsáveis por 1,5 milhões de hectares improdutivos por ano.

Desde 1990, a Terra perdeu 28,7 milhões de hectares de florestas que funcionam como sumidouros de carbono da atmosfera, além de que os solos são o habitat de cerca de 25% da biodiversidade global. A deterioração dos ecossistemas aquáticos e a sua sobre-exploração conduziu a que 90% da população de peixes marinhos esteja em declínio.

## 3. Perda e desperdício alimentar

É considerado um luxo quando cerca de 30 a 40% do que é produzido é desperdiçado como resíduo ou perdido durante o processo (por exemplo, por ultrapassar a validade ou por ineficiência do processo produtivo). Ao mesmo tempo, existem milhares de milhões de pessoas sem acesso a uma nutrição adequada e suficiente. Como tal, este modelo linear de processamento desde a extração à produção, transporte e modo de consumo final,

continua a ser a principal causa da perda e desperdício de recursos e biodiversidade, contribuindo assim para a intensificação das alterações climáticas, o stress hídrico e a esgotamento do solo.

#### 4. Escassez de recursos naturais

A eficiência e os modelos circulares serão a resposta, bem como a diversificação das fontes renováveis e a segurança do aprovisionamento, à escassez de recursos e ao défice ecológico que já contabiliza 1,7 planetas Terra necessários para regenerar os recursos biológicos (água, madeira, terra, entre outros) consumidos e degradados nesta era do Antropoceno.

As cidades na Europa concentram cerca de 75% da população (1% da área terrestre total), 70% do consumo de energia e de recursos globais, 50% da produção total de resíduos (onde 30 a 40% são biorresíduos) e 70% das emissões de GEE. Desta forma, as áreas urbanas desempenham um papel central na transição para a bioeconomia circular e a geração de bioenergia.

#### 5. Crise climática

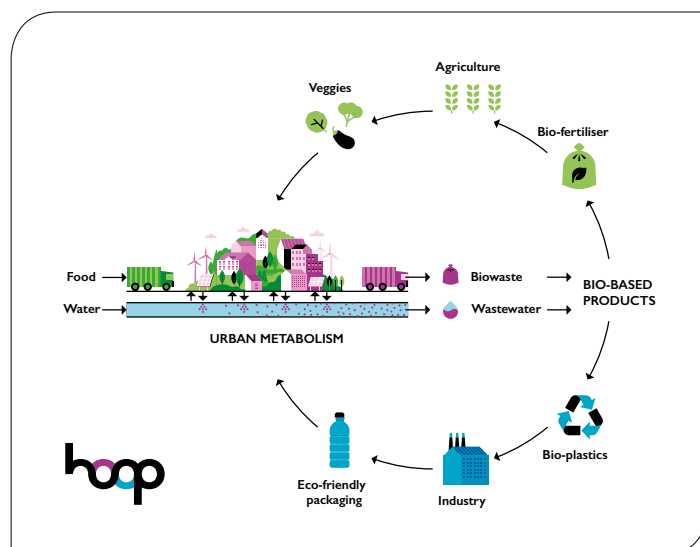
Atendendo que a emissão de GEE duplicou desde 1980, provocando um aumento da temperatura global em pelo menos de 0,7 °C, a União Europeia (UE) estabeleceu como meta de redução de GEE de pelo menos 55% até 2030 em relação aos níveis de 1990, por forma a contribuir para que o aumento da temperatura global seja inferior a 2 °C e com esforços adicionais limitar de preferência até 1,5 °C, de acordo com o Acordo de Paris. Até 2050, a UE e Portugal pretendem que a economia e sociedade sejam hipocarbónicas, ou seja, descarbonizadas e neutras em emissões de GEE, em linha com o “European Green Deal” e o Roteiro Nacional para a Neutralidade Carbónica.

Neste contexto, os novos modelos de negócio em bioeconomia circular surgem como parte da solução para estas 5 prioridades ambientais, com implicações na economia, saúde, sociedade e governança. A bioeconomia circular abrange todos os sectores económicos (agricultura, silvicultura, pescas, aquacultura, indústria, entre outros) e sistemas que dependem e utilizam processos e recursos biológicos (biomassa, resíduos orgânicos, entre outros) para produzir bioprodutos, bioenergia e serviços. Este conceito inclui e interliga os ecossistemas terrestres e aquáticos e os seus serviços, conforme se destacou anteriormente. Nesta senda surge o projeto HOOP – *Hub of circular cities boosting platform to foster investments for the valorisation of urban biowaste and wastewater* (disponível em [www.hoopproject.eu](http://www.hoopproject.eu)) financiado pelo Horizonte 2020, que visa desbloquear investimentos de bioeconomia na Europa.

O projeto oferece assistência técnica ao desenvolvimento de projetos a um grupo de 8 cidades e regiões europeias onde se inclui o Grande Porto com a Lipor. Este conceito de bioeconomia circular do HOOP está ilustrado na **Figura 1**.

O HOOP pretende, assim, obter produtos de base biológica sustentáveis a partir de modelos de negócio inovadores que valorizem a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e as lamas de ETAR. Neste âmbito, o projeto irá disponibilizar serviços e conhecimentos técnicos, económicos, financeiros e jurídicos até 2024. A RdA Climate Solutions está a desenvolver, para um conjunto de bioprocessos e tecnologias selecionadas pelas cidades e regiões, modelos de negócio inovadores, análise de *compliance* à Taxonomia Europeia, *standards* de *due diligence*, e apoio na seleção de investidores e fontes de financiamento público.

As cidades e regiões europeias que, embora não integrem o projeto, pretendam aderir à Rede HOOP de Cidades e Regiões da Europa, tal como fizeram Cascais, Lisboa, Guimarães, Viana do Castelo e outros 42 novos membros, irão usufruir da partilha de conhecimentos, experiências e boas práticas nesta área, além de sessões de formação, ferramentas e recursos produzidos no âmbito do projeto. Para aderir e ter acesso a estes recursos basta visitar o site do projeto e selecionar “Network”.



**Figura 1** Conceito de bioeconomia circular urbana do HOOP: resíduos orgânicos e lamas de ETAR convertidos em bioprodutos de alto valor inovativo.

De acordo com o relatório de estado-da-arte realizado pelo HOOP sobre a produção de bioprodutos, a partir da fração orgânica dos RSU e lamas de ETAR, existem cerca de 17 tecnologias disponíveis e com nível de maturidade tecnológica adequado para as cidades, regiões e empresas escolherem e implementarem. Após a seleção das tecnologias, a RdA Climate Solutions e os restantes parceiros do HOOP irão apoiar as cidades na preparação do respetivo modelo e plano de negócio. O consórcio do projeto está, também, a publicar gradualmente fichas técnicas dedicadas a cada tecnologia e processo, estando disponíveis no repositório de recursos virtuais do HOOP.

No mesmo repositório de recursos, atualizado mensalmente, é possível aceder a relatórios, manuais, materiais de divulgação, apresentações e vídeos de *webinars*, *workshops* e ações de formação. Na **Tabela 1** estão descritas as 17 tecnologias/processos prontas a serem implementadas, e respetivas biomassas de consumo e bioprodutos a comercializar. Em todos os processos, a bioenergia (biogás, biometano, biohidrogénio, bioetanol, biodiesel, calor, eletricidade, entre outros) pode ser gerada para consumo próprio no processo ou pré-tratamento da biomassa, tornando o processo sustentável e autossuficiente em energia, e/ou para comercialização. Os biorresíduos podem ser compostos por resíduos verdes de parques e jardins, resíduos de madeira e resíduos alimentares.

Paralelamente e de forma independente, o Bio-based Industries Consortium (BIC) publicou em 2021 o mapeamento do potencial e oportunidades da valorização e produção de bioprodutos em Portugal, bem como dos principais agentes locais (universidades, indústrias, centros de investigação, clusters, parques tecnológicos, entre outros) e de outros projetos relevantes nesta área, que complementa a informação elaborada pelo HOOP. O relatório conclui o seguinte:

- a) as atividades económicas com maior potencial em Portugal para a produção de bioprodutos inovadores e bioenergia enquadram-se nos sectores da agricultura e silvicultura, pescas, aquacultura e economia azul, alimentar e bebidas, madeira, pasta e papel, biotecnologia, indústrias química e farmacêutica;
- b) principais produtores/aplicações: indústrias alimentar; química e farmacêutica; cosméticos e beleza; produtos de higiene e limpeza; biomateriais; medicina e biomedicina; bioplásticos e borracha; têxtil; perfumes; solventes, tintas, vernizes, resinas, fibras e outros; rações para pecuária, aquacultura e agricultura; fertilizantes, pesticidas e outros produtos agroquímicos; biocombustíveis sólidos, líquidos e gasosos;