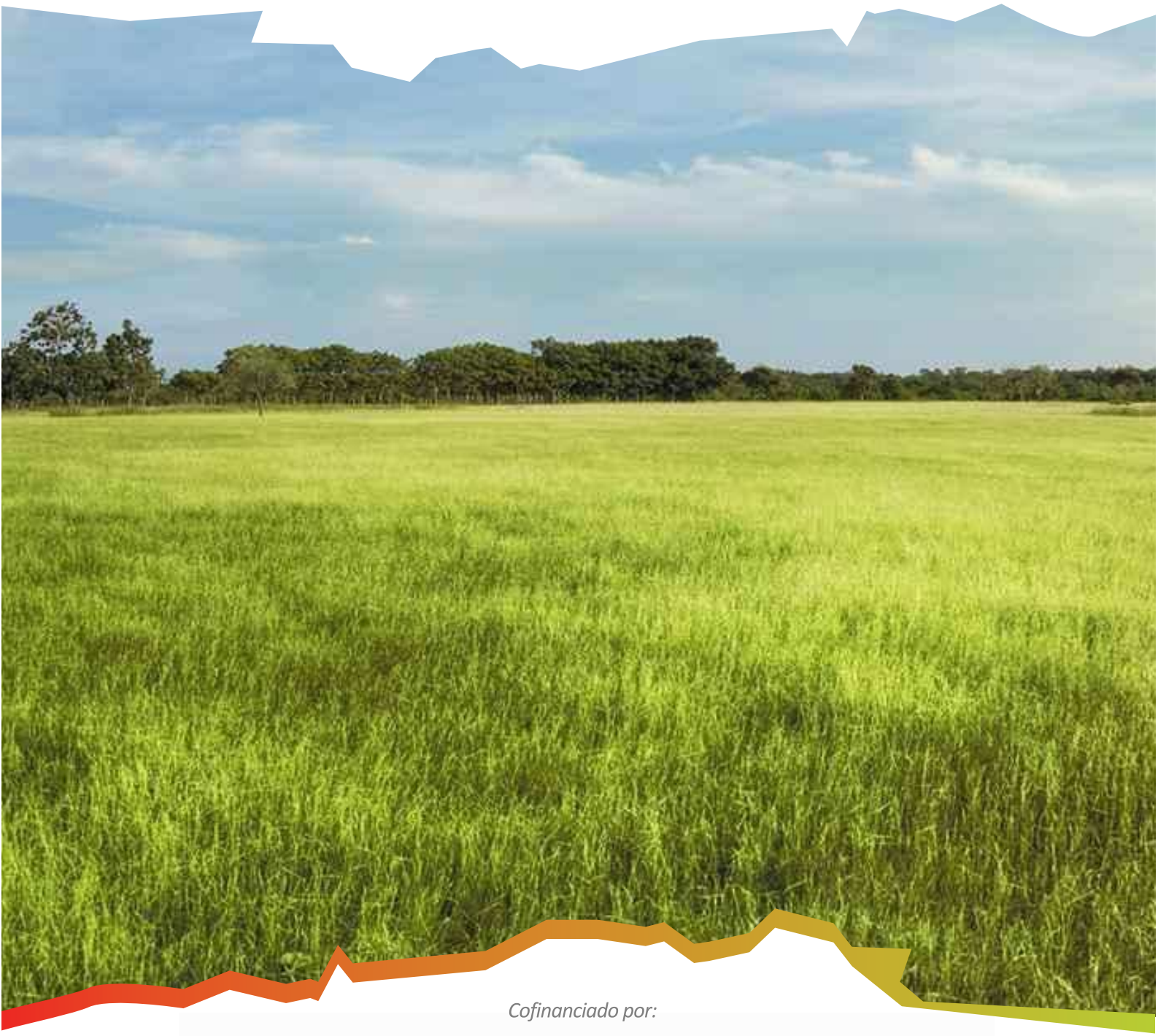
AJAP
Associação dos Jovens Agricultores de Portugal

Manual Mitigação às Alterações Climáticas no MUNDO RURAL



Cofinanciado por:

PDR2020 PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO RURAL 2014·2020

PORTUGAL 2020

UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu Agrícola de Desenvolvimento Rural
A Europa investe nas zonas rurais

Manual Mitigação às Alterações Climáticas no MUNDO RURAL

Ficha técnica

Título: Manual Mitigação às Alterações Climáticas no Mundo Rural

Autor: Associação dos Jovens Agricultores de Portugal

Lisboa | 2021

Grafismo e Paginação: Miguel Inácio
Impressão: GMT Gráficos
Tiragem: 250 ex.
Depósito Legal: 491803/21
ISBN: 978-989-8319-53-1

Distribuição Gratuita

ÍNDICE

NOTA INTRODUTÓRIA 9
1 - ENQUADRAMENTO 11
2 - ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO NA AGRICULTURA 17
2.1 - Porquê Mitigar? 18
2.2 - Um Serviço para a Sociedade 21
2.3 - Políticas e Mercados 24
2.3.1 - Reformas da Política Agrícola Comum (PAC) 24
2.3.2 - Roteiro para a Neutralidade Carbónica 27
2.3.3 - *Mercados de Carbono* 29
2.4 - Agricultura Regenerativa 32
3 - SEQUESTRO DE CARBONO NA AGRICULTURA 35
3.1 - Potencial da Agricultura como Sequestro de Carbono 40
3.1.1 - *Culturas Permanentes* 40
3.1.2 - Biomassa 46
4 - BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS SEQUESTRADORAS DE CARBONO (BPASC) 51
4.1 - Boas Práticas 52
4.1.1 - BPASC 1: Manutenção do solo com uma cobertura vegetal 52
4.1.2 - BPASC 2: Perturbação mínima do solo 55
4.1.3 - BPASC 3: Prática de uma rotação adequada de culturas 55
4.1.4 - BPASC 4: Otimização do uso de agroquímicos 57
4.1.5 - BPASC 5: Manuseamento adequado de produtos agroquímicos 58
4.1.6 - BPASC 6: Utilização de tecnologias avançadas 60
4.1.7 - BPASC 7: Implementação de estratégias de rega óptima e rega deficitária controlada 62
4.1.8 - BPASC 8: Consideração conjunta de práticas agronómicas, técnicas e económicas optimizadas para a melhoria da gestão da água de rega 64
4.1.9 - BPASC 9: Instalação de margens multifuncionais e estruturas de retenção 65
4.1.10 - BPASC 10: Medidas de fomento da biodiversidade 67
4.2 - Protocolo de Monitorização de Boas Práticas Agrícolas Sequestradoras de Carbono 70
4.3 - Matriz de Avaliação 72
5 - A PEGADA DE CARBONO NA AGRICULTURA 79
5.1 - Conceito 80
5.2 - Exemplos e Casos de Estudo 81
5.2.1 - *Vinho* 81
5.2.2 - Olival 82
5.2.3 - Amendoal 84
6 - A VISÃO DE TIAGO DOMINGOS 87
REFERÊNCIAS 103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Fontes de emissão e sumidouros naturais 18
Figura 2 - Emissões globais anuais de CO_2 (1751-2019) 19
Figura 3 - Emissões de GEE - Produção vegetal 29
Figura 4 - CO_2 fixado nas estruturas permanentes acima do solo, raízes, material de poda, folhas e frutos em árvores jovens de oliveira 41
Figura 5 - Emissões de carbono e sequestro de carbono de olivais típicos na região de Umbria, Itália (1870 - 2015) 44
Figura 6 - Exemplos de infraestruturas ecológicas e o respetivo impacto na biodiversidade e serviços dos ecossistemas 69
Figura 7 - Pegada de carbono do Vinho 81
Figura 8 - Modelo de Previsão da Taxa Anual de Carbono no Olival, em função da densidade de plantação 83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Previsões de evolução dos preços dos principais produtos energéticos e do CO_2 30
Tabela 2 - Lista de soluções da categoria Food, Agriculture, and Land Use / Land Sinks 33
Tabela 3 - Síntese de práticas 38
Tabela 4 - Conteúdo de carbono e produção de húmus proveniente da decomposição de folhas senescentes e material de poda de um pomar de oliveiras jovens e maduras 41
Tabela 5 - Performance ambiental dos atributos associados às diferentes práticas de gestão 42
Tabela 6 - Conteúdo de carbono orgânico no solo, CO_2 e sequestro de carbono após mudanças nas práticas culturais em dois tipos de solo 43
Tabela 7 - Fontes potenciais de energia renovável para diversos tipos de exploração agrícola 47
Tabela 8 - Estimativas de biomassa provenientes de atividades agrícolas por região em Portugal 48
Tabela 9 - Quantidade total de biomassa florestal residual florestal (teórica) de Pinheiro-bravo e Eucalipto, por NUT II 50
Tabela 10 - Balanço de Carbono no Olival, segundo a variedade e a densidade de plantação 84

SIGLAS

AFOLU	*Land Use, Land-Use Change and Forestry*
C	Carbono
CCS	*Carbon Capture and Storage*
CDR	*Carbon Dioxide Removal*
CELE	Comércio Europeu de Licenças de Carbono
CFC	Clorofluorcarboneto
CH_4	Metano
CO_2	Dióxido de Carbono
EFA	Estruturas de Foco Ecológico
eq.	equivalente
GEE	Gases com Efeito de Estufa
HFC	Hidrofluorocarboneto
HNV	*High Natural Value*
IPCC	*Intergovernmental Panel on Climate Change*
MS	Massa seca
Mt	Megatonelada
N	Azoto
NBC	*Nature-based carbon*
NIR	*National Inventory Report*
PPSBRL	Pastagens Permanentes Semeadas Biodiversas Ricas em Leguminosas
RNBC	Roteiro Nacional de Baixo Carbono
SRM	*Solar Radiation Management*
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas

NOTA INTRODUTÓRIA

A presente publicação surge no decurso do projeto intitulado "Alterações Climáticas no Mundo Rural – Impactos e Medidas de Adaptação e Mitigação", desenvolvido ao abrigo do PDR2020 (operação 2.1.4 – Ações de Informação), que objetiva a disseminação de informação técnica, designadamente no domínio do ambiente e clima, competitividade e do desenvolvimento dos territórios rurais, numa lógica de dotar os agentes do setor da produção de Produtos Agrícolas e Pecuários, Florestais e da Transformação e Comercialização de Produtos Agrícolas, de instrumentos e informação, por forma a melhor responder aos principais desafios do Mundo Rural relacionados com as Alterações Climáticas.

A agricultura enfrenta grandes desafios económicos e ambientais. Do ponto de vista económico, a irregularidade do clima, agravada pelas alterações climáticas previstas, aumentam o risco de perda de produção. A resposta passa por um aumento da resiliência do sistema às alterações climáticas e por um aumento na eficiência de utilização de fatores.

Contudo, a agricultura e a floresta, são setores especiais da sociedade. Ao contrário dos restantes, este setor que naturalmente precisa de se adaptar é o único, pelo menos no curto prazo, com capacidade para sequestrar dióxido de carbono da atmosfera e dessa forma, mitigar o efeito das alterações climáticas, colocando o país e a europa, no caminho da descarbonização rumo à neutralidade carbónica em 2050.

A AJAP - Associação dos Jovens Agricultores de Portugal apresenta este Manual, o terceiro de uma série que abordou o tema geral das alterações climáticas e a adaptação, e agora, dedica-se à mitigação, apresentando a complexidade do tema, as dificuldades, mas acima de tudo algumas soluções que podem ser postas em prática, algumas já ao alcance do setor.

1 - ENQUADRAMENTO

1 - ENQUADRAMENTO

Cumprir o Acordo de Paris sobre o clima e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 das Nações Unidas obrigará a uma redução de 45% das emissões globais, até 2030. É um desafio difícil de alcançar tendo em conta a tendência do crescimento progressivo das emissões ao longo das últimas décadas, as características do nosso modelo de desenvolvimento económico e o facto da população e do PIB mundiais continuarem a crescer (pese embora o desaceleramento provocado pela pandemia da COVID-19). É verdade que em 2020, com o mundo confinado, as emissões globais provenientes do consumo de energia caíram 5,8%, porém estes valores já voltaram a subir.

Para a União Europeia (UE), o compromisso assumido é reduzir as emissões em 55%, até 2030 (face a 1990). Nessa perspectiva, o Pacto Ecológico Europeu foi adotado como o principal motor de crescimento e emprego para a década, e a verba de 2,4 biliões de euros do Next Generation EU 2021-2026 e do Quadro Financeiro Plurianual 2021-2027, terá uma fatia enorme afeta à descarbonização, rumo à neutralidade de carbono em 2050. Só a descarbonização de Portugal, segundo o Ministro do Ambiente, implica um investimento superior a um bilião de euros, 85% proveniente das empresas e das famílias.

Em Portugal, as emissões da agricultura têm vindo a aumentar desde 2013, em resultado sobretudo do aumento do número de efetivos pecuários, designadamente bovinos não-leiteiros. A componente associada aos usos da agricultura e pastagens, em 2015 representava cerca de 0,7 Mt CO_{2eq} de emissões, resultando dos tipos de práticas utilizadas e das conversões entre as diferentes categorias de uso, nos últimos 20 anos. Considerando esta componente, associando desta forma todas as atividades e os impactos nos solos deste setor, as emissões agrícolas em 2015 representavam 11% do total de emissões. As componentes de usos do solo associados à ocupação florestal constituem, geralmente, sumidouros de grande dimensão. É assim que em 2015 os solos florestais obtiveram um sequestro líquido de 11 Mt CO_{2eq}. Contudo, no caso português, este potencial de sumidouro é grandemente afetado pelo impacto dos incêndios rurais, que se manifesta diretamente em emissões líquidas de GEE, quando são incêndios de grande dimensão, e indiretamente nas decisões de manutenção ou alteração do uso de solo, por parte dos agricultores.

Os restantes usos de solo (zonas urbanas, zonas húmidas ou alagadas) são geralmente fontes de emissão, o que resulta num balanço positivo de sequestro de carbono de cerca de 9 Mt, em 2015.

São vários os *drivers* para a descarbonização do setor da agricultura, florestas e outros usos do solo:

- agricultura biológica, regenerativa, de conservação e de precisão;
- pastagens semeadas biodiversas;
- melhoria da digestibilidade da alimentação animal;
- melhoria da gestão de efluentes pecuários;
- redução do uso de fertilizantes sintéticos e sua substituição por composto orgânico;
- diminuição da área ardida e melhoria da produtividade florestal;
- educação e sensibilização do setor e das comunidades em geral.

Outros *drivers* como a redução do desperdício alimentar podem e devem ser incluídos nesta lista devido ao elevado potencial que têm na redução de emissões. Contudo, estes não são exclusivos destes setores económicos e devem ser endereçados igualmente pelo retalho e pela sociedade civil.

Quando se trata de agricultura, e em sentido lato, a mitigação das alterações climáticas envolve três grandes áreas: redução das emissões de gases com efeito de estufa; intensificação sustentável das terras agrícolas existentes para evitar a desflorestação de terras para a agricultura (ex.: florestas tropicais) e sequestro de carbono quer no solo, quer em biomassa acima do solo. Para a Europa e em particular para Portugal a alteração de uso de solo implicando a passagem de floresta para agricultura, corresponde a uma situação rara. Contudo, é preciso considerar que como consumidores, podemos importar produtos (ex.: carne de vaca) de países onde essa situação pode ocorrer (ex.: Brasil). Este manual, centra-se no sequestro de carbono, em particular no desenvolvimento de Boas Práticas Agrícolas Sequestradoras de Carbono (BPASC), algumas estão intrinsecamente associadas à redução de emissões e à intensificação sustentável. O potencial da intensificação sustentável da agricultura é enorme, de acordo com Toensmeier, 2016 que refere um estudo publicado por uma organização internacional sem fins lucrativos GRAIN em 2013, é possível reduzir as emissões agrícolas para metade em várias décadas fazendo uma transição para um sistema alimentar agroecológico.

Não obstante, e como ficou demonstrado no segundo manual desta série (Manual de Adaptação às Alterações Climáticas no Mundo Rural), a mitigação não é a única questão que precisamos de lidar quando falamos de alterações climáticas. Esta mudança já está a ter impacto no setor, pelo que a agricultura deve adaptar-se, tornando-se mais resiliente face a condições meteorológicas extremas e imprevisíveis. Felizmente, a maioria das boas práticas sequestradoras de carbono descritas neste manual são também estratégias de adaptação.

Existem múltiplas formas de reduzir as emissões de dióxido de carbono. Olhando para este desafio em termos globais, isto faz-se abrandando ou eliminando a desflorestação, evitando a drenagem das zonas húmidas para a agricultura, prevenindo a erosão e invertendo a degradação dos solos agrícolas e reduzindo as mobilizações de solo (lavoura). Outro caminho consiste na redução de emissões de combustíveis fósseis e na redução de fertilizantes químicos, nomeadamente os azotados, que consomem muita energia para o seu fabrico. Da mesma forma, podemos reduzir as emissões de metano, alterando a forma como se cultiva. É conhecido que os arrozais emitem quantidades substanciais de metano; deixar secar os arrozais (entre outras estratégias) pode reduzir grandemente o impacto. As emissões de estrume animal e a digestão do gado ruminante, como o gado bovino, também podem ser reduzidas. Podemos reduzir as emissões de óxido nitroso de fertilizantes químicos utilizando fertilizantes de forma mais eficiente com melhor “timing” e aplicando quantidades apropriadas, ou substituindo-os por estrume ou plantas fixadoras de azoto, tais como culturas de cobertura de leguminosas ou árvores de apoio à agrofloresta.

Em 2021 foram vários os eventos catastróficos que nem os países mais ricos do mundo conseguiram evitar, desde os incêndios descontrolados na Califórnia aos fogos “zombie” do Ártico. Outros exemplos incluem as inundações ocorridas na Alemanha e na Bélgica que destruíram povoações inteiras e o Ártico perdeu uma área de gelo marinho equivalente ao tamanho da Florida entre junho e meados de julho de 2021.

Estas mudanças estão a acontecer com um aquecimento global médio de apenas 1,1 °C sobre os níveis pré-industriais. O mais recente relatório do Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC), o organismo mais consensual em matéria de ciência climática, refere que isto é apenas uma amostra do que está para vir.

No sexto relatório de avaliação do Grupo de Trabalho I, parece cada vez mais evidente que o mundo irá provavelmente atingir ou exceder 1,5 °C de aquecimento global dentro de duas décadas e que só com cortes ambiciosos nas emissões o mundo poderá manter a temperatura global a 1,5 °C, referem os cientistas. Sob um cenário de emissões mais altas, o IPCC refere que a temperatura global pode aquecer 4,4 °C até 2100 - com resultados catastróficos. Muitas das consequências das alterações climáticas tornar-se-ão irreversíveis com o tempo, sobretudo o degelo das camadas de gelo, a subida dos mares, a perda de espécies e acidificação dos oceanos.

Ainda de acordo com este relatório, o sequestro de carbono pode ajudar a compensar as emissões mais difíceis de reduzir, através de soluções baseadas na natureza (NBC - *nature-based carbon*), como a florestação ou soluções de geoengenharia com a captura e armazenamento direto de ar. Contudo, o IPCC refere que o sistema climático não responderá imediatamente à remoção do carbono e alguns dos impactos, tais como a subida do nível do mar, não serão reversíveis durante pelo menos vários séculos, mesmo após a redução das emissões.

Igualmente preocupante é a chamada de atenção ao risco dos dois principais sumidouros de carbono – os oceanos e os solos. Em conjunto, ambos desempenham um serviço notável, absorvendo mais de metade do dióxido de carbono que o mundo emite - mas tornam-se menos eficazes na absorção de CO_2 à medida que as emissões aumentam. Em alguns cenários estudados pelo IPCC, o sumidouro de terra acaba por se transformar numa fonte, emitindo CO_2 em vez de o sequestrar. Esta situação pode levar a um aquecimento descontrolado. Já estamos a ver isto na floresta tropical do sudeste da Amazónia, que já não é um sumidouro de carbono devido a uma combinação de aquecimento local e desflorestação. Isto não só afeta os esforços climáticos do mundo, como representa riscos significativos para a segurança alimentar e hídrica dos países da região, podendo levar a uma perda irreversível da biodiversidade.

Outro fator muitas vezes esquecido e que importa considerar, prende-se com o desperdício alimentar. De acordo com um relatório da McKinsey (*Climate math: What a 1.5-degree pathway would take*, 2020), cerca de um terço da produção global de alimentos é perdida na produção ou desperdiçada no consumo. Pelo que para se atingir o objetivo de 1,5 °C, essa proporção não poderia exceder os 20% até 2050. Esta redução impactaria tanto as emissões associadas à produção,

transporte e refrigeração de alimentos que acabam por ser desperdiçados, como o metano libertado à medida que o material orgânico nos alimentos desperdiçados se decompõe.

Embora seja difícil alcançar a meta de 1,5 °C e seja necessário gerir *trade-offs*, também proporciona uma grande oportunidade que pode conduzir a empregos de melhor qualidade e benefícios para a saúde.

É toda uma nova economia "verde" que se abre.

2 - ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO NA AGRICULTURA

2 - ESTRATÉGIAS DE MITIGAÇÃO NA AGRICULTURA

2.1 - Porquê Mitigar?

Para compreender e se poder avançar com novas soluções climáticas, é importante compreender as principais fontes de emissões e os meios naturais disponíveis para reequilibrar o sistema climático. A Figura 1 ilustra esse balanço. Do lado esquerdo, existem as fontes de emissão, como seja a queima de combustíveis fósseis para produzir eletricidade, mobilidade e calor. A produção industrial de cimento e aço. A produção agrícola, a desflorestação e a perda de solo fértil. Grosso modo, todas estas atividades emitem dióxido de carbono que é um gás com efeito de estufa. Outros gases com efeito de estufa, como o caso do metano, são emitidos pelo gado, culturas de arroz, aterros, gestão de efluentes e queima de combustíveis fósseis. O metano (CH_4) tem um potencial de aquecimento 28 vezes superior ao CO_2. Já o óxido nitroso (N_2O), com um potencial de aquecimento 265 vezes superior ao CO_2 e os hidrofluorcarbonetos são provenientes da gestão da fertilização de solos agrícolas, instalações industriais, sistemas de refrigeração e áreas urbanas.

A maior parte destes gases com efeito de estufa permanecem na atmosfera, contudo, alguns, são reciclados por processos químicos e biológicos, como a fotossíntese, ficando armazenados nas plantas, no solo ou no mar. Estes "sumidouros" são reservatórios da natureza para a absorção e armazenamento de carbono.

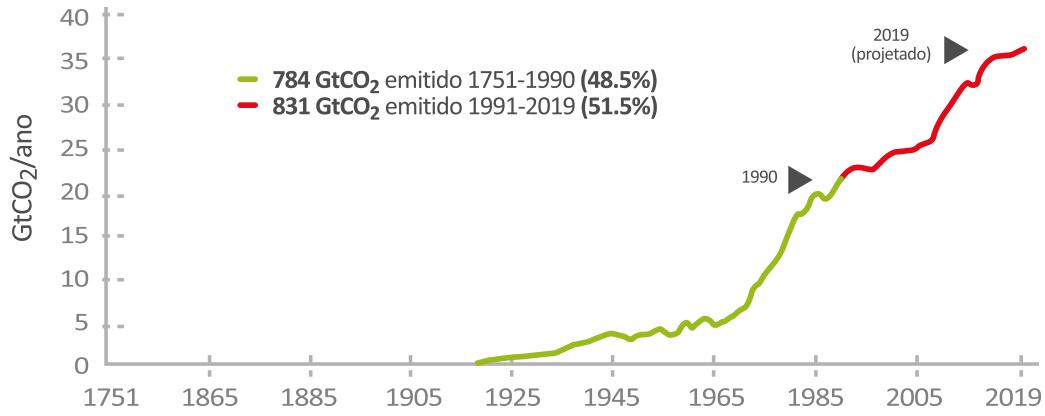
Figura 1 | Fontes de emissão e sumidouros naturais

Fonte: https://drawdown.org/drawdown-framework

De acordo com Santos, 2021, no período entre 2006 e 2017, a quantidade média anual do total de carbono sob a forma de CO_2, emitida para a atmosfera foi de 10,7 ± 0,7 GtC, sendo que a quantidade média anual de CO_2 dissolvida no oceano, sequestrada na fotossíntese e acumulada na atmosfera, foi 2,4 ± 0,5 GtC (24%), 3,0 ± 0,8 GtC (29%) e 4,7 ± 0,1 GtC (47%), respetivamente.

A figura seguinte mostra que a humanidade não conseguiu reduzir as emissões nas últimas décadas, mesmo após avisos contínuos sobre as alterações climáticas, como também têm crescido substancialmente e neste momento, mais de metade das emissões de gases com efeito de estufa ocorreram nos últimos 30 anos! E esta "dívida" continua a aumentar. Desde 1990, todos os anos as emissões bateram recordes. Não sendo de estranhar que o ano mais quente à data, desde que há registos (1880), tenha sido em 2020, e que a temperatura já esteja 1,1 °C acima dos níveis pré-industriais.

Figura 2 | Emissões globais anuais de CO_2 (1751-2019)



Fonte: https://ieep.eu/news/more-than-half-of-all-co2-emissions-since-1751-emitted-in-the-last-30-years

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) estima que o metano e o óxido nitroso dos arrozais, o gado ruminante e o estrume mal gerido representaram 76% das emissões da agricultura de 1990 a 2012 (Toensmeier, 2016). A somar a isto é preciso incluir os combustíveis fósseis, dos quais todos os equipamentos e maquinarias dependem; os agroquímicos; as mobilizações de solo; o enorme consumo energético para extrair o azoto da atmosfera na produção de fertilizantes, e que por vezes acabam desperdiçados por lavagem ou lixiviação.

Além de todos estes aspetos, o elemento mais prejudicial da agricultura para as alterações climáticas é a libertação do carbono retido no solo, principalmente da desflorestação que expõe o carbono orgânico do solo ao oxigénio no ar, convertendo-o em dióxido de carbono. Atualmente, dois triliões e meio de toneladas de carbono são retidas no metro superior dos solos em todo o mundo, com mais 560 biliões de toneladas de biomassa e detritos acima do solo (Toensmeier, 2016). Juntos, estes valores equivalem a seis vezes a quantidade de carbono atualmente na atmosfera.

As lavouras, devido à mobilização de solo, são particularmente destrutivas do carbono orgânico do solo. A maioria dos solos agrícolas perdeu entre 30 a 40 toneladas de carbono por hectare, ou 25 a 75% do que existia antes da limpeza da terra. Apesar destas situações estarem dependentes de várias variáveis, como os ecossistemas, o tipo de solo e a prática agrícola, estima-se que as erosões aceleradas de certas práticas agrícolas são responsáveis por 1,1 mil milhões de toneladas de emissões de carbono por ano (Toensmeier, 2016). Toda esta deterioração dos solos tem também impacto na produtividade e pode comprometer a atividade no médio/longo prazo.

Nos ecossistemas mediterrâneos, o sobrepastoreio, a exploração intensiva de terras agrícolas e as práticas convencionais de cultivo, contribuíram para uma diminuição drástica da matéria orgânica nos solos, que apresentam desta forma uma fraca produtividade. A ocorrência de fenómenos climáticos extremos, como a ocorrência de secas prolongadas e de chuvas intensas, acelera a erosão nas áreas de solos a nu, destruindo a sua estrutura. Os usos do solo, as formas de utilização, bem como a ocorrência de incêndios, têm tido influência direta sobre as alterações dos níveis de sequestro de carbono no solo. Nas áreas semiáridas, ainda que os solos degradados ofereçam baixo potencial de sequestro de carbono, pequenas alterações como a adição de matéria orgânica podem ajudar a contrariar as perdas e a atenuar os processos de desertificação. Neste contexto, as mobilizações do solo produzem perda de carbono orgânico uma vez que aumentam a decomposição e mineralização da biomassa pela exposição aos processos erosivos e arejamento do solo. Pelo contrário, o correto uso deste recurso natural permite a fixação de carbono, diminui os gases com efeito de estufa na atmosfera e incrementa a biomassa presente no solo.

Não obstante, a agricultura pode não só reduzir as emissões, mas também sequestrar na realidade milhares de milhões de toneladas de carbono atmosférico, tornando-se um contribuinte líquido para as alterações climáticas.

Quanto maior for o investimento global na mitigação no curto prazo, ou seja, nos próximos 10 a 30 anos, menores serão os riscos climáticos e os custos dos prejuízos resultantes dos impactos gravosos neste século e nos seguintes, menores serão os custos de mitigação no futuro e maior a probabilidade de a adaptação ser efetiva (Santos, 2021).

O modelo atual de desenvolvimento económico assente no consumo de energia fóssil barata e abundante, está a modificar radicalmente o ciclo de carbono e consequentemente a alterar o clima global. A mitigação das alterações climáticas é fundamental para reduzir de forma drástica as emissões CO_2 por forma que o sistema planetário tenha a capacidade de as sequestrar evitando que se acumulem na atmosfera, tal como tem vindo a acontecer desde o século XVIII.

Neste aspeto a agricultura tem um papel importante a desempenhar na abordagem das alterações climáticas, mitigando as suas causas e adaptando-se ao seu impacto inevitável. A agricultura pode contribuir para a mitigação, minimizando as emissões de GEE, sequestrando o carbono atmosférico e produzindo biocombustível sustentável. O objetivo global da resposta às alterações climáticas é garantir a segurança alimentar e outras atividades humanas essenciais, protegendo ao mesmo tempo os ecossistemas e os seus serviços vitais.

2.2 - Um Serviço para a Sociedade

O sequestro de carbono agrícola envolve a remoção do excesso de dióxido de carbono da atmosfera e o seu armazenamento na matéria orgânica do solo e na biomassa acima do solo de plantas e árvores de vida longa (perenes). Esta parte natural do ciclo do carbono fornece-nos uma ferramenta poderosa para a mitigação do clima. Vamos analisar mais de perto este fenómeno, para que possamos compreender melhor o seu potencial e limitações.

A primeira fase do sequestro de carbono agrícola é a fotossíntese. As plantas convertem a luz solar, água e dióxido de carbono atmosférico em hidratos de carbono. Os hidratos de carbono são moléculas compostas exclusivamente de carbono, hidrogénio e oxigénio. Estes incluem açúcares, amidos e celulose. Nas plantas, a unidade básica é a glucose, uma molécula de açúcar de cadeia curta. Os polissacáridos são um grupo de moléculas construídas a partir de longas cadeias de açúcares. Coletivamente, os polissacáridos representam 75% de toda a matéria orgânica viva e morta no planeta - todo o produto da fotossíntese! Amido e fibra são polissacarídeos, tal como a celulose, que por si só constitui 40% de toda a matéria orgânica. Muitas plantas também produzem hidrocarbonetos (moléculas apenas com hidrogénio e carbono) como um produto da fotossíntese.

Se se desidratar a biomassa vegetal, verifica-se que, em média, 50% do peso é carbono. Com o tempo, uma parte ou a totalidade da biomassa acima do solo rica em carbono da planta morre e cai ao solo como resíduos foliares ou outros resíduos. Cerca de dois terços deste material é libertado para a atmosfera como dióxido de carbono, como parte do ciclo global do carbono. O terço restante torna-se matéria orgânica do solo de longa duração. As raízes também são uma parte importante da biomassa. Todos os anos, alguns pêlos das raízes morrem, e parte do carbono contido nestas raízes transforma-se também em carbono de longa duração do solo.

A matéria orgânica do solo é cerca de 58% de carbono; o carbono orgânico do solo pode ser multiplicado por 1,7 para dar uma estimativa da matéria orgânica total. Cada tonelada de carbono orgânico do solo (que é metade do peso da matéria orgânica) é equivalente a 3,67 toneladas de dióxido de carbono atmosférico.

Numa estimativa grosseira, considerando que em média, 1% de matéria orgânica no solo pesa 36,5 toneladas, isso significa 21,2 toneladas de carbono. Ou seja, por cada aumento de 1% de matéria orgânica isso pode significar aproximadamente 21 toneladas de carbono sequestrado por hectare (Toensmeier, 2016).

O sequestro de CO_2 pelo solo não é o único serviço que presta à sociedade. Além disso, a matéria orgânica melhora a fertilidade do solo, resultando num melhor rendimento das culturas, é responsável pelo tamponamento do pH, prevenção de doenças, capacidade de retenção de água,

e muito mais. Os solos que são ricos em carbono orgânico (mais de 1,5 a 2,0% de carbono ou 2,5 a 3,5% de matéria orgânica) produzem maiores colheitas e são mais resistentes à seca. Um aumento de 1 t de carbono orgânico do solo por hectare para as terras de cultivo dos países em desenvolvimento poderia aumentar a produção de alimentos nesses países em 30 a 50 milhões de toneladas por ano (Toensmeier, 2016).

É esta sinergia de combate às alterações climáticas, ao mesmo tempo que melhora a saúde e a produtividade das explorações agrícolas, que torna a agricultura de carbono uma ideia tão apelativa. Um dos objetivos deste manual é apresentar boas práticas agrícolas sequestradoras de carbono para o centro da conversa sobre o clima.

No estudo recente da Net-Zero Portugal – Caminhos de Portugal para a descarbonização, elaborado pela *McKinsey & Company*, para Portugal atingir a neutralidade carbónica ou o "net-zero", antes de 2050, enquanto alcança oportunidades de crescimento, são apresentadas várias alavancas como: a prevenção de incêndios florestais e a reflorestação ativa, que desempenham uma função fundamental para se atingir as metas de neutralidade carbónica até 2050. O estudo realça ainda que a diferença entre um ano sem grandes incêndios e um ano com grandes incêndios é de 10 Mt CO_{2eq}. Contudo, salienta que em 2050 essa diferença pode chegar aos 30 Mt CO_{2eq}! Este cenário acontece porque se considera um potencial de sequestro adicional (aumento da reflorestação) e um aumento do risco de incêndio. Mais uma vez e como já foi abordado no segundo manual das alterações climáticas da AJAP dedicado à Adaptação, a prevenção dos incêndios precisa de ser parte integrante de qualquer estratégia de descarbonização. Ainda no mesmo estudo, é referido que a floresta pode ser uma forma rentável de descarbonizar. O potencial de descarbonização da floresta pode chegar aos 18 Mt CO_{2eq}. Isto acontece porque, a floresta de produção e as culturas energéticas sustentáveis têm um custo negativo, i.e, gerando valor para a economia local. Por outro lado, a utilização dos solos para o sequestro de carbono tem um menor custo do que qualquer outra tecnologia de descarbonização e apresenta outras externalidades positivas, como o incremento da biodiversidade. De acordo com um dos autores do estudo, a floresta e a gestão do solo são elementos centrais para se atingir a neutralidade carbónica em 2050.

2.3 - Políticas e Mercados

2.3.1 - Reformas da Política Agrícola Comum (PAC)

A evolução das emissões associadas à agricultura e florestas está muito dependente da introdução de alterações estruturais e nos tipos de gestão utilizados. A evolução da Política Agrícola Comum (PAC) é uma delas. A atual proposta, visa um reforço da ação climática e uma maior proteção do ambiente e da biodiversidade pelo setor agrícola. Para que se verifiquem reduções nas emissões e seja potenciado o sequestro, deverá haver uma orientação para uma arquitetura verde traduzida em pagamentos aos agricultores mais equitativos e orientados para o ambiente, alterações climáticas e o território. Por sua vez, existe um potencial para serem atingidas reduções de emissões do setor pecuário, obtidas por melhorias na digestibilidade da alimentação e na melhoria dos sistemas de gestão dos efluentes da pecuária intensiva.

Em 2014, a pressão de remunerar os agentes de produção do setor agroflorestal pelos serviços prestados à sociedade enquanto bens públicos – gestão da paisagem, manutenção da biodiversidade e até pelo seu papel na estabilidade climática – fomentou o aparecimento de uma nova política: o *Greening*, um pagamento direto do 1º Pilar, que representou 30% dos pagamentos diretos nacionais. Esta política remuneraria os produtores caso estes respeitassem três medidas: a manutenção de prados e pastagens permanentes, a criação ou manutenção de áreas de interesse ecológico e a diversificação de culturas.

De acordo com Maria do Céu Antunes, Ministra da Agricultura, durante o Conselho de Ministros de Agricultura (Agrifish) em 2021, a nova reforma da PAC é "mais ambiciosa e revela-se positiva para Portugal". Entre as medidas mais emblemáticas da nova PAC 2023-2027, que tem influência tanto no combate às alterações climáticas como na agricultura portuguesa é a criação dos ecoregimes – pagamentos ecológicos – que, integrados no 1º Pilar, representarão 25% dos pagamentos diretos, correspondendo em Portugal a 150 milhões de euros anuais. Estes pagamentos ecológicos estão associados à promoção de práticas amigas do Ambiente e do Clima (Antunes, 2021).

Num documento recente da Comissão Europeia que serviu de base à discussão pública dos ecoregimes (pagamentos ecológicos) são divulgadas algumas das práticas agrícolas que podem

vir a ser apoiadas no 1º Pilar. Destas medidas, algumas serão aprofundadas ao longo deste manual, destacando-se as seguintes:

Medidas focadas em Agroecologia

- Rotação de Culturas, incluindo leguminosas
- *Mixed Cropping* ou Policultura
- Enrelvamento na entrelinha de culturas permanentes, como a vinha e pomares
- Cobertura do solo no inverno
- Sistemas pecuários extensivos (alimentação baseada no pasto, com suplementos pontuais)
- Utilização de culturas e variedades mais resistentes às alterações climáticas
- Melhoria da cultura do arroz – técnicas de alternância entre *wet and dry*
- Práticas e normas associadas à agricultura biológica.

Medidas focadas no Bem-Estar Animal

- Planos de alimentação: adequação e acesso a rações e água, análises da qualidade das rações e da água (por exemplo, micotoxinas)
- Condições de alojamento favoráveis
- Práticas e normas estabelecidas segundo as regras da agricultura biológica
- Práticas que aumentam a robustez, fertilidade, longevidade e adaptabilidade dos animais, por exemplo, duração de vida de vacas leiteiras; promoção da diversidade genética
- Planos de prevenção e controlo da saúde animal: plano global para reduzir o risco de infeções que requerem antimicrobianos e que cobrem todas as práticas de criação relevantes, por exemplo, vacinação e tratamentos, melhoria da biossegurança, utilização de alimentos aditivos, etc.
- Proporcionar acesso a pastagens e aumentar o período de pastoreio
- Proporcionar e gerir o acesso regular ao ar livre.

Exemplos de Práticas Agrícolas

Agroflorestais incluindo

- Estabelecimento e manutenção de características da paisagem
- Estabelecimento e manutenção de sistemas silvo-pastoris de alta biodiversidade
- Agricultura de alto valor natural (HNV)
- Terra em pousio com composição de espécies para fins de biodiversidade (polinização, aves, caça, etc.)
- Pastoreio em espaços abertos e entre culturas permanentes
- Criação e melhoramento de *habitats* seminaturais
- Redução da utilização de fertilizantes.

Agricultura de carbono, incluindo

- Agricultura de conservação
- Gestão adequada de resíduos, isto é, enterramento de resíduos agrícolas e sementeira sobre resíduos (palhas)
- Criação e manutenção de pastagens permanentes
- Utilização extensiva de pastagens permanentes.

Agricultura de precisão, incluindo

- Plano de gestão de nutrientes, utilização de abordagens inovadoras para minimizar a libertação de nutrientes, pH ótimo para absorção de nutrientes, agricultura circular
- Agricultura de precisão para reduzir os fatores de produção (fertilizantes, água, produtos fitossanitários)
- Melhorar a eficiência da irrigação.

Além dos Ecoregimes, existem outras medidas presentes no 2º Pilar da PAC, facultativas aos agricultores, que apoiam uma produção e transformação mais sustentável do meio rural. A expetativa é que possam ser remunerados, caso cumpram os requisitos destas medidas agroambientais.

Este conceito não é novo, já o PDR 2020 tinha como uma das suas prioridades "promover a utilização eficiente dos recursos e apoiar a transição para uma economia de baixo teor de carbono e resistente às alterações climáticas nos setores agrícola, alimentar e florestal" através de:

- Melhoria da eficiência na utilização de água pelo setor agrícola;
- Melhoria da eficiência na utilização de energia no setor agrícola e na indústria alimentar;
- Facilitação do fornecimento e utilização de fontes de energia renováveis, de subprodutos, resíduos e desperdícios e de outras matérias-primas não alimentares para promover a bioeconomia;
- Promoção da conservação e do sequestro de carbono na agricultura e silvicultura.

2.3.2 - Roteiro para a Neutralidade Carbónica

O ano de 2019 marca a aprovação da estratégia de descarbonização a longo prazo da economia portuguesa. Sendo a meta, a neutralidade carbónica nacional, Portugal compromete-se a reduzir entre 85% e 90% das emissões nacionais de GEE face aos valores de 2005, sendo a parte restante das emissões compensada através de sumidouros naturais (AFOLU) – cerca de 13 milhões de toneladas de carbono sequestrado.

A atual proposta da PAC, tendo um foco na redução de emissões de GEE e aumento do sequestro de carbono, está orientada para a promoção de "uma arquitetura mais verde traduzida em pagamentos aos agricultores mais equitativos e orientados para o ambiente, alterações climáticas e território." (Agência Portuguesa do Ambiente, 2019)

A floresta revela ter um grande impacto enquanto sumidouro natural, uma vez que as suas emissões negativas se traduzem em carbono sequestrado. Esta capacidade de sequestro está condicionada por uma gestão florestal constante e ponderada, e consequentemente é o primeiro de três focos no combate às alterações climáticas. O segundo foco é na redução das emissões na agricultura, particularmente na produção vegetal (principalmente o CH_4 e o N_2O). O terceiro foco orienta-se para a redução nas emissões no setor da produção animal.

Da análise do Roteiro para a Neutralidade Carbónica (RNC 2050), importa salientar os seguintes pontos:

Redução de emissões e aumento de sequestro na floresta e restantes usos de solo

De acordo com o RNC 2050, o contributo das pastagens biodiversas para o sequestro de carbono em Portugal tem um enorme potencial. Nesta ótica, a meta estabelecida para 2050 será um aumento destas pastagens no território português, em 400% (traduzido num aumento de 250 000 ha) Agência Portuguesa do Ambiente, 2019.

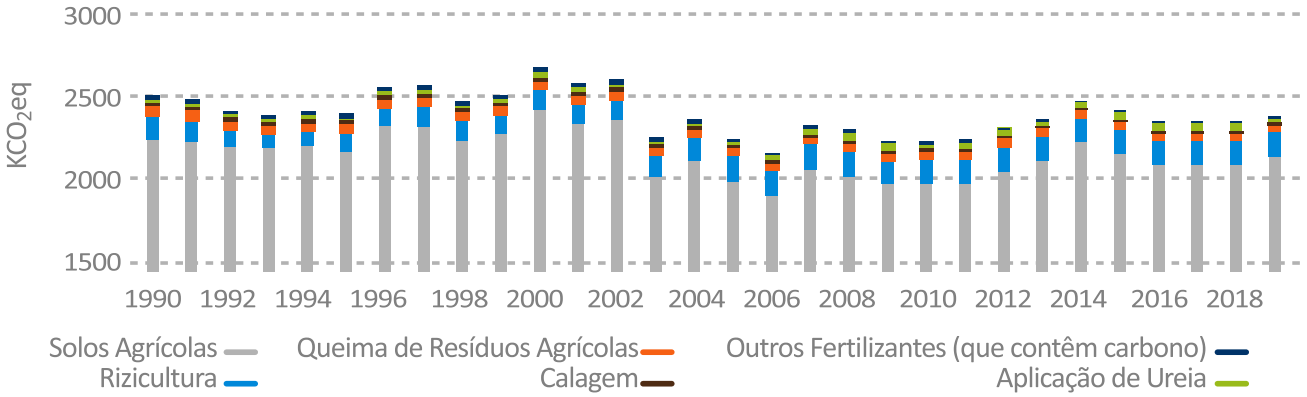
Ao nível florestal, a aposta para a redução de emissões será feita através de uma intensificação com vista à melhoria da gestão florestal, na reflorestação, ganhos da produtividade florestal e através de medidas que contribuam para a diversidade e valorização dos serviços de ecossistemas.

Redução de emissões na produção vegetal e solos com agricultura

O RNC 2050 refere uma aposta em sistemas de agricultura com menor impacto ambiental, como seja a agricultura biológica, de conservação e de precisão. A agricultura de conservação surge como uma via de aumento da matéria orgânica nos solos. A agricultura de precisão pela aplicação de *inputs* na produção a um nível micro, reduzindo as aplicações e intervenções excessivas e consequente as emissões de GEE relacionadas com a produção vegetal e a agricultura biológica, por via da eliminação de agroquímicos de síntese. Contudo, existe um debate em torno dos efeitos da agricultura biológica no clima, dada a dependência de estrumes orgânicos, que necessitam de ser enterrados e por isso, implicam mobilizações de solo.

A figura seguinte, ilustra a evolução das emissões de GEE no setor agrícola, onde fica patente, o esforço que o setor tem feito ao nível da redução de emissões do solo, que está intrinsecamente ligado à redução de fertilizantes azotados.

Figura 3 | Emissões de GEE - Produção vegetal



Fonte: APA, 2019

Redução de emissões na produção animal

Na produção animal e nos solos com pastagens, as principais fontes emissoras de GEE são a fermentação entérica, a gestão dos efluentes e a deposição de excrementos em pastagens. No âmbito da redução destas fontes, o foco será na redução do efetivo, na melhoria da digestibilidade da alimentação e na melhoria dos sistemas de gestão de efluentes.

2.3.3 - Mercados de Carbono

2.3.3.1 - Mercado Obrigatório

O mercado obrigatório de Carbono, impulsionado pelo primeiro período de compromisso do Protocolo de Quioto que decorreu entre 2008 e 2012, tem um potencial de crescimento cada vez maior. Durante o cumprimento do Protocolo de Quioto, entre 2005 e 2020, os Estados Membros da União Europeia comprometeram-se a reduzir as emissões de GEE em 5,2% em relação às emissões de 1990. Para muitos Estados Membros da União Europeia, tal compromisso corresponderia a uma redução em 15%.

O Comércio Europeu de Licenças de Carbono (CELE), ou EU *Emissions Trading System*, surge como instrumento europeu para implementação do Protocolo de Quioto, através da definição de limites de emissão de GEE por cada atividade ou setor. Esse limite vai diminuindo com o decorrer dos anos, para que se possa atingir os objetivos estabelecidos. Desta forma as empresas têm oportunidade para se adaptarem e investirem em novas práticas menos emissoras. O CELE tornou-se no principal instrumento de política para a mitigação de GEE na Europa.

O mercado de carbono sofre alterações diárias, sendo extremamente volátil – é por isso difícil mensurar um preço médio para as licenças de carbono. Segundo o Plano Nacional da Energia e Clima 2030, os preços para as licenças de carbono, num cenário de políticas inexistentes, vão rondar os 20 €/t, com perspetiva de subida. No entanto, de acordo com o EU *Reference Scenario* 2016 da Comissão Europeia, a previsão de evolução dos principais produtos energéticos e das licenças de CO_2 é:

Tabela 1 | Previsões de evolução dos preços dos principais produtos energéticos e do CO_2

	Unidade	2020	2025	2030
Petróleo (Crude)	€/GJ	11,61	13,18	14,52
Gás Natural	€/GJ	7,47	8,08	8,79
Carvão	€/GJ	2,21	2,65	3,18
Licenças de $C0_2$	€/ton $C0_{2eq}$	15,00	22,50	33,50

Fonte: Comissão Europeia, 2021

2.3.3.2 - Mercado Voluntário

O Mercado Voluntário de Carbono surge como um conceito ligeiramente diferente do mercado obrigatório. Enquanto o Mercado Obrigatório, sendo imposto por lei, é regulado pela compra e venda de licenças de emissão, o Mercado Voluntário estabelece-se entre empresas emissoras de GEE e empresas capazes de sequestrar carbono através de sumidouros naturais – nomeadamente explorações do setor agrícola e florestal, focadas em culturas permanentes, pastagens semeadas e floresta. Há, no entanto, a necessidade de uma empresa intermediária que possa remunerar os serviços prestados pelos agricultores, fazer auditorias para certificação de cumprimento de boas práticas.

A sociedade Ponto Verde Serviços é atualmente a detentora da Carbono Zero, cujo legado remota a 2005 na altura uma marca pioneira no mercado de compensação voluntária de emissões de GEE, que atuava na quantificação, redução e compensação das atividades das empresas. O público alvo são hotéis, centros comerciais, centros de congressos, escritórios, entre outros – quer estejam abrangidos pelo CELE, quer não. Hoje em dia através da Sociedade Ponto Verde, estas empresas remuneram produtores do setor agroflorestal, obtendo a certificação Carbono Zero (Ponto Verde Serviços, 2021).

O BP Target Neutral faz parte do grupo de negócios da BP desde 2006, ajudando pessoas e empresas a reduzir, substituir e neutralizar as suas emissões de carbono. Mais recentemente a BP começou a comunicar a compensação das emissões de carbono de todos os combustíveis gasóleo, gasolina e GPL através desse programa, utilizando créditos de carbono gerados a partir de projetos globais que financiam a utilização de energias renováveis, soluções de baixo carbono e a proteção das florestas. Com projetos na Índia, na Zâmbia e no México, capazes de reduzir ou evitar emissões de carbono, a partir de novas plantações florestais, da instalação de turbinas eólicas ou através da substituição de uso de combustíveis sólidos para fogões a biogás. A BP já demonstrou interesse em adquirir projetos em Portugal, no entanto ainda não surgiram projetos que se enquadrem nos seus critérios (BP Portugal, 2021).

O principal constrangimento no aparecimento de um mercado voluntário de carbono português é a inexistência de uma entidade reguladora de todo o mercado, responsável pela quantificação, auditoria e comercialização dos créditos de carbono já gerados, certificando a viabilidade do mercado. Outro constrangimento que inibe o estabelecimento destes contratos de carbono têm sido os critérios rigorosos exigidos pelas empresas emissoras. A título de exemplo, a BP antes de estabelecer qualquer contrato com projetos de compensação de carbono requeria projetos sem fins lucrativos e sem financiamento prévio, que fossem de encontro aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas e cuja compensação fosse real, adicional, permanente e única (Prado, 2021).

O mercado voluntário de carbono surge como uma boa aposta, para o setor, uma vez que o sequestro de carbono é um serviço já realizado à sociedade, pelo qual não existe remuneração direta. De um modo particular, caso as boas práticas agrícolas sejam adotadas, a existência de remuneração pode funcionar como um incentivo para os agricultores, minimizando o investimento necessário e a perda de rendimento tipicamente associada aos primeiros anos.

2.4 - Agricultura Regenerativa

O Projeto *Drawdown*[1] define a agricultura regenerativa como um sistema agrícola que inclua pelo menos quatro das seis práticas seguintes: aplicação de compostos, culturas de cobertura, rotação de culturas, adubação verde, sementeira direta ou redução de lavouras, e/ou produção biológica (Hawken, 2017). Estas práticas sequestram o carbono nos solos e reduzem as emissões, apresentando um amplo potencial de adoção e, portanto, um importante potencial de mitigação. Este sistema incorpora o melhor da agricultura de conservação como da agricultura biológica. A agricultura de conservação torna-se mais ecológica ao acrescentar elementos adicionais como a aplicação de composto, enquanto a agricultura biológica se esforça por se afastar do foco da lavoura.

Algumas estimativas indicam que esta prática pode retirar da atmosfera carbono suficiente que resulte numa redução de 15% a 100% para todo o carbono libertado desde a revolução industrial (Hyman, 2020). Este intervalo depende de diferentes estimativas sobre a escalabilidade da captura de carbono do solo nos vários ecossistemas do mundo.

De acordo com as soluções apresentadas no Projeto *Drawdown* a contribuição da agricultura regenerativa e da agricultura de conservação (abordada no Manual de Adaptação às Alterações Climáticas do Mundo Rural), poderia chegar aos 27,92 Gt CO_{2eq}. Um valor modesto ao nível do portfolio geral de soluções, mas muito relevante ao nível da categoria analisada. A tabela seguinte apresenta os valores da categoria *Food, Agriculture, and Land Use / Land Sinks*, onde se salienta o elevado peso da solução respeitante ao desperdício alimentar. Ainda de acordo com este projeto, um terço dos alimentos produzidos ou preparados não sai da exploração agrícola ou da fábrica para ser consumido. A produção de alimentos não consumidos consome toda uma série de recursos - sementes, água, energia, terra, fertilizantes, horas de trabalho, capital financeiro - e gera gases com efeito de estufa em todas as fases de produção - incluindo o metano quando a matéria orgânica chega ao aterro. Os alimentos que se desperdiçam globalmente são responsáveis por cerca de 8% das emissões globais.

[1] Movimento liderado por Paul Hawken, que envolve diversas entidades e apresenta soluções para a redução das emissões de carbono em várias frentes, como energia e agricultura com o objetivo de mitigar as alterações climáticas. O projeto utiliza diferentes cenários para avaliar o impacto das soluções. Ambos os cenários aqui apresentados são plausíveis e economicamente realistas. O Cenário de Drawdown 1 está aproximadamente em linha com o aumento da temperatura em 2°C até 2100, enquanto o Cenário de Drawdown 2 está aproximadamente em linha com o aumento da temperatura em 1,5°C no final do século.

Tabela 2 | Lista de soluções da categoria *Food, Agriculture, and Land Use / Land Sinks*

Soluções	Cenário 1 *	Cenário 2 *
Proteção das zonas húmidas costeiras	0.99	1.45
Dietas ricas em plantas	65.01	91.72
Redução de resíduos alimentares	90.70	101.71
Proteção das florestas	5.52	8.75
Posse dos povos indígenas na floresta	8.69	12.93
Proteção das pastagens	3.35	4.25
Proteção de turfeiras	26.03	41.93
Intensificação sustentável para pequenos proprietários	1.36	0.68
Agricultura de conservação	13.40	9.43
Culturas anuais regenerativas	14.52	22.27
Melhoria da produção de arroz	9.44	13.82
Sistema de intensificação do arroz	2.78	4.26

* Gigatoneladas de CO_{2eq} (reduzido/sequestrado) 2020-2050

Fonte: https://drawdown.org/solutions/table-of-solutions

3 - SEQUESTRO DE CARBONO NA AGRICULTURA

3 - SEQUESTRO DE CARBONO NA AGRICULTURA

No setor agrícola, a maior oportunidade de mitigação deriva da melhoria do sequestro de carbono orgânico do solo. Aumentar a quantidade de carbono orgânico sequestrado pelo solo é o "fator" para a mitigação às alterações climáticas. Em jeito de síntese, as tecnologias e práticas mais relevantes para mitigar as emissões de GEE do sector agrícola, incluem:

(1) melhor gestão de culturas e pastagens para aumentar o armazenamento de carbono do solo;
(2) restauração de terras degradadas;
(3) melhores técnicas de cultivo de arroz;
(4) melhor gestão de gado e estrume para reduzir as emissões de CH_4;
(5) melhores técnicas de aplicação de fertilizantes azotados para reduzir as emissões de N_2O;
(6) culturas energéticas (ou aproveitamento de resíduos) para substituir a utilização de combustíveis fósseis;
(7) melhor eficiência energética das operações agrícolas.

A mitigação das alterações climáticas e a adaptação pela agricultura terão de ocorrer e interagir simultaneamente. Os fluxos de GEE da agricultura são complexos e heterogéneos, mas a gestão ativa dos sistemas agrícolas oferece múltiplas oportunidades de mitigação. Muitas destas oportunidades utilizam tecnologias existentes e podem ser implementadas imediatamente. Segundo López Bellido a nível mundial, existem três grandes eixos de oportunidades em torno da mitigação de GEE:

- ***Reduzir emissões***: A agricultura liberta quantidades significativas de CO_2, CH_4 e N_2O para a atmosfera (destes o CO_2 é o menos relevante). Os fluxos destes gases podem ser reduzidos através de uma gestão mais eficiente dos fluxos de carbono e azoto nos ecossistemas agrícolas. Por exemplo, as práticas que fornecem azoto mais eficientemente às culturas reduzem frequentemente a emissão de N_2O; e a gestão do gado para fazer uma utilização mais eficiente da alimentação animal reduz frequentemente a quantidade de CH_4 produzida. As estratégias mais eficientes de redução de emissões dependem das condições locais e, portanto, variam de região para região.

- ***Aumentar a remoção do carbono atmosférico***: Os ecossistemas agrícolas têm grandes reservas de carbono, na sua maioria sob a forma de matéria orgânica do solo. Embora historicamente estes sistemas tenham vindo a perder grandes quantidades de carbono orgânico, algumas destas perdas podem ser recuperadas através de uma melhor gestão, removendo assim o CO_2 atmosférico. Qualquer prática que aumente a entrada fotossintética de carbono ou retarde o retorno de carbono armazenado através da respiração ou queima de resíduos vegetais aumentará o carbono armazenado, produzindo uma sequestração líquida, constituindo o solo como uma *pool* de carbono. Vários estudos em todo o mundo têm demonstrado que quantidades significativas de carbono podem ser armazenadas desta forma, através de uma série de práticas adaptadas às condições locais. Quantidades significativas de carbono também podem ser armazenadas na biomassa de sistemas agroflorestais ou em outras plantações de culturas perenes em terras agrícolas.

- ***Evitar emissões***: As culturas e os seus resíduos vegetais podem ser utilizados como fonte de combustível, diretamente ou após conversão em combustíveis como o bioetanol ou o biodiesel. Estas matérias-primas bioenergéticas também libertam CO_2 durante a combustão, mas o carbono libertado desta forma é mais recente (através da fotossíntese), em vez de provir dos conhecidos combustíveis, fósseis. O benefício líquido destas matérias-primas bioenergéticas sobre as emissões de carbono para a atmosfera é equivalente às emissões de energia fóssil evitadas, com as emissões da produção, transporte e processamento. Não é o caso de Portugal, nem da Europa, mas as emissões de CO_2 também podem ser evitadas através de práticas que evitam a desflorestação (ou o cultivo de nova terra não agrícola). É preciso ter em conta, que apesar de a alteração do uso do solo não ser um problema para Portugal, o consumo de produtos importados de geografias onde estas situações ocorrem (ex.: carne importada do Brasil), é tão relevante para o clima como se tivessem acontecido no nosso território.

Há muito espaço para o desenvolvimento tecnológico no sector agrícola para reduzir as emissões de GEE. Por exemplo, o aumento da eficiência da produção vegetal e animal reduzirá as emissões por unidade de produção. Estes aumentos serão realizados através de melhores técnicas de gestão agrícola. Portanto, uma melhor gestão (utilização de culturas geneticamente modificadas, melhores cultivares, sistemas de recomendação de fertilizantes, agricultura de precisão, melhores raças

animais, aditivos alimentares e fatores de crescimento animal, melhor fertilidade animal, culturas bioenergéticas, digestão anaeróbica de chorume e sistemas de captura de CH_4, etc.).

A melhoria tecnológica pode ter efeitos muito significativos e pode potencialmente contrariar os efeitos negativos das alterações climáticas sobre os *stocks* de carbono em terras de cultivo e pastagens. No entanto, um dos principais problemas, mantém-se e aqui referimo-nos à transferência do conhecimento, disseminação e implementação efetiva destas tecnologias.

Na tabela seguinte, apresentam-se algumas práticas de mitigação sugeridas pelo IPCC. Para cada uma é analisado o impacto potencial da mitigação, tendo em conta uma combinação de taxa anual de sequestro por hectare e quantidade de terra agrícola adequada. Considera-se também a facilidade de adoção pelos agricultores, onde se questiona a dificuldade de aprendizagem; a necessidade de adquirir novos equipamentos; se é necessária formação adicional e mesmo o custo de aquisição. Finalmente, analisa-se a disponibilidade, tendo em conta as práticas que estão prontas para implementar já ou que necessitam de desenvolvimentos na casa dos 5 a 10 anos, ou mesmo que ainda estão em desenvolvimento. Algumas destas práticas serão desenvolvidas em detalhe no capítulo 4.

Tabela 3 | Síntese de práticas

Categoria	Práticas e impactos	Impacto potencial da mitigação	Facilidade de adoção pelos agricultores	Disponibilidade
Arborização de terras agrícolas	Monoculturas ou espécies mistas, incluindo culturas arbóreas e árvores	Médio	Fácil	Pronto
Gestão de culturas	Rotações, culturas de cobertura, culturas perenes, variedades melhoradas	Médio	Fácil	5-10 anos
Mobilização e gestão de resíduos	Redução da lavoura, retenção de resíduos de culturas	Alto	Fácil	Pronto
Gestão da água	Colheita da água da chuva e outras estratégias	Médio	Moderado	5-10 anos
Gestão de arroz	Retenção de palha, redução de cheias, gestão de nutrientes	Média a alta	Moderado a fácil	Pronto

Tabela 3 | Síntese de práticas (continuação)

Categoria	Práticas e impactos	Impacto potencial da mitigação	Facilidade de adoção pelos agricultores	Disponibilidade
Aplicação Biochar	Aplicação de biochar para fertilidade e sequestro de carbono	Alto	Moderado	Ainda em desenvolvimento
Gestão de pastagens	Espécies de pastagem melhoradas, bancos de forragem, etc.	Baixo	Fácil	Pronto
Gestão do pastoreio	Densidades, melhor gestão do pastoreio, produção e diversificação de forragens	Baixo	Moderado a fácil	Pronto
Aplicação de estrume	Aplicação de estrume em terras de cultivo; integração de culturas para gado	Alto	Fácil	Pronto
Alimentação do gado	Alimentação e forragens redutoras de metano	Médio	Moderado	5-10 anos
Gestão de estrume	Modificação de camas, mudança de alimentação, biodigestão, etc	Alto	Moderado a fácil	Pronto
Agrofloresta	Integração de árvores com culturas e/ou gado	Médio	Moderado	Pronto

Fonte: Toensmeier, 2016

No que diz respeito à taxa anual de sequestro de carbono, nem todas as práticas culturais sequestradoras de carbono são idênticas. De acordo com Toensmeier, 2016, as culturas podem ser categorizadas de acordo com as seguintes taxas de sequestro anual:

- Muito baixa — 0-0,5 t/ha/ano
- Baixo — 0,5-1 t/ha/ano
- Médio — 1-5 t/ha/ano
- Alto — 5-10 t/ha/ano
- Muito alto — 10-20 t/ha/ano
- Extremamente alto – 20 t/ha/ano ou mais

3.1 - Potencial da Agricultura como Sequestro de Carbono

3.1.1 - Culturas Permanentes

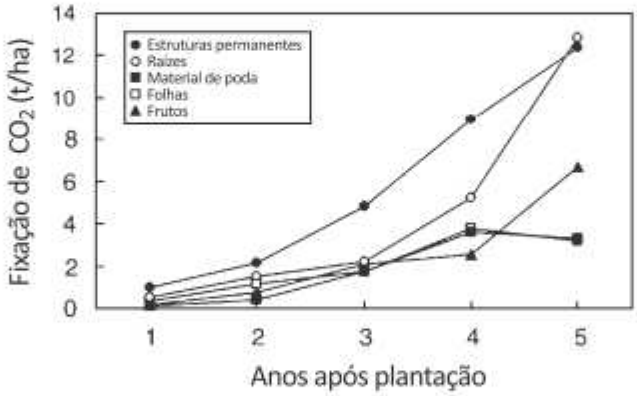
3.1.1.1 - Olival

O olival é uma cultura com elevada expressão em Portugal, havendo uma grande margem de exploração da mesma a fim de maximizar o sequestro de carbono. A eficiência do olival como sequestrador de carbono depende de diversos fatores, entre os quais se inserem a própria estrutura do olival, as capacidades fisiológicas das árvores, as condições ambientais e as técnicas de condução (Vaz, 2012). Assim, entre outras causas, a densidade de árvores é um fator chave para a eficiência deste processo, levando a que o olival moderno manifeste uma taxa de sequestro de 7 a 8 t CO_2/ha. Para melhor compreender estes valores, em entrevista à organização da Agroglobal, o diretor executivo da Olivum – Associação de Olivicultores do Sul refere que "o olival plantado na região do Alqueva consegue sequestrar 52 mil t CO_2/ano, o que equivale às emissões de Beja e Évora" (Simões, 2020).

O carbono pode ser armazenado nos vários órgãos da árvore, pelo que a incorporação de folhas e resíduos de poda permite a conversão do carbono em matéria orgânica no solo através de processos de decomposição (Vaz, 2012). Segundo Sofo, *et al.*, 2005, o CO_2 sequestrado nos primeiros anos fica principalmente alocado às estruturas permanentes e ao sistema radicular, enquanto os pomares maduros fixam mais CO_2 nas folhas, material de poda e frutos. Na Figura 4 encontram-se representados os valores da quantidade de CO_2 fixada (em t/ha) consoante o órgão da árvore para um período de 5 anos.

Através da análise da figura seguinte, conclui-se que, em pomares jovens, as raízes e estruturas permanentes acima do solo são os órgãos que mais contribuem para a fixação de dióxido de carbono pela planta, com uma capacidade de sequestrar aproximadamente 12 t CO_2/ha. Posteriormente seguem-se os frutos, capazes de fixar até cerca de 6,70 t CO_2/ha e, por fim, as folhas e material de poda com uma taxa de fixação máxima de 3,78 t CO_2/ha durante o período experimental (Sofo, *et al.*, 2005).

Figura 4 | CO_2 fixado nas estruturas permanentes acima do solo, raízes, material de poda, folhas e frutos em árvores jovens de oliveira. Cada ponto representa a média de duas ou três medições das plantas selecionadas no pomar



Fonte: Sofo, *et al.*, 2005

Na Tabela 4 apresenta-se a capacidade de fixação de dióxido de carbono, em t/ha/ano, para pomares de diferentes idades e os seus diferentes órgãos. Esta informação permite fazer uma análise comparativa e chegar à conclusão de que a quantidade de CO_2 fixada em folhas senescentes e material de poda proveniente de pomares com menor idade, é inferior à quantidade de CO_2 fixada pelas mesmas estruturas vegetais de um pomar com mais idade.

Tabela 4 | Conteúdo de carbono e produção de húmus proveniente da decomposição de folhas senescentes e material de poda de um pomar de oliveiras jovens e maduras. Cada valor representa a média de 10 (pomar jovem) e 12 medições (pomar maduro)

Pomar	Orgão da Planta	Matéria seca (t/ha/ano)	CO_2 Fixo (t/ha/ano)	Coeficiente Isohúmico	Humus (t/ha/ano)
Juvenil	Folhas senescentes	0.50	0.91	0.20	0.10
	Material de poda	1.00	1.83	0.35	0.35
	Total	1.50	2.74	-	0.45
Maduro	Folhas senescentes	0.91	1.67	0.20	0.18
	Material de poda	4.30	7.87	0.35	1.51
	Total	5.21	9.54	-	1.69

Fonte: Sofo, *et al.*, 2005

No artigo mencionado também são referidas as densidades de plantação, no entanto, este aspeto não é abordado ao longo do trabalho como sendo um aspeto de relevância quando comparado com a idade do pomar. Contudo, é importante notar que o pomar jovem possui uma densidade de plantação muito superior (555 árvores/ha) ao pomar maduro (156 árvores/ha), o que também pode ter influência nos resultados obtidos.

Outros estudos, concluiram que uma árvore com 10 anos de idade tem capacidade de sequestrar 2 t C/ha, isto é, 7,32 t CO_2/ha; e de que haverá uma fixação de 14 t C/ha, ou seja, 51 t CO_2/ha, se se investir durante 10 anos na implementação de medidas que promovam o acréscimo de 1% no teor de matéria orgânica do solo relativamente à massa total do solo (Rodrigues, *et al.*, 2012). De acordo com esse trabalho, as conclusões relativamente ao aumento do sequestro de carbono aquando da implementação de melhores medidas culturais pode-se depreender que as práticas culturais influenciam fortemente o sequestro de carbono. Os autores, Rodríguez-Entrena, Espinosa--Goded, & Barreiro-Hurlé, 2014 provaram, através da análise de resultados obtidos por outros trabalhos, que a "adoção de melhores práticas de gestão culturais pode melhorar a capacidade de sumidouro de carbono do sistema cultural do olival", esquematizando os resultados conforme Tabela 5.

Tabela 5 | Performance ambiental dos atributos associados às diferentes práticas de gestão

Prática de Gestão	Sequestro de Carbono [a] (tCO_2/ha/ano)	Erosão [b] (solo t/ha/ano)	Biodiversidade [c] (nº de espécies de aves/ha)
T + B	**0.00**	**30**	**7**
T + S	**0.73**	**25**	**7**
NT + B	**0.37**	**20**	**7**
NT + S	**2.57**	**10**	**7**
CCH + B	**1.47**	**5**	**14**
CCH + S	**3.67**	**3**	**14**
CCM + S	**3.85**	**1**	**21**

[a] Nieto *et al.* (2010); Smith *et al.* (2008); Sofo *et al.* (2005); IPCC *et al.* (2003)
[b] Gómez-Caleto *et al.* (2009); Francia *et al.* (2006)
[c] Duarte *et al.* (2010); De la Concha *et al.* (2007); Muñoz-Cobo *et al.* (2003)

T + B – solo nu com lavoura e queima de resíduos de poda; **T + S** – solo nu com lavoura e incorporação de resíduos de poda; **NT + B** – solo nu sem lavoura e queima de resíduos de poda, **NT + S** – solo nu sem lavoura e incorporação de resíduos de poda; **CCH + B** – cobertura do solo com infestantes sob controlo com herbicida e queima de resíduos de poda; **CCM + S** – cobertura do solo com infestantes sob controlo mecânico e incorporação de resíduos de poda.

Como se pode observar, a utilização de lavoura num solo nu e a queima dos resíduos de poda, são responsáveis pela menor taxa de sequestro de CO_2 registado, havendo uma absorção nula anual. No entanto, a passagem de gestão de solo nu e queima de resíduos de poda para melhores práticas culturais, como a cobertura do solo e a incorporação dos resíduos de poda, não só aumentam o sequestro de carbono do olival em questão, como diminuem a erosão do solo e aumentam a biodiversidade animal do sistema.

Outros autores, como Nieto, Castro, Fernández, & Smith, 2010, demonstraram que o sequestro de carbono, para além das práticas culturais, também difere consoante o tipo de solo. Na Tabela 6, estão representados os valores de sequestro de carbono para dois tipos de solo – calcissolos crómicos (CLcr) e vertissolos (VRcc) – após mudanças na gestão do olival que incluem a incorporação dos detritos de poda no solo e a limpeza dos frutos.

Tabela 6 | Conteúdo de carbono orgânico no solo, CO_2 e sequestro de carbono após mudanças nas práticas culturais em dois tipos de solo

Tipo de Solo	Aumento de Carbono Orgânico no Solo (t C/ha/ano)	Redução de CO_2 (t CO_2/ha/ano)	Sequestro de Carbono (t C/ha/ano)
CLcr	13.2	2.0	0.5
VRcc	14.4	2.1	0.6

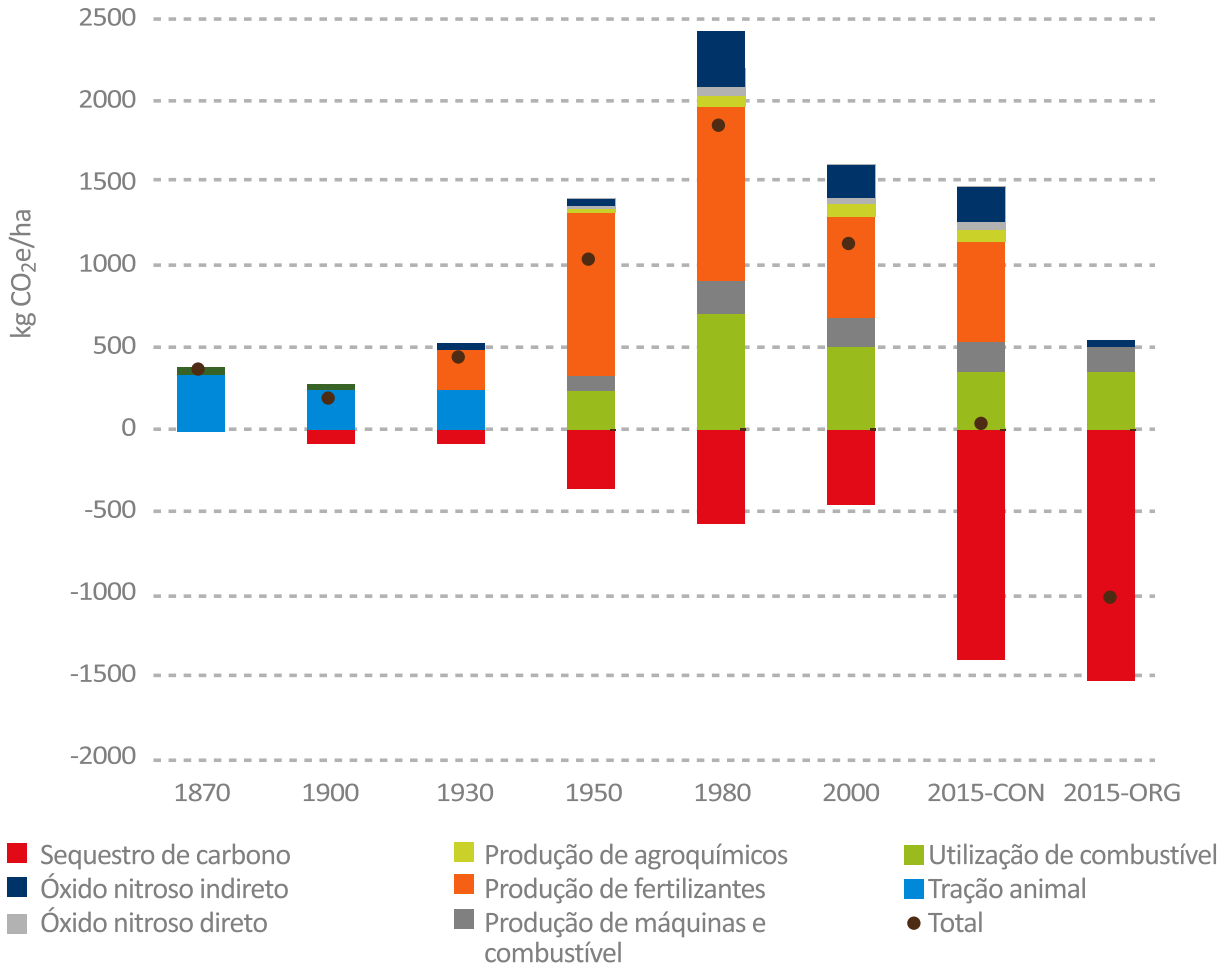
Fonte: Nieto, Castro, Fernández & Smith, 2010

No Guia de Boas Práticas Agrícolas da Carbocert (Carbocert, 2020) também são discutidos valores consoante a cobertura do olival. Nesse documento, é referido que o sequestro de carbono médio é de 1,58, 1,64 ou 1,31 t/ha/ano consoante a cobertura seja com restos de poda, espontânea ou semeada, respetivamente.

A gestão do olival mudou muito ao longo dos anos, o que se repercutiu não só nas emissões de dióxido de carbono para a atmosfera, mas também no seu sequestro pela cultura (Brunori, *et al.*, 2016).

A Figura 5 mostra uma comparação das várias categorias de emissões e sequestro de CO_2 desde 1870 até 2015 na região de Umbria, Itália.

Figura 5 | Emissões de carbono (valores positivos) e sequestro de carbono (valores negativos) de olivais típicos na região de Umbria, Itália (1870 - 2015)
2015 está diferenciado em olival convencional e orgânico



Fonte: Brunori, *et al.*, 2016

Para além de ser notório o aumento de sequestro de carbono ao longo dos últimos anos, é também visível o impacto da gestão convencional e orgânica. A modalidade orgânica, reduz de forma significativa as emissões associadas à produção de fertilizantes e outros agroquímicos, e aumenta ligeiramente a capacidade do sequestro de carbono que se associa à exclusão da lavoura (Brunori, *et al.*, 2016). Não obstante, e o estudo não apresenta esses dados, seria interessante, ver os

resultados sob a forma de emissões por azeitona produzida, ao invés de emissões por hectare. Nessas circunstâncias, o balanço em teoria poderia equilibrar-se entre as duas modalidades.

3.1.1.2 - Amendoal

Relativamente ao amendoal, também há diversos estudos que demonstram a capacidade da cultura em sequestrar carbono da atmosfera. Em média, um hectare de amendoal tem uma capacidade de retenção anual de 22,24 t C/ha/ano, sendo que, mais uma vez, este valor também difere bastante com as práticas culturais adotadas. Por exemplo, optando por uma cobertura vegetal espontânea ou semeada pode conseguir-se um aumento de 0,22 a 1,19 t C/ha/ano (Carbocert, 2020).

Em *Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. Gobierno de Aragón*, 2013, estima-se que na região de La Rioja, um hectare de amendoal seja responsável por sequestrar, em média, 6,30 t CO_2/ha, valor que se encontra bastante próximo da quantidade estimada de CO_2 absorvido pelo olival (6,59 t CO_2/ha) (Gobierno de La Rioja, 2010).

Tal como verificado para o caso do olival, no amendoal as práticas culturais desempenham um papel importante na quantidade de carbono que a cultura é capaz de sequestrar. Num trabalho realizado por Jahanzad, *et al.*, 2020 compararam as diferenças no *stock* de carbono quando se opta por determinada prática cultural em detrimento de outra. Neste caso específico, comparou-se a queima dos resíduos com a trituração e incorporação da biomassa lenhosa. Desta análise concluiu-se, que existe um aumento de sequestro de carbono na parte superior do solo em 5 t/ha, comparativamente à queima, uma vez que a incorporação destes resíduos, possibilita a retirada de 18,72 t C/ha e a queima apenas de 13,53 t C/ha. Por outro lado, este estudo ajudou à perceção de que a reciclagem da biomassa *in situ*, pode ajudar mais no sequestro de carbono no solo, do que a replantação dos pomares, para além de ter outros efeitos positivos como o aumento de rendimento (Jahanzad, *et al.*, 2020). Existem outros autores que referem que a reciclagem de pomares sequestra em média cerca de 2,4 t C/ha (*California Almonds*, 2020).

3.1.1.3 - Nogueiral

No que diz respeito ao nogueiral foi realizado um estudo em que foram estimados os valores de sequestro de carbono para cinco espécies de árvores, onde se mediu a taxa de sequestro de carbono para a espécie *Juglans nigra*, comummente conhecida como nogueira-negra ou nogueira--preta (Wotherspoon, Thevathasan, Gordon, & Voroney, 2014). De acordo com estes autores, em 25 anos e para uma densidade de 111 árvores/ha, um sistema agroflorestal de nogueira é capaz de sequestrar 15 t C/ha; o que significa uma taxa anual de sequestro de carbono de 0,59 t C/ha. Este valor é visivelmente inferior aos relatados para a cultura do olival e do amendoal, no entanto, isso pode dever-se, entre outros fatores, à pouca representatividade da amostra utilizada para definir a taxa de sequestro de carbono no nogueiral. Das 0,59 t C/ha/ano sequestradas inferiu-se que 0,48 t C/ha/ano foram assimiladas acima do solo, enquanto as restantes 0,11 t C/ha/ano abaixo do solo.

Noutro estudo, foi avaliado o sequestro de carbono para a noz pecan, tendo-se verificado uma tendência semelhante ao estudo anterior, dado que aproximadamente 80% da assimilação de carbono ocorre na parte aérea. De acordo com Constante-García, Nava-Reyna, Patricia-Maciel--Torres, Cerano-Paredes, & Cabrera-Rodríguez, 2020 estima-se que a parte aérea é responsável por sequestrar 6,71 t C/ha, enquanto a parte radicular sequestra 1,86 t C/ha, obtendo-se assim um total de 8,57 t C/ha na exploração em estudo.

3.1.2 - Biomassa

Diferentes tipos de explorações agrícolas apresentam potencialidades diferentes no aproveitamento de fontes de biomassa para a produção de energia. São vários os exemplos de matérias-primas com potencialidade de produção e exportação de energia para os diversos tipos de atividades agrícolas (ver Tabela 7).

Tabela 7 | Fontes potenciais de energia renovável para diversos tipos de exploração agrícola

Tipo de exploração	Fontes potenciais de energia renovável	Potencial de exportação de energia
Culturas arvenses (ex: trigo, milho, arroz)	• Resíduos de culturas para geração de calor e energia e possivelmente biocombustíveis • Biocombustíveis e biogás de culturas energéticas • Solar, se localização propícia	• Biocombustíveis (ou matérias-primas) • Solar • Eólica e hidroelétrica menos prováveis em terras aráveis planas a onduladas
Hortícolas - grandes explorações para transformação (ex: batata, cebola, cenoura)	• Resíduos secos para combustão • Resíduos húmidos para digestão anaeróbica • Solar e eólica - possível	• Calor e biogás usados sobretudo na exploração • Solar - possível
Hortícolas - pequenas explorações	• Resíduos e rejeições para pequenas instalações de biogás para uso no local - mas pequena escala e sazonal	Baixo
Culturas em estufa	• Alguns resíduos para combustão; igual à anterior	Baixo
Frutícolas (ex: pomóideas, azeitonas)	• Resíduos de poda para combustão • Fruta rejeitada para biogás	Baixo
Laticínios (explorações com mais de 50 vacas)	• Estrume para biogás • Desperdício de calor da refrigeração do leite • Solar térmica • Solar e eólica, se localização propícia	• Calor e energia de biogás • Energia solar ou eólica
Pecuária extensiva (ex: ovinos, bovinos, caprinos)	• Eólica e mini-hídricas se zona montanhosa • Resíduos florestais • Solar, se localização propícia	• Eólica e hidroelétrica
Pecuária intensiva (ex: suínos, aves de capoeira)	• Estrume para biogás • Camas de aves para combustão solar e eólica para bombeamento de água	• Calor e energia de biogás e das camas das aves em escala comunitária

Fonte: Adaptado de Loureiro & *et al.*, 2018

Os setores agroflorestal, enquanto produtores de biomassa, contribuem de forma direta ou indireta para a produção de energia elétrica e térmica, quer para autoconsumo quer para integração na rede de distribuição. No caso do setor agroflorestal, isso é concretizado através de culturas energéticas, plantações de árvores em rotações curtas ou com subprodutos e resíduos agrícolas ou florestais gerados na sua atividade.

Para se avaliar adequadamente o potencial do uso da biomassa gerada a nível da agricultura, é importante conhecer a sua existência. A Tabela 8 apresenta algumas estimativas indicativas da biomassa provenientes de atividades agrícolas, por regiões de Portugal e a biomassa agroindustrial passível de valorização.

Tabela 8 | Estimativas de biomassa provenientes de atividades agrícolas por região em Portugal (em t/ano)

	Cultura	Material	Norte	Centro	AML	Alentejo	Algarve	Continente
Arvenses	**Arroz**	Palha	-	36555,10	34004,95	128955,25	1271,14	200786,44
	Girassol	Palha	-	11,28	1510,32	47765,04	-	49286,64
	Milho p/grão	Palha	89963,55	209793,84	31518,96	384395,41	1422,66	717094,42
	Milho p/grão de regadio	Palha	84091,24	198291,90	31459,56	384395,41	1393,09	699631,20
Permanentes	**Ameixa**	Podas	708,50	7493,61	706,10	4710,23	705,80	14324,25
	Amêndoa	Podas	4377,20	313,89	2,58	265,91	460,52	5420,10
	Azeitona de mesa	Podas	4709,66	448,53	8,02	5222,69	50,74	10439,64
	Azeitona para azeite	Podas	52682,26	25923,21	88,52	182839,93	1250,56	262784,48
	Castanha	Podas	9363,74	1195,66	3,60	327,10	8,81	10898,90
	Cereja	Podas	2042,46	1494,26	4,80	40,92	4,68	3587,12
	Kiwi	Podas	8701,15	2050,36	13,74	17,85	12,13	10795,24
	Laranja	Podas	3271,55	4816,14	1578,02	11564,96	127368,46	148599,14
	Maçã	Podas	51794,06	105488,68	2006,30	3695,68	106,18	163090,91
	Noz	Podas	758,24	499,88	20,78	1024,41	166,31	2469,62
	Pera	Podas	2283,28	118813,37	805,46	3732,94	161,27	125796,33
	Pêssego	Podas	899,97	14502,13	441,46	7257,07	1514,23	24614,86
	Tangerina	Podas	316,72	313,55	159,70	1727,74	18837,10	21354,80
	Uva de mesa	Podas	450,02	2853,97	714,54	8306,56	4892,54	17217,64
	Uva para vinho	Podas	332428,79	256965,19	78622,84	287795,48	1708,60	957520,91

Fonte: Adaptado de Gil & *et al.*, 2018

A valorização energética destes materiais representa um forte contributo para a mitigação das alterações climáticas, tendo em conta que reduz a necessidade de utilização das fontes convencionais de energia.

De acordo com Gil & *et al.*, 2018 que refere como exemplo, os resultados do Projeto BIOmasud Plus (baseados em dados do Eurostat de 2014), havia em Portugal um potencial de 245.664 t MS /ano de podas de vinha e de 227.685 t MS/ano de podas de olival. Contudo, as utilizações destes materiais para valorização energética estão dependentes da sua sazonalidade, quantidades disponíveis, localização geográfica, densidade, preço de mercado, maquinaria, conservação e armazenamento, etc.

Já no lado da floresta nacional, esta tem um papel destacado devido ao seu peso na economia, ao problema e à dimensão económica e social dos fogos rurais, e tendo em consideração a possibilidade de valorização da biomassa existente nas zonas de elevado risco de incêndio, o que reveste da maior importância encontrar soluções que explorem o potencial biomássico, nomeadamente a nível energético.

O aproveitamento dos resíduos florestais dá origem a uma enorme variedade de diferentes biocombustíveis, nomeadamente pellets de madeira e estilha de madeira. Destas possibilidades, destaca-se a utilização de biomassa, nomeadamente a biomassa florestal energética e a biomassa florestal residual, que podem ser definidas, respetivamente, como o conjunto de produtos e de sobrantes provenientes da exploração florestal, podendo apresentar diversos aproveitamentos, em particular na produção de energia, e contribuindo assim para a redução de material combustível no solo.

Não obstante, nem toda a biomassa florestal residual tem viabilidade económica para ser aproveitada para produção de energia, seja pelas características da própria biomassa (baixa densidade, elevado teor de humidade, por exemplo), seja pelas condições orográficas do território nacional, pelas limitações das acessibilidades, pelos elevados custos de extração e de transporte, ou ainda pela pequena dimensão da propriedade, maioritariamente privada e, consequentemente, de gestão fragmentada, Aponta-se, assim, para que esteja disponível para utilização apenas cerca de 43 a 65% da biomassa florestal potencial (Gil & *et al.*, 2018).

O aparecimento de outras utilizações para além da bioenergia, nas chamadas biorrefinarias, abre novas possibilidades para a utilização de recursos provenientes da biomassa florestal, nomeadamente a benefícios sociais e ambientais importantes numa futura bioeconomia. A produção integrada de bioprodutos, biocombustíveis e outras formas energéticas, ao aumentar o portfólio de produtos

oferecidos pela unidade/instalação, pode afigurar-se como uma solução interessante para melhorar o aproveitamento da biomassa e a competitividade dos biocombustíveis avançados que hoje estão em debate na UE.

A Tabela 9 apresenta uma estimativa teórica para a quantidade de biomassa florestal residual por NUT II. Os valores apresentados são exclusivos do Pinheiro-bravo e do Eucalipto e não têm em consideração outras fontes vegetais, tais como os matos.

Tabela 9 | Quantidade total de biomassa florestal residual florestal (teórica) de Pinheiro-bravo e Eucalipto, por NUT II

NUT II	Área (ha)	Área Florestal (ha)	B disponível total (t)	B disponível (t/ano)	B disponível (t/ha)
Valores médios					
Norte	2 128 898,80	314 400,00	4 844 028,50	273 045,20	27,70
Centro	2 367 489,40	668 000,00	11 313 251,00	569 601,10	28,20
LVT	1 170 004,60	211 100,00	2 657 602,40	190 005,10	32,70
Alentejo	2 727 597,40	146 100,00	836 241,90	55 658,50	14,00
Algarve	499 487,90	17 400,00	883 373,00	8 829,10	13,60
Total	8 893 478,10	1 357 000,00	19 739 461,00	1 097 139,00	23,20
Valores máximos					
Norte	2 128 898,80	314 400,00	6 016 987,50	342 774,10	34,50
Centro	2 367 489,40	668 000,00	13 450 714,00	723 436,60	34,20
LVT	1 170 004,60	211 100,00	3 238 889,00	247 294,10	38,70
Alentejo	2 727 597,40	146 100,00	1 197 319,70	85 551,20	18,30
Algarve	499 487,90	17 400,00	111 278,60	11 510,50	16,30
Total	8 893 478,10	1 357 000,00	24 015 188,80	1 410 566,50	28,40
Valores mínimos					
Norte	2 128 898,80	314 400,00	3 935 660,00	224 821,60	22,80
Centro	2 367 489,40	668 000,00	9 220 289,30	461 185,80	22,80
LVT	1 170 004,60	211 100,00	21 829 313,00	156 861,20	26,80
Alentejo	2 727 597,40	146 100,00	479 470,00	25 795,80	9,80
Algarve	499 487,90	17 400,00	64 777,90	5 994,40	10,80
Total	8 893 478,10	1 357 000,00	15 883 128,50	874 658,70	18,60

Fonte: Adaptado de Viana, H. *et al*

4 - BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS SEQUESTRADORAS DE CARBONO (BPASC)

4 - BOAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS SEQUESTRADORAS DE CARBONO (BPASC)

As boas práticas que a seguir se apresentam seguem o esquema do projeto LIFE+ CLIMAGRI que no fundo acabam por representar um mix de agricultura de conservação/regenerativa e biológica. As práticas apresentadas representam uma adaptação àquelas que constam do estudo, contudo, procurou-se manter a matriz de avaliação o mais próxima possível da original. Em traços gerais, o objetivo central do projeto era estabelecer um conjunto de estratégias de gestão agronómica para culturas extensivas que contribuíssem para a mitigação das alterações climáticas e adaptação das culturas às condições climáticas. O projeto considerou um conjunto de boas práticas agrícolas (10 BPA), que foram avaliadas através de indicadores, obtendo-se os seguintes resultados:

- Redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) do solo: as parcelas com um maior número de BPA aplicadas reduziram as emissões de CO_2 em 48% e as emissões de N_2O em 2-10%, em comparação com as parcelas sem BPA.
- Aumento do sequestro de carbono nas parcelas com maior aplicação de BPA: aumento de 8% em comparação com as parcelas geridas convencionalmente, o que representa um aumento médio anual de 1,16 t/ha de carbono.
- Redução das emissões de CO_2 ligadas ao consumo de energia de até 35%, com uma redução média de 32% ao longo dos 4 anos do projeto, o que significa emitir menos 15,11 t CO_2/ha do que com a gestão convencional.

4.1 - Boas Práticas

4.1.1 - BPASC 1: Manutenção do solo com uma cobertura vegetal

O uso de coberturas vegetais é uma prática que permite ao agricultor proteger o solo e, simultaneamente, conseguir um aporte de nutrientes ao mesmo. Nas culturas anuais trata-se de manter o solo coberto ao longo de todo o ano, tanto com culturas (comerciais ou implantadas com a única finalidade de manter o solo coberto), como com os restos da colheita do ano anterior, os quais se deixam espalhados sobre o solo.

O desenvolvimento deste tipo de prática origina benefícios aos solos onde estão implantadas as culturas, com repercussões na sustentabilidade dos mesmos. A cobertura viva ou inerte confere uma grande proteção ao solo, ao atuar como uma capa de revestimento que evita o choque direto das gotas de chuva contra a superfície. Ao travar o impacto, impede a erosão física que este provoca e, portanto, previne a perda de solo, um dos problemas mais graves da agricultura mediterrânica. Além disso, a cobertura do solo, disponibiliza uma barreira física contra o escorrimento em zonas de declive. Desta forma, evita-se a perda de solo originada pela erosão da água que corre à superfície, cuja ação provoca regos e ravinas no caso da superfície se encontrar desprovida de proteção.

A presença de cobertura à superfície do solo cria também um filtro à incidência direta dos raios solares, reduzindo a insolação. O resultado desta ação protetora é a diminuição da evaporação da água retida no solo, levando à manutenção da humidade existente. Este aspeto é, especialmente, relevante nas culturas de regadio, sobretudo em zonas com clima mediterrânico, permitindo uma importante poupança de água e energia e, assim, de recursos financeiros pelo agricultor.

Além do efeito protetor sobre o solo, outro benefício da aplicação desta prática é o aporte de nutrientes e biomassa ao solo. Os restos provenientes da colheita do ano anterior são degradados pela biota que habita o solo, provocando uma reciclagem de nutrientes, assim como o incremento de matéria orgânica no perfil edáfico.

Finalmente, a disposição dos restos da colheita sobre a superfície do solo e a implantação de culturas de cobertura disponibilizam abrigo e alimentação a uma fauna variada, que vai desde seres microscópicos até a comunidades de aves estreparias. Esta prática a nível do solo eleva a biodiversidade do agro-sistema, além de favorecer a sua autorregulação, evitando, assim, o surgimento de pragas e favorecendo a sua sustentabilidade.

Como manter a cobertura do solo em culturas anuais?

As técnicas que têm como objetivo conservar o solo protegido devem ser escolhidas em função dos fatores que afetam a degradação do material vegetal que serve como cobertura, como sejam as condições climáticas ou a natureza do dito material vegetal.

Assim sendo, em zonas em que o clima não seja propício a uma rápida degradação do material vegetal (zonas com períodos secos entre culturas) pode bastar espalhar, adequadamente, os restos da cultura durante a colheita e conservá-los à superfície até à sementeira da próxima cultura.

Contudo, se durante o período entre culturas se verificarem condições que favoreçam a atividade dos microorganismos que decompõem os restos da colheita (humidade alta, por exemplo) e esses resíduos, ao decomporem-se, deixarem de proteger o solo, e tendo em conta que a humidade alta é motivada por precipitações que podem por sua vez originar problemas de erosão, torna-se recomendável a implantação de uma cultura de cobertura que complemente a ação protetora dos restos da colheita.

Como cultura de cobertura pode optar-se por diferentes espécies que possam ajudar na gestão da exploração, atendendo às suas características:

Gramíneas:

- O preço da semente é baixo, já que, ao tratar-se de uma cultura de cobertura sem fins comerciais, pode realizar-se uma sementeira com semente não certificada.
- O controlo é fácil. As gramíneas podem eliminar-se facilmente, mediante a aplicação de pequenas doses de herbicidas de baixa toxicidade.
- A relação C/N é adequada. Os resíduos das gramíneas no solo têm grande persistência devido aos caules apresentarem uma relação C/N alta, o que torna a sua decomposição mais lenta.
- Têm raízes superficiais. As gramíneas possuem raízes pouco penetrantes, pelo que não extraem água de horizontes profundos.

Leguminosas:

- Apresentam a vantagem de fixarem azoto nas suas estruturas, azoto este que fica no solo à disposição de futuras culturas.
- Por outro lado, a relação C/N das leguminosas é baixa, pelo que a sua degradação se produz com rapidez, e sendo mondadas deixam de proteger o solo antes de outros tipos de coberturas do solo.

Crucíferas:

- A sua raiz, profunda e pivotante, pode ser de utilidade para resolver problemas de compactação em profundidade, além de controlarem alguns tipos de nemátodos indesejáveis em culturas futuras.

4.1.2 - BPASC 2: Perturbação mínima do solo

A alteração mínima do solo é um dos pilares em que se apoia a Agricultura de Conservação que consiste em evitar, tanto quanto possível, a alteração mecânica do solo face ao desenvolvimento da atividade agrícola. Para isso, desenvolveu-se a chamada sementeira direta, que constitui um sistema de produção agrícola que não requer a realização de nenhum trabalho de preparação do terreno antes da sementeira. Este modo de agricultura é possível graças ao desenvolvimento de maquinaria que permite semear sobre resíduos vegetais, ainda que seja indispensável selecionar o tipo de máquina que melhor se adapte às condições de cada exploração.

A descrição técnica desta operação já foi discutida no Manual de Adaptação às Alterações Climáticas no Mundo Rural, contudo, chama-se a atenção que esta prática nem sempre está disponível aos agricultores seja por questões técnicas (falta de equipamentos ou equipamentos muito dispendiosos), seja pela condições de terreno que não permitem o trabalho adequado dos equipamentos. Esta solução a poder ser aplicada, aliada à manutenção das palhas no solo, representa uma das mais importantes medidas de mitigação disponível à agricultura moderna.

4.1.3 - BPASC 3: Prática de uma rotação adequada de culturas

A rotação de culturas consiste na sementeira sucessiva de diferentes culturas num mesmo terreno, segundo uma ordem definida. Este conceito opõe-se ao da monocultura que consiste na sementeira repetida de uma mesma espécie na mesma parcela e ano após ano.

Tipicamente associa-se à falta de rotatividade uma maior incidência de pragas e doenças específicas dessa cultura, uma vez que os organismos que as originam permanecem de maneira estável num habitat que favorece o seu desenvolvimento.

Adicionalmente, dá-se a proliferação de espécies de infestantes cujo ciclo esteja adaptado às condições da exploração (momento de aplicação de produtos fitossanitários).

Outro problema a mencionar é o esgotamento dos nutrientes extraídos em maior quantidade pela cultura, dado que ao ser sempre a mesma cultura, esta extrairá, sistematicamente, os mesmos

nutrientes e às mesmas profundidades. Como consequência disso, as raízes apresentarão dificuldades no seu desenvolvimento e a produção será afetada.

O estabelecimento de rotações de culturas adequadas aporta uma série de melhorias que se traduzem num incremento das produções e são:

- A redução da incidência de pragas e doenças: a mudança de cultura pressupõe uma mudança de *habitat*, pelo que o ciclo de vida das pragas e doenças é interrompido.
- O controlo de infestantes, mediante o uso de espécies de plantas mais vigorosas como culturas de cobertura, as quais se utilizam como adubo verde ou como culturas de inverno, quando as condições de temperatura, humidade do solo ou rega o permitam.
- A distribuição mais adequada de nutrientes no perfil do solo (espécies de raízes mais profundas extraem nutrientes a maior profundidade).
- A diminuição dos riscos económicos, em caso de acontecer alguma eventualidade que afete alguma das culturas.
- A regulação da quantidade de restos de colheita, já que se podem alternar culturas que produzem pouca biomassa com outras que produzam maiores quantidades da mesma.

A realização de rotações de culturas tem um efeito benéfico na mitigação das alterações climáticas, dado que, ao melhorar de maneira significativa o controlo das infestantes, pragas e doenças, otimizam-se os tratamentos fitossanitários realizados, tanto no que diz respeito ao número de tratamentos, como às doses recomendadas. Esta otimização no uso de produtos leva a um menor consumo energético, tanto na produção dos mesmos, como na diminuição nos gastos de combustíveis necessários para a sua aplicação na parcela.

4.1.4 - BPASC 4: Otimização do uso de agroquímicos

A otimização do uso de agroquímicos consiste não só em utilizar os compostos ativos necessários sempre no momento e na dose oportuna, mas também em utilizar os equipamentos em condições ótimas de manutenção e calibração (aspeto que se desenvolve na BPASC 5). É um conceito na linha de utilização de produtos fitossanitários e fertilizantes desenvolvidos em produção integrada.

Esta prática contrapõe-se à realização de aplicações, ano após ano, dos mesmos produtos, na mesma dose e na mesma data de aplicação, sem ter em conta as necessidades reais da cultura.

A utilização inadequada dos produtos agroquímicos pode originar problemas graves, tanto na própria exploração como fora dela. O adubo aplicado em excesso, e não na quantidade que a cultura realmente necessita, o uso de doses excessivas de herbicidas, fungicidas e pesticidas e a realização das aplicações em momentos inadequados origina não só uma perda económica importante para a exploração agrícola (uma vez que está a ser utilizado mais produto do que o necessário e, no caso de fazê-lo fora do momento indicado, não será tão eficaz), como também problemas ambientais, dado que estes produtos podem provocar danos ao meio ambiente se usados de maneira incorreta.

A otimização do uso dos agroquímicos tem benefícios que não se circunscrevem só à exploração agrícola, mas também ao meio ambiente que envolve os ecossistemas e são:

- A redução dos custos em agroquímicos, pois pode reduzir-se a dose a aplicar ao conhecer as necessidades exatas da cultura e o tempo e condições ótimas de aplicação.
- O aumento da produção das culturas ao melhorar o seu estado nutritivo e sanitário.
- O aumento dos benefícios económicos nas explorações agrícolas ao reduzir os custos de produção e ao aumentar as receitas pela venda da colheita.
- A redução da contaminação difusa das águas ao não produzir perdas devido à sua má utilização.
- A diminuição das emissões de óxido nitroso devido à volatilização do adubo associado à má utilização.
- O aumento da fauna auxiliar do solo ao utilizar os fitofármacos apenas quando necessário e na dose adequada.

A aplicação destas técnicas de otimização do uso de agroquímicos contribui de forma direta para a mitigação das alterações climáticas por duas vias:

- Redução das emissões supérfluas de óxido nitroso, ao diminuir os processos de volatilização do adubo pela melhoria da sua aplicação no campo.
- Redução do gasto energético das explorações ao utilizarem a quantidade ótima de agroquímicos e, como tal, a consequente diminuição de emissão de GEE no processo de fabrico dos mesmos.

4.1.5 - BPASC 5: Manuseamento adequado de produtos agroquímicos

A utilização de produtos agroquímicos nas culturas é uma das ferramentas imprescindíveis para a manutenção de níveis produtivos que permitam alimentar uma população mundial em constante crescimento. No entanto, o uso inadequado destes produtos pode produzir uma importante perda de rentabilidade das explorações agrícolas e graves problemas de contaminação ambiental e de perda de biodiversidade.

Para evitar estes aspetos, devem utilizar-se equipamentos bem calibrados e em bom estado de conservação, além de ter o cuidado de não usar estes produtos em zonas e em períodos que possam potenciar contaminações:

1 - Calibração e manutenção de equipamentos de aplicação de agroquímicos

Existem basicamente dois tipos de equipamentos: distribuidores de adubos e equipamentos de aplicação de produtos fitofármacos (barras de aplicação ao solo e atomizadores para a copa). Os distribuidores de adubo não têm uma manutenção específica para além do correto estado dos sistemas de distribuição, que são, nos pendulares, a extremidade do tubo de saída e, nos centrífugos, as palhetas dos discos, os quais têm uma posição específica para cada tipo de adubo, de forma a assegurar a correta distribuição do mesmo sobre o terreno.

- O cuidado e manutenção dos bicos: é recomendável trocá-los anualmente e usar, se possível, bicos anti deriva.

- A avaliação do estado do manómetro: Controlar se a amplitude da escala do mesmo é adequada e se está em condições corretas de funcionamento.

2 - Normas básicas de utilização de produtos agroquímicos

- Em relação aos adubos, há que ter em conta, em primeiro lugar, a zona onde se encontra a exploração, pois, se for zona vulnerável à contaminação por nitratos, existem restrições específicas para o uso do azoto.
- Também no caso de se adubar antes de chover deverão ter-se em conta cuidados especiais, usando produtos que não tenham muita mobilidade na água. O uso de azoto na forma de nitratos é desaconselhado, uma vez que pode originar problemas de lixiviação e contaminação de aquíferos.
- Pelo contrário, caso seja necessário adubar e não esteja previsto chover, desaconselha-se a utilização de ureia, pois é muito volátil, havendo elevadas perdas por emissões para a atmosfera.
- Há que evitar o uso tanto de fertilizantes como de produtos fitofármacos nas proximidades de cursos de água, mesmo que estes sejam temporários, como ribeiros ou valas de drenagem.
- O uso de produtos fitofármacos deve estar sempre condicionado à existência de fauna auxiliar. Por exemplo, no caso de haver colmeias na exploração, o uso de herbicidas hormonais para folha larga deverá realizar-se ao entardecer, período de menor atividade das abelhas.
- Finalmente, desaconselha-se a utilização de qualquer agroquímico antes de chuvas fortes.

3 - Manuseamento das embalagens

Outro aspeto a ter em conta em relação aos produtos agroquímicos é o manuseamento das embalagens. De acordo com a normativa vigente (Diretiva 2009/128/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro de 2009 que estabelece normas de atuação comunitárias com vista ao uso sustentável dos fitofármacos), estas devem ser enxaguadas após o seu uso e armazenadas num lugar apropriado, até serem recolhidas por parte de empresas autorizadas para o seu processamento ou entregue às mesmas. Em Portugal a recolha ocorre por intermédio da VALORFITO, designação pelo qual é conhecido o Sistema Integrado de Gestão de Embalagens e Resíduos em Agricultura, que tem como objetivo a recolha periódica dos resíduos de embalagens primárias de produtos fitofarmacêuticos e sua gestão final.

Os benefícios de adotar esta Boa Prática Agrícola não se aplicam apenas aos limites da exploração agrícola, mas, também, à qualidade do meio ambiente e dos sistemas agrícolas envolventes. Estes são:

- A redução dos custos com agroquímicos em geral, uma vez que não é necessário aumentar a quantidade total aplicada em relação à ótima para assegurar a qualidade do tratamento.
- O aumento da produção das culturas, ao melhorar o seu estado nutritivo e sanitário.
- O incremento dos benefícios económicos nas explorações agrícolas, pela redução dos custos produtivos e pelo aumento das produções.
- A redução da contaminação difusa das águas, ao evitar-se a perda de produto devido a uma aplicação deficiente ou a um mau manuseamento das embalagens.
- A diminuição das emissões de óxido nitroso que podem ocorrer pela volatilização do adubo quando associada uma má prática de utilização.

A aplicação destas técnicas contribui, de forma direta, para a mitigação das alterações climáticas por duas vias:

1 - Redução das emissões supérfluas de óxido nitroso, ao diminuir os processos de volatilização do adubo pela sua melhor aplicação no campo.
2 - Redução do gasto energético das explorações, ao utilizar menor quantidade de agroquímicos, e, portanto, a consequente diminuição de GEE no processo de fabrico dos mesmos e na sua aplicação nas explorações agrícolas.

4.1.6 - BPASC 6: Utilização de tecnologias avançadas

Embora o seu uso ainda não seja generalizado, existe, atualmente, um grande número de avanços tecnológicos que permitem ao agricultor otimizar a gestão da sua exploração.

A condução por GPS de tratores, é um primeiro passo nestas tecnologias, permitindo a realização de operações com grande precisão, ao evitar sobreposições ou áreas não tratadas.

Outras tecnologias têm-se mostrado revolucionárias, nomeadamente, à forma como se tomam decisões na exploração agrícola. Também, a tecnologia da informação e comunicação (TIC), com base numa rede de sensores localizados em máquinas ou outros elementos, tais como plataformas não tripuladas, "drones" e até mesmo satélites, pode gerar uma grande quantidade de conhecimentos sobre meteorologia e características da exploração, como seja, a variabilidade do tipo de solo, da produção, da qualidade, do estado nutritivo e hídrico da cultura, etc.

Com toda esta informação, e apoiados em sistemas de informação geográfica (SIG) específicos para a agricultura, podem obter-se recomendações espacialmente personalizadas para as culturas instaladas. Estes sistemas de apoio à decisão baseiam-se na criação de uma grande quantidade de informação sobre a exploração ao longo de várias campanhas agrícolas, permitindo que o agricultor conheça, de forma fiável, a distribuição e composição dos diferentes tipos de solo existentes, as suas condições físico-químicas, bem como as áreas mais produtivas, podendo inferir acerca das causas possíveis da variação da produção ao nível da parcela.

A utilização de sensores, cada vez mais frequentes, permite medições em tempo real, dos parâmetros desejados, aplicando algoritmos e gerando alertas sem qualquer intervenção humana. Hoje em dia, muitos destes sistemas ainda apresentam alguns problemas de precisão, contudo, o potencial futuro é enorme tendo em conta a automatização e o preço competitivo. À medida que o desenvolvimento tecnológico vai ocorrendo, por exemplo, com integração de tecnologia NIR (Near--infrared spectroscopy), será possível avaliar o estado nutricional das culturas e calcular a dose de fertilizante a aplicar em função das características medidas em tempo real. Outros aspetos da gestão também serão muito vantajosos, como a deteção e localização de infestantes e tratamento específico somente nas zonas onde estas se encontram.

A agricultura convencional é, geralmente, baseada no conhecimento empírico, na mera observação do próprio agricultor. Como regra geral, aplica sempre a mesma quantidade de produto e em toda a parcela, sem levar em conta a variação de fertilidade do solo da mesma, as necessidades da cultura e as condições meteorológicas. Isto faz com que a eficiência no uso dos produtos possa ser baixa, por vezes em menos de 50%, causando, não somente um declínio na rendibilidade das explorações agrícolas, não só por perda de produto e de produção (já que não se obtém o rendimento desejado com utilização dos produtos), como, também, um risco acrescido de impacto negativo no ambiente. A tecnologia vai mudar por completo este paradigma.

Quais as vantagens das tecnologias avançadas?

- Melhor compreensão pelo agricultor da sua própria exploração e melhor capacidade para tomar decisões
- Otimização da utilização dos fatores de produção
- Melhor estado vegetativo das culturas e, assim, um aumento da respetiva produção
- Melhoria dos resultados económicos da exploração
- Redução da pegada ambiental da agricultura.

Estas tecnologias, como qualquer outra destinada a melhorar a utilização de fertilizantes ou fitofármacos, têm um duplo efeito na mitigação das alterações climáticas, ao reduzir a energia necessária na condução das culturas, diminuindo, portanto, as emissões de gases prejudiciais à atmosfera, ao mitigar a circulação de máquinas e a volatilização de fertilizantes.

Do ponto de vista da adaptação às alterações climáticas, a introdução de novas tecnologias permitirá realizar apenas as intervenções necessárias nas culturas e de acordo com as necessidades reais, as quais poderão vir a mudar como resultado das alterações climáticas.

4.1.7 - BPASC 7: Implementação de estratégias de rega ótima e rega deficitária controlada

A estratégia de rega deficitária controlada consiste em reduzir o *input* total de água de rega à cultura, em determinados períodos de baixa sensibilidade ao défice hídrico, reduzindo assim o consumo de água, sem que tal dê origem a perdas de produção importantes.

A rega deficitária controlada consegue melhorar a eficiência do uso da água por parte da planta, diminuindo ao mesmo tempo as perdas de água por escorrimento superficial ou drenagem profunda. No caso de culturas como o algodão, a aplicação de dotações de rega abaixo das ótimas não conduz a diminuições significativas no rendimento da cultura, melhorando até a eficiência do uso da água de rega, o que ajuda a assegurar a sustentabilidade das explorações.

Uma correta implementação de uma estratégia de rega deficitária pressupõe uma boa caracterização edafoclimática e agronómica da cultura. Assim, para a determinação das necessidades de água

de rega será necessária uma análise das condições meteorológicas da zona. Esta análise permitirá conhecer a evapotranspiração de referência (ET), fator chave para a realização de calendários de rega. Por outro lado, o ciclo fenológico da cultura em estudo é um fator determinante, já que nos dará a conhecer os períodos sensíveis e não sensíveis ao *stress* térmico e hídrico. Como exemplo, no caso do milho, a fase da floração é a mais sensível ao *stress* hídrico, com reduções de matéria seca aérea, de rendimento e de índice de colheita. Já em experiências de rega deficitária durante a fase de enchimento do grão, o crescimento e o rendimento deste não foram significativamente afetados. No caso da beterraba sacarina, comprovou-se que se for aplicada menos água no final do ciclo pode chegar a conseguir-se maior eficiência no uso da água, sem que diminua significativamente a produção de açúcar ou a sua qualidade industrial. Para levar a cabo este trabalho de caracterização, recomenda-se o uso dos modelos de simulação e de técnicas de teledeteção que permitem uma caracterização precisa por região.

A programação de estratégias de rega deficitárias requer o desenvolvimento de estudos específicos para cada cultura. É importante determinar que *stress* hídrico se está a gerar sobre a cultura, de forma a evitar que um défice hídrico moderado e potencialmente benéficioso possa converter-se em demasiado severo. Da mesma maneira, é preciso contar com experiência prévia na zona e com cada cultura, com o objetivo de determinar o impacto da rega deficitária sobre a exploração. Para tal, é necessário dispor de ferramentas que permitam avaliar o estado hídrico da planta, pelo que se recomenda levar a cabo uma experimentação prévia a uma escala reduzida das estratégias de rega deficitária. Obviamente, a implantação destas atividades experimentais deve ser promovida pelos organismos de investigação, sempre em colaboração com agricultores e técnicos.

Nos últimos anos, os avanços na gestão da rega e nos sistemas de apoio à decisão contribuíram para o desenvolvimento de ferramentas para o controlo das culturas e para a criação dos calendários de rega deficitária.

A implementação de estratégias de rega deficitária é uma medida de adaptação à previsível diminuição dos recursos hídricos causada pelas alterações climáticas. Os sistemas culturais deverão adaptar-se a esta limitação, levando a cabo uma redução no consumo de água, sem afetar de maneira significativa o seu rendimento. Isto implicará um incremento muito significativo na produtividade da água de rega, melhorando a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

4.1.8 - BPASC 8: Consideração conjunta de práticas agronómicas, técnicas e económicas otimizadas para a melhoria da gestão da água de rega

Dada a crescente limitação no uso dos recursos hídricos para a agricultura, é fundamental que exista um conhecimento detalhado dos sistemas agrícolas, de modo que se possa levar a cabo um correto uso da água de rega. Este tipo de conhecimento muitas vezes não está ao alcance dos agricultores, pelo que a gestão da rega se faz sem a informação correta acerca das condições de cultivo, do solo ou do sistema de rega. Nos últimos anos, a implementação de sistemas públicos e privados de assessoria ao regante tem vindo a ajudar agricultores e técnicos a conhecerem melhor as necessidades hídricas da sua exploração, de forma a aplicar-se a água apenas na quantidade e no momento adequados, com a consequente poupança de recursos hídricos e energéticos. Estes serviços de assessoria devem servir como transmissores ao consumidor final dos conhecimentos gerados pelos organismos de investigação.

O objetivo desta prática agrícola é proporcionar ao agricultor uma série de recomendações agronómicas, técnicas e económicas, que permitam fazer uma utilização correta dos recursos para tornar a sua gestão mais eficiente.

Fatores como a disponibilidade de água, no que respeita a oportunidade e volume, o método de rega ou a fiabilidade dos mecanismos de administração de água são conceitos chave para a programação de regas, os quais são, frequentemente, esquecidos. Esta omissão gera desequilíbrios importantes entre as necessidades de água e o volume aplicado, provocando stresses hídricos severos ou excesso de rega, o que diminui o rendimento da cultura ou causa importantes perdas de água por percolação profunda e/ou escorrimento superficial.

Outro fator crítico para um uso eficiente da água de rega é o correto desenho dos sistemas de rega, os quais devem ser concebidos para aplicar água de uma forma eficiente e uniforme. A eleição do sistema adequado (dependendo da cultura, características do solo, qualidade e disponibilidade de água e condições climáticas) e o maneio da rega associado ao mesmo são outros componentes que, frequentemente, não são considerados. Da mesma maneira, a realização de uma programação prévia das práticas agronómicas a desenvolver na exploração (como sementeiras precoces, colheita ou maneio do solo) permite obter melhorias importantes no uso eficiente dos

recursos. De facto, um adiantamento na data de sementeira de diferentes culturas evitaria levar a cabo regas durante os períodos mais secos do ciclo (no fim da primavera ou no verão), com a consequente poupança de água. No caso oposto, se o inverno ou o começo da primavera são secos, deverá adiantar-se a campanha de rega, para evitar stresses que originam importantes limitações no desenvolvimento vegetativo das culturas. A planificação da programação de regas é, no entanto, e ocasionalmente, restringida pelas autoridades gestoras dos perímetros de rega, as quais limitam a realização da rega em determinados períodos.

A implementação de todas estas recomendações tem um efeito benéfico sobre a adaptação às alterações climáticas, dado que se consegue, ao tornar mais eficiente a gestão dos recursos, uma diminuição do consumo de água destinada à rega, o que é fundamental para tornar mais sustentáveis os sistemas agrícolas e, simultaneamente, adaptá-los a futuras restrições. Por outro lado, a redução do volume de rega contribui também para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas, já que supõe um menor consumo energético necessário para o funcionamento dos equipamentos de rega na aplicação de água à parcela.

4.1.9 - BPASC 9: Instalação de margens multifuncionais e estruturas de retenção

As faixas ou margens multifuncionais são faixas de vegetação que se implantam nas explorações agrícolas com principal objetivo de formar zonas de infiltração ou de retenção do fluxo de água proveniente de escorrimentos.

Estas margens são consideradas como uma infraestrutura numa bacia hidrográfica e constituem uma medida altamente recomendável para diminuir a perda de solo por erosão e reduzir a perda de água na exploração.

A criação de faixas ou margens multifuncionais implica uma série de vantagens para o meio ambiente, incrementando a sustentabilidade das explorações agrícolas. Os benefícios mais significativos que esta medida oferece são:

- Diminuição da energia transportada pela água de escorrimento superficial
- Proporcionar habitats para um incremento na biodiversidade
- Redução da contaminação dos recursos de água por sedimentos provenientes dos fenómenos de erosão.

Devido à complexidade e variabilidade dos fatores de que depende a eficácia de uma banda de segurança, as recomendações para a localização e dimensionamento de este tipo de infraestrutura devem basear-se num diagnóstico das necessidades de cada exploração agrícola. É, pois, recomendável que esta análise se desenvolva ao nível da bacia hidrográfica, dado que, deste modo, os benefícios implícitos a esta medida se verão aumentados.

A localização das faixas deve ser em função do fluxo de água superficial na bacia em que se insere a exploração agrícola. Estas zonas variarão em comprimento e largura em função das características da zona sobre a qual se pretende que atuem. Assim sendo, devem ser implantadas, preferivelmente, próximo da origem dos problemas de escorrimento superficial da água, nas partes mais altas da exploração e nas linhas de água permanentes ou estacionais. A localização correta destas faixas de vegetação é muito mais importante do que a largura das mesmas.

Para implantar esta medida é assim necessário, em primeiro lugar, decidir qual o tipo de vegetação, podendo-se estabelecer 2 tipos de margens:

- Herbáceas
- Lenhosas
- Combinação de herbáceas e lenhosas

A infiltração da água é melhor nas zonas plantadas com vegetação lenhosa, uma vez que o sistema radicular desta proporciona uma maior porosidade ao solo. Faixas de vegetação herbácea densa são mais eficientes na redução da velocidade do fluxo da água superficial, melhorando, consequentemente, a captura das partículas de solo erodido. Por outro lado, a combinação de ambos os sistemas aumentam a eficiência da medida. A seleção de espécies vegetais para as faixas de proteção com vegetação deve ter em conta as características da zona e o contributo das mesmas para o aumento da biodiversidade, sendo recomendável o uso de espécies autóctones, de fácil gestão e que não sejam invasivas.

Se as espécies selecionadas para as faixas ou margens são anuais, deve realizar-se a respetiva colheita mecânica logo que desenvolvidas por completo, para, assim, dispor de um banco de

sementes das espécies selecionadas para a seguinte campanha. O ciclo da vegetação escolhida deve ser tal, que o processo de colheita possa ocorrer antes do aumento de temperatura e redução da precipitação, com o objetivo de evitar o risco de incêndio e minimizar a probabilidade de ter de recorrer a mais uma colheita por rebentamento da vegetação.

Para que a eficácia destas zonas seja máxima, é necessário evitar a compactação do solo, pelo que se aconselha a limitar a circulação de maquinaria nas mesmas, não devendo utilizá-las como caminhos ou zonas de passagem entre parcelas.

A utilização destas zonas para pastoreio do gado pode ser uma alternativa à colheita mecânica, sempre e quando se evite o pisoteio excessivo pelo gado, que pode causar problemas de compactação ou irregularidade do terreno. Além disso, estas faixas não deverão ser fertilizadas ou tratadas com produtos fitossanitários.

A implantação de faixas ou margens multifuncionais tem um efeito benéfico na mitigação das alterações climáticas, dado que são zonas nas quais não se realizam operações de maquinaria, suprimindo-se, portanto, as emissões de CO_2 que aconteceriam se tais operações ocorressem.

Simultaneamente, ao estabelecer estas zonas, reduzem-se as emissões provocadas pelo uso de *inputs*, uma vez que, o correspondente consumo de combustível, bem como a aplicação de fertilizantes ou fitofármacos, se vê eliminada, ou reduzida em grande medida.

Adicionalmente, o aumento de biomassa fornecida pela vegetação implantada nas mencionadas faixas incrementa o sequestro de CO_2 nesses locais, o que também poderá contribuir para a mitigação das alterações climáticas.

4.1.10 - BPASC 10: Medidas de fomento da biodiversidade

A agricultura, tal como as restantes atividades humanas, exerce impacto no meio ambiente, uma vez que utiliza recursos naturais e ocupa o espaço natural. Com a intensificação da agricultura, o impacto sobre os ecossistemas tem vindo a aumentar, podendo pôr em risco a biodiversidade, pela transformação dos *habitats*.

Estas práticas destinam-se a melhorar a biodiversidade da exploração, principalmente pela melhoria dos ecossistemas e que são:

- A manutenção e implantação, entre parcelas, de bordaduras constituídas por espécies vegetais diversas, com o fim de melhorar os *habitats* de fauna auxiliar, principalmente em invertebrados
- A manutenção de muros ou outras estruturas de pedras sem argamassa que servem de refúgio a pequenos vertebrados (répteis e pequenos mamíferos)
- A manutenção e recuperação vegetal de taludes e ravinas existentes
- A criação de bosquetes em zonas improdutivas ou com muito declive.

Nos limites das parcelas, principalmente nas extremas e próximo dos cursos de água, a implantação de uma cobertura vegetal atua como zona de segurança às aplicações de fitofármacos e como *habitats* de espécies animais e vegetais.

Os muros e as acumulações de pedras, que em muitas ocasiões se apercebem nas explorações agrícolas, atuam como refúgio de fauna, principalmente, de pequenos vertebrados. A manutenção de ditas estruturas cria um refúgio permanente.

Os taludes e as ravinas encontram-se, em muitas ocasiões, com a sua superfície desprotegida, o que aumenta a sua instabilidade e a sua erosão. A manutenção de uma cobertura vegetal, tanto herbácea como arbustiva, além de reduzir, significativamente, a erosão das mesmas, contribui para o refúgio de espécies auxiliares.

De igual modo, a implantação de bosquetes ou manchas de vegetação natural em zonas com muito declive ou improdutivas melhora os ecossistemas.

A manutenção de zonas com cobertura vegetal permanente fixa carbono atmosférico na sua biomassa, aumentando o conteúdo de matéria orgânica no solo.

O aumento e/ou a conservação de variabilidade genética nos ecossistemas melhoram a capacidade de adaptação às alterações (resiliência). Um ecossistema mais diverso é mais estável e pode resistir melhor a tensões no meio ambiente.

Estas práticas de fomento, também podem ser conseguidas com a instalação ou manutenção de estruturas de foco ecológico (EFA), que são estruturas existentes da paisagem, sejam estruturas verdes ou estruturas azuis, que potenciam e proporcionam benefícios ecológicos de forma direta ou indireta. Cada estrutura tem um determinado impacto potencial face aos serviços dos ecossistemas (estética da paisagem, sequestro de carbono, controlo de pragas, entre outros) e à biodiversidade (aves, mamíferos, abelhas, invertebrados) em função da combinação e configuração das suas características (forma, declive, largura, tipo de espécie, entre outros).

Figura 6 | Exemplos de infraestruturas ecológicas e respetivo impacto na biodiversidade e serviços dos ecossistemas

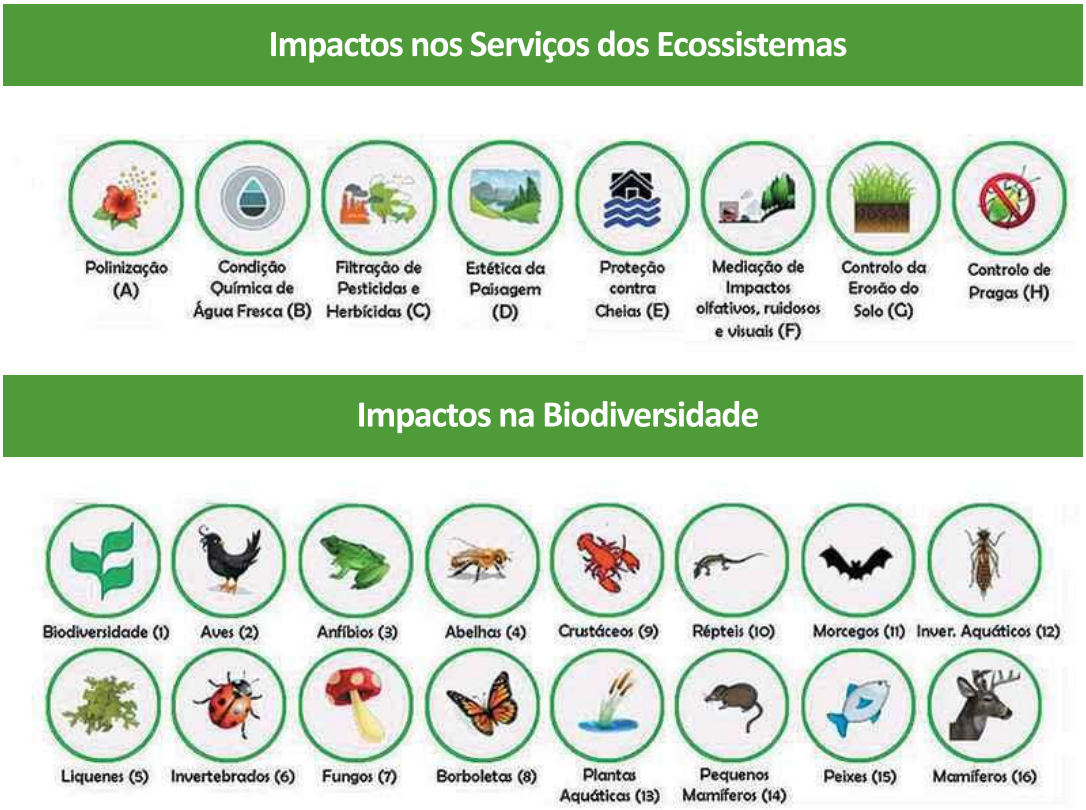
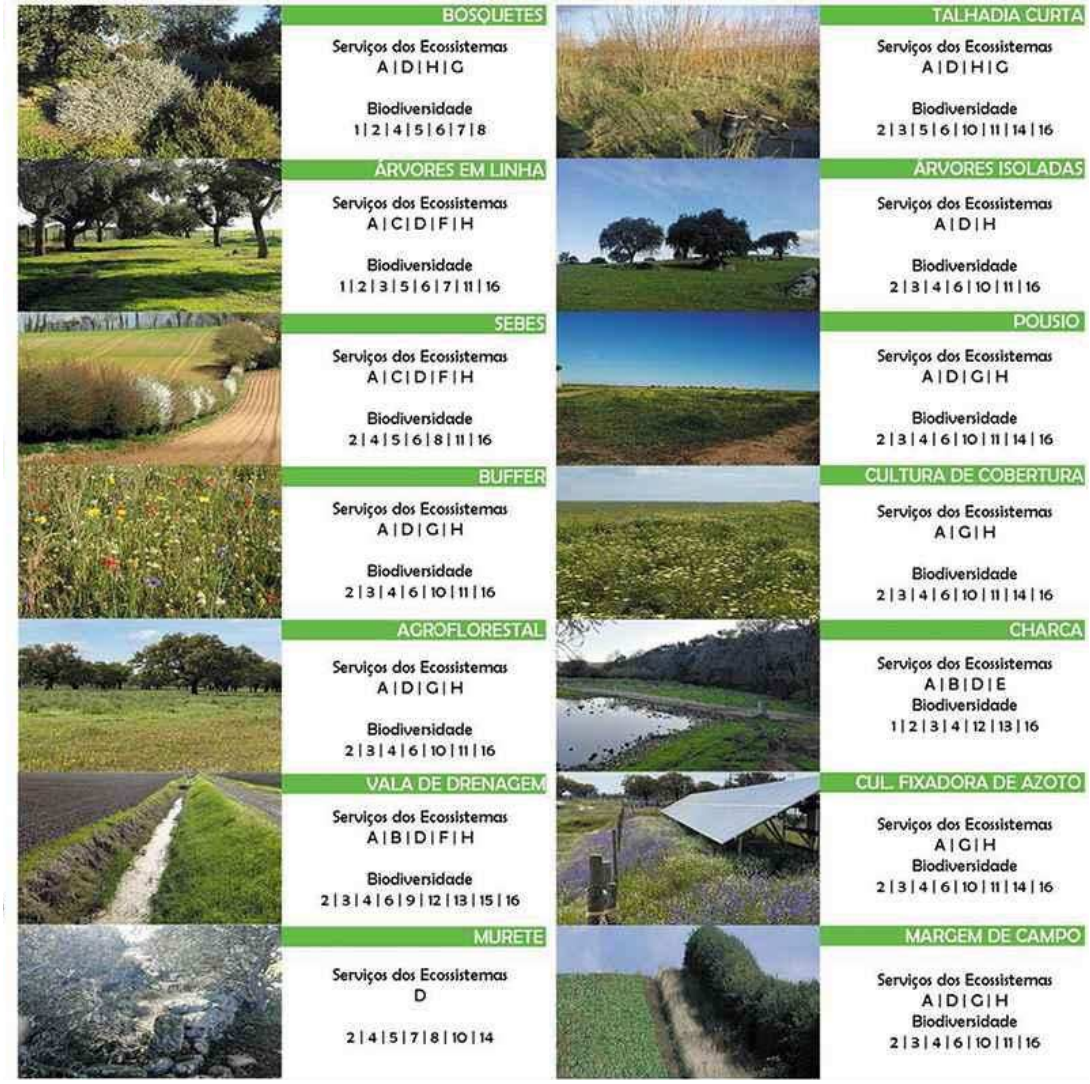


Figura 6 | Exemplos de infraestruturas ecológicas e respetivo impacto na biodiversidade e serviços dos ecossistemas (cont.)



Fonte: https://www.bpaeco.com/efa

4.2 - Protocolo de Monitorização de Boas Práticas Agrícolas Sequestradoras de Carbono

Com o presente "Protocolo de Monitorização" pretende-se fornecer aos técnicos e aos agricultores uma ferramenta que, de uma forma simples, permita identificar os pontos fortes e fracos da gestão e as características das suas explorações no que aos indicadores do projeto LIFE ClimAgri diz respeito.

É apresentada uma ferramenta de avaliação e acompanhamento das Boas Práticas Agrícolas (BPAs) do projeto e facilmente completada pelo agricultor, bem como uma matriz que identifica os indicadores do projeto que são afetados pela implementação de cada BPA. Esta matriz de dupla entrada tem duas finalidades:

- Avaliar uma melhoria expectável, caso as técnicas propostas em cada BPA sejam implementadas.
- Identificar as BPA's mais relevantes a pôr em prática na exploração, de forma a melhorar os indicadores com valores mais baixos.

O grau de implementação de cada BPA é avaliado, seguindo um método diferente, dependendo da BPA a ser avaliada:

- Lista de opções: este método é usado para as BPAs 1, 2 e 3.

O agricultor deve selecionar a opção que mais se adequa à gestão real da sua exploração. A pontuação para o grau de implementação da BPA coincide com a pontuação associada à opção selecionada.

- Lista de práticas: este método é usado para as práticas 4 a 10.

O agricultor deve responder se realiza a prática proposta no questionário, tendo três respostas possíveis: "SIM", "ÀS VEZES" ou "NÃO". A pontuação para o nível de implementação da BPA é calculada somando os resultados obtidos em cada prática.

Interpretações das avaliações

A pontuação obtida para cada BPA deve ser interpretada da seguinte forma:

- Pontuação > 7: o nível de implementação das BPA é bom. Recomenda-se que se mantenha a gestão da exploração da mesma forma como foi gerida no período em avaliação.
- Pontuação < 7 e > 3,5: o nível de implementação das BPA é médio. Recomenda-se que se melhore a implementação das BPA.
- Pontuação < 3,5: o nível de implementação das BPA é fraco.

4.3 - Matriz de Avaliação

BPASC 1: Manutenção do solo com uma cobertura vegetal

Práticas implementadas	Pontos
Utilização de culturas de cobertura e sementeira direta: após a colheita de uma cultura comercial e até à sementeira da seguinte, é instalada uma cultura de cobertura para proteger o solo. Na instalação das culturas, em momento algum é removido o restolho da superfície do solo (uso de maquinaria de sementeira direta).	10
Utilização de culturas de cobertura com mobilização na linha (strip-till): após a colheita de uma cultura comercial e até à sementeira da seguinte, é instalada uma cultura de cobertura para proteger o solo. Na instalação das culturas, em momento algum é removido o restolho da superfície do solo, salvo alguns dias antes da sementeira, em que se realiza uma mobilização vertical de pouca profundidade e largura e na mesma linha em que, posteriormente, se realizará a sementeira.	9
Sementeira direta: entre a colheita de uma cultura e a sementeira da próxima, não há alteração mecânica do solo, permanecendo o restolho na superfície durante todo o período entre culturas.	8
Mobilização na linha (strip-till): entre a colheita de uma cultura e a sementeira da próxima não há alteração mecânica do solo e o restolho é mantido na superfície durante todo o período entre culturas, salvo alguns dias antes da sementeira em que se realiza uma mobilização vertical de pouca profundidade e largura e na mesma linha em que, posteriormente, se realizará a sementeira.	6
Mobilização mínima imediatamente antes da sementeira: o restolho permanece no solo até alguns dias antes da sementeira, altura em que se prepara a cama da semente com mobilizações verticais que enterram no solo uma parte do restolho.	4
Mobilização convencional imediatamente antes da sementeira: o restolho permanece no solo até alguns dias antes da sementeira, altura em que se prepara a cama da semente com mobilizações verticais que enterram parte do restolho da superfície, ficando esta coberta com resíduos vegetais em menos de 30%, consequência do número de mobilizações ou da intensidade das mesmas.	3
Mobilização mínima após a colheita: poucos dias após a colheita são realizadas mobilizações verticais que enterram parte do restolho existente na superfície do solo, deixando pelo menos 30% da superfície do solo coberta com resíduos vegetais.	2
Mobilização convencional após a colheita: poucos dias após a colheita, realizam-se mobilizações que enterram o restolho, mantendo menos de 30% da superfície do solo coberta com resíduos vegetais, consequência do número de mobilizações ou da intensidade das mesmas.	0

BPASC 2: Perturbação mínima do solo

Práticas implementadas	Pontos
Sementeira direta com semeador de discos: entre a colheita de uma cultura e a sementeira da próxima o solo não é perturbado e o restolho é mantido sobre a superfície durante todo o período entre culturas. Os resíduos vegetais na linha de sementeira são cortados e removidos por um disco que precede a unidade de sementeira.	10
Sementeira direta com semeador de bicos: entre a colheita de uma cultura e a sementeira da próxima o solo não é perturbado e o restolho é mantido sobre a superfície durante todo o período entre culturas. Os resíduos vegetais na linha de sementeira são cortados e removidos pelo bico que precede a unidade de sementeira.	8
Mobilização na linha (strip-till): entre a colheita de uma cultura e a sementeira da próxima não há alteração mecânica do solo e o restolho é mantido na superfície durante todo o período entre culturas, salvo alguns dias antes da sementeira, em que se realiza uma mobilização vertical de pouca profundidade e largura, na mesma linha em que, posteriormente, se realizará a sementeira.	6
Mobilização mínima: a preparação da cama da semente é realizada com mobilizações verticais que enterram e removem da superfície do solo uma parte do restolho, permanecendo este, no momento da sementeira, coberto com resíduos vegetais em, pelo menos, 30% da superfície.	4
Mobilização convencional vertical: realizam-se mobilizações verticais (sem reviramento) que removem o restolho da superfície do solo. Menos de 30% da superfície do solo permanece coberta por resíduos vegetais no momento da sementeira.	2
Mobilização convencional com reviramento: realizam-se mobilizações com reviramento do solo, removendo da sua superfície todos os resíduos vegetais.	0

BPASC 3: Prática de uma rotação adequada de culturas

Práticas implementadas	Pontos
A exploração está dividida em parcelas de área semelhante e, em cada uma delas, uma cultura diferente é semeada. Para além disso, em cada campanha, as culturas das diferentes parcelas vão variando, de acordo com um programa, pré-estabelecido, de rotação de culturas de, pelo menos, 4 campanhas.	10
Devido ao seu tamanho, a exploração não está dividida em parcelas, no entanto, as culturas são diferentes em cada campanha e de acordo com um programa, pré-estabelecido, de rotação de culturas de, pelo menos, 4 campanhas.	9
A exploração está dividida em parcelas de área semelhante e, em cada uma delas, uma cultura diferente é semeada. Para além disso, em cada campanha, as culturas das diferentes parcelas vão variando de acordo com um programa, pré-estabelecido, de rotação de culturas de 3 campanhas.	9
Devido ao seu tamanho, a exploração não está dividida em parcelas, no entanto, as culturas são diferentes em cada campanha e de acordo com um programa, pré-estabelecido, de rotação de culturas de 3 campanhas.	8

BPASC 3: Prática de uma rotação adequada de culturas (continuação)

Práticas implementadas	Pontos
A exploração está dividida em parcelas de área semelhante e em cada uma delas uma cultura diferente é semeada. Para além disso, em cada campanha, as culturas das diferentes parcelas vão variando de acordo com um programa pré-estabelecido, de rotação de culturas de 2 campanhas.	8
Devido ao seu tamanho, a exploração não está dividida em parcelas, no entanto, as culturas são diferentes em cada campanha e de acordo com um programa, pré-estabelecido, de rotação de culturas de 2 campanhas.	6
A exploração está dividida em parcelas de área semelhante e, em cada uma delas, uma cultura diferente é semeada. Em algumas parcelas a cultura varia de uma campanha para a seguinte, noutras, cuja superfície relativamente à área total da exploração é menor de 40%, pratica-se a monocultura.	5
A exploração está dividida em parcelas de área semelhante e, em cada uma delas, uma cultura diferente é semeada. Em algumas parcelas, a cultura varia de uma campanha para a seguinte, noutras, cuja superfície, relativamente à área total da exploração se situa entre 40% e 80%, pratica-se a monocultura.	4
A exploração está dividida em parcelas de área semelhante e, em cada uma delas, uma cultura diferente é semeada. Em algumas parcelas a cultura varia de uma campanha para a seguinte, noutras, cuja superfície relativamente à área total da exploração é superior a 80%, pratica-se a monocultura.	2
Na totalidade da exploração pratica-se a monocultura.	0

BPA 4: Otimização do uso de agroquímicos

São realizados tratamentos fitossanitários e fertilizantes:	Resposta		
No momento do dia em que o tratamento apresenta maior eficácia em função da temperatura ambiente.	Sim (+2)	Às vezes (+1)	Não (+0)
Utilizando o tipo de bicos e/ou afinação da maquinaria que garanta uma melhor distribuição do produto fitossanitário ou fertilizante.	Sim (+2)	Às vezes (+1)	Não (+0)
Na data apropriada, tendo em conta as condições da exploração e verificando se o tratamento é mesmo necessário.	Sim (+1,5)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
Com sistemas de aplicação variável de acordo com as necessidades reais, permitindo ajustar as doses às necessidades.	Sim (+1,5)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
Com recurso a sistemas de orientação, evitando sobreposições excessivas e/ou zonas sem aplicação.	Sim (+1,5)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
Aplicando a dose mínima para que o produto ou fertilizante seja eficaz.	Sim (+1,5)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)

BPASC 5: Manuseamento adequado de produtos agroquímicos

O manuseamento dos produtos é realizado tendo em conta os seguintes aspetos:	Resposta		
São utilizados bicos anti deriva.	Sim (+2)	Às vezes (+1)	Não (+0)
Realiza-se a manutenção periódica dos bicos, substituindo os que se encontram defeituosos.	Sim (+2)	Às vezes (+1)	Não (+0)
Existem medidas para conter derrames. No caso de não existir um local fixo no campo para fazer a calda de pulverização, existe um sistema móvel que possa conter eventuais derrames, como, por exemplo, um reservatório plástico ou metálico que possa ser transportado para o campo.	Sim (+1,5)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
Evita-se que as áreas de preparação das misturas de pulverização estejam perto de massas de água.	Sim (+1,5)	Às vezes (+0.75)	Não (+0)
Os equipamentos de aplicação de produtos fitofarmacêuticos e fertilizantes estão aprovados pela inspeção de equipamentos em uso.	Sim (+1,5)	Às vezes (+0.75)	Não (+0)
O transporte, armazenamento, preparação e mistura, enxaguamento e devolução das embalagens vazias é feito de acordo com as normas.	Sim (+1,5)	Às vezes (+0.75)	Não (+0)

BPASC 6: Utilização de tecnologias avançadas

Práticas implementadas	Resposta		
Monitorização anual dos calendários de tarefas e níveis de produção.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
Tomada de decisões em função dos resultados de anos anteriores.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
Colheita das culturas com monitor de rendimento.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
Uso de sistemas de apoio à condução.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
Uso de sistemas de distribuição variável de fertilizantes.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
Uso de sistemas de aplicação variável de herbicidas.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
Armazenamento da informação das culturas em sistemas de informação geográfica (SIG).	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
Utilização de sistemas de apoio à tomada de decisão com base em informação SIG.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)

BPASC 7: Implementação de estratégias de rega ótima e rega deficitária controlada

Práticas implementadas	Resposta		
Foi feita uma caracterização climática da área (dados meteorológicos disponíveis).	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
O ciclo fenológico da cultura é conhecido, bem como a data de sementeira.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
Existem experiências anteriores na zona para determinar o impacto da rega deficitária na exploração.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
Existe calendário de rega específico.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
A dotação de água de rega tem diminuído.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
O calendário de rega é atualizado caso haja uma diminuição no fornecimento de água.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
O défice hídrico da cultura é controlado.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)
A diminuição no volume de água de rega aplicada à cultura (caso tenha existido) afetou o seu rendimento.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)

BPASC 8: Consideração conjunta de práticas agronómicas, técnicas e económicas otimizadas para a melhoria da gestão da água de rega

Práticas implementadas	Resposta		
Um serviço de assessoria ao regante ou de um técnico especialista em gestão de rega está disponível na zona.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
As recomendações do serviço de assessoria ou do técnico são seguidas.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
O desenho dos sistemas de rega teve em conta a cultura, a disponibilidade de água (oportunidade e volume) e a fiabilidade dos mecanismos de administração de água.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
O desenho dos sistemas de rega teve em conta as características do solo.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
Foi realizada uma programação prévia das práticas agronómicas a desenvolver na exploração.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
A gestão de toda a zona regável é tida em consideração na gestão individual da água de rega da parcela.	Sim (+1,25)	Às vezes (+0,75)	Não (+0)
Caso os recursos hídricos tradicionais sejam limitados, o uso de recursos alternativos, como as águas residuais recicladas, foi considerado.	Sim (+1)	Às vezes (+0,5)	Não (+0)

BPASC 9: Instalação de margens multifuncionais e estruturas de retenção

Práticas implementadas	Resposta		
A exploração tem instaladas margens multifuncionais nos limites com outras explorações.	Sim (+1,1)	Às vezes (+0,55)	Não (+0)
A exploração tem instaladas faixas de vegetação (ou aumento de densidade de sementeira) nas baixas ou outras zonas em que se concentra a água proveniente do escorrimento superficial.	Sim (+1,1)	Às vezes (+0,55)	Não (+0)
A exploração tem instaladas faixas de vegetação nas bermas dos caminhos de serviço.	Sim (+1,1)	Às vezes (+0,55)	Não (+0)
A exploração tem instaladas margens multifuncionais nas margens dos cursos de água.	Sim (+1,1)	Às vezes (+0,55)	Não (+0)
Evitar realizar tratamentos fitossanitários nas margens instaladas.	Sim (+1,1)	Às vezes (+0,55)	Não (+0)
Evitar aplicar fertilizantes nas margens instaladas.	Sim (+1,1)	Às vezes (+0,55)	Não (+0)
As plantas das margens são controladas por meios mecânicos, favorecendo a autosementeira das mesmas.	Sim (+1,1)	Às vezes (+0,55)	Não (+0)
Evitam-se as mobilizações de solo nestas margens, permitindo o crescimento espontâneo da vegetação.	Sim (+1,1)	Às vezes (+0,55)	Não (+0)
Evita-se utilizar as margens como caminhos de serviço da exploração, impedindo a circulação de maquinaria nas mesmas.	Sim (+1,2)	Às vezes (+0,6)	Não (+0)

BPASC 10: Medidas de fomento da biodiversidade

Práticas implementadas	Resposta		
A exploração tem instaladas margens multifuncionais (zonas tampão) nas proximidades das massas de água existentes na mesma.	Sim (+2)	Às vezes (+1)	Não (+0)
A exploração tem instaladas margens multifuncionais (zonas tampão) no seu perímetro.	Sim (+2)	Às vezes (+1)	Não (+0)
Realiza-se a sementeira direta ou a mobilização na linha.	Sim (+2)	Às vezes (+1)	Não (+0)
A exploração possui zonas de refúgio (ilhas de vegetação natural, ruínas de construções ou muros, etc.).	Sim (+2)	Às vezes (+1)	Não (+0)
Realiza-se o controlo integrado de pragas.	Sim (+2)	Às vezes (+1)	Não (+0)

5 - A PEGADA DE CARBONO NA AGRICULTURA

5 - A PEGADA DE CARBONO NA AGRICULTURA

5.1 - Conceito

A análise e quantificação do impacto da intervenção humana no meio ambiente faz-se frequentemente por pegadas ambientais. Existem inúmeras pegadas ambientais que se focam na quantificação de um problema ambiental em particular, como a limitação de terra ou de água doce – procurando medir o impacto da apropriação humana do capital natural como fontes ou sumidouros. Uma das mais conhecidas é a pegada ecológica.

A pegada de Carbono é considerada um subconjunto da pegada ecológica e pode ser calculada para qualquer tipo de produto, serviço, atividade, processo ou empresa. É um indicador de performance ambiental, em especial, com as alterações climáticas, permitindo às empresas por exemplo, diagnosticar o seu estado de desenvolvimento e assim, criar estratégias de gestão, com vista à sua melhoria. Além disso, funciona também, como uma ferramenta de diferenciação de mercado, existindo cada vez mais exemplos de empresas, que incluem a pegada de carbono nos seus produtos de modo a apelar à responsabilidade social. Esta pegada, baseada numa análise de ciclo de vida, considera as emissões de GEE durante a produção das matérias-primas, a sua utilização quer nas fases de produção ou de transformação, o seu transporte, a sua utilização e por fim, as emissões associadas à eliminação ou deposição do produto em causa. Isto implica, que sejam feitos inventários desde que a matéria-prima foi extraída da natureza até aos resíduos criados no fim da sua vida útil. Por tudo isto, esta é a pegada frequentemente utilizada como indicador de avaliação das estratégias de mitigação climática. A sua quantificação permite a identificação de fontes de emissão consideráveis (hotspots) e priorizar estratégias de mitigação potencialmente mais eficazes. Muitas vezes quando se fala em emissões de carbono para a atmosfera, o que se está a falar é na pegada de carbono desses produtos ou serviços.

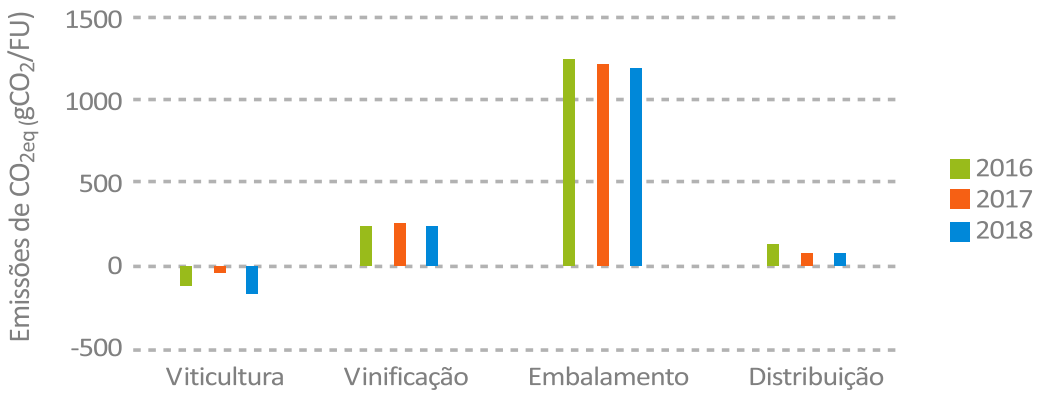
5.2 - Exemplos e Casos de Estudo

5.2.1 - Vinho

O estudo do ciclo de vida do vinho é um processo extremamente complexo uma vez que todas as condições e operações de produção têm impacto nas emissões geradas, desde a produção das uvas até à fase de distribuição. Pelo que cada fase de produção do vinho incluído as várias subfases em que os vários *inputs* (energia, químicos, água, matérias-primas e infraestruturas, etc.) e *outputs* (coprodutos, emissões, resíduos, etc.) devem ser considerados.

A título de exemplo, referimo-nos a um trabalho realizado em 2018 na Herdade dos Grous, que determinou a pegada de carbono do vinho. Os resultados patentes na Figura 7, apresentados por unidade funcional, ou seja, por garrafa de 0.75L para os anos de 2016, 2017 e 2018, desagregando as emissões desde a fase de viticultura até à fase de distribuição que termina no armazém de retalho.

Figura 7 | Pegada de carbono do Vinho



Fonte: Batista, 2019

Na fase da viticultura, quantificaram-se as emissões de óxido nitroso proveniente da aplicação dos fertilizantes azotadas, assim como da gestão dos próprios solos, a utilização de veículos e maquinaria, as emissões de biomassa e a eletricidade destinada às operações na vinha. Uma das propostas de melhoria encontrada foi a redução do uso do escarificador uma vez que a mobilização do solo contribui para a mineralização do solo.

Este trabalho, também considerou o sequestro de carbono pela vinha, o que representou 430 gCO_{2eq}/FU em 2016, 431 g CO_{2eq}/FU em 2017 e 428 g CO_{2eq}/FU em 2018 (Batista, 2019).

Através do cálculo da pegada de carbono ao longo de três anos, percebeu-se que a sua pegada se reduziu em cerca de 11% desde 2016, tendo esta se situado em 1,71 kg CO_{2eq} por garrafa no ano de 2018, não considerando emissões biogénicas. No ano de 2018, o embalamento demonstrou ser a variável que mais peso tem no valor final (88,6%) tendo a viticultura ficado em segundo lugar (15,6%). Em terceiro lugar ficou a vinificação tendo representado 9,4% e por último a distribuição representou 4,3% das emissões.

5.2.2 - Olival

Num estudo realizado no Sul de Espanha com o objetivo de identificar as categorias com maior impacto no balanço final de carbono, foram selecionadas 22 parcelas num total de 1232 ha. As parcelas pertenciam ao mesmo agricultor e as parcelas partilhavam características comuns de solo, variedades, idade, desenho de plantação e práticas culturais. Nestas parcelas existiam as variedades Picual e Arbequina; plantações com diferentes compassos, superintensivos, intensivos e tradicionais; sistemas de plantação de regadio e sequeiro.

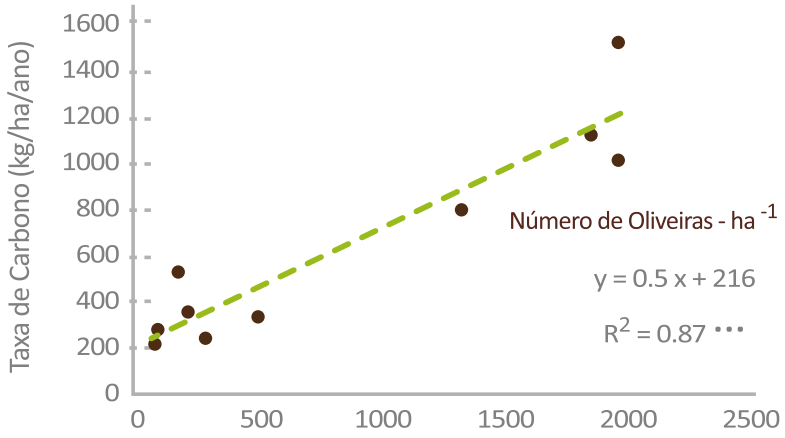
Nessas condições, observou-se que o carbono acumulado na biomassa foi 6,3 ± 4,5 tC/ha (López Bellido, 2015). A variabilidade do sequestro de carbono é grande, o que se explica por inúmeros fatores como, a idade das árvores, o desenho da plantação, a variedade, o tipo de solo e as práticas culturais.

Em média, o carbono orgânico sequestrado no solo, expressos em t/ha solo, foi 26,1 ± 11 para o horizonte 0–30cm (López Bellido, 2015).

No que toca à taxa média anual de carbono acumulado (biomassa e solo) a mesma foi de 2,24 ± 2,2 t/ha/ano (López Bellido, 2015), com grande variabilidade entre as parcelas estudadas. Um número significativo de parcelas excedeu valores de 3 t/ha/ano, o que se considera um valor elevado. Com base nos registos efetuados construíram-se modelos preditivos por forma a estimar a taxa anual de acumulação de carbono na biomassa do olival com um R^2 de 87% (ver Figura 8).

Com este modelo pode estimar-se a taxa anual de sequestro de carbono a partir da variável y, expressa em kg C/ha, introduzindo a densidade de plantação na variável independente, x.

Figura 8 | Modelo de Previsão da Taxa Anual de Carbono no Olival, em função da densidade de plantação



Fonte: Lopez Bellido, 2015

Os resultados apresentaram diferenças entre as duas variedades (Picual e Arbequina). Em concreto, nas plantações mais intensivas do estudo, a taxa anual de sequestro de carbono foi de 0,401 t/ha na variedade Picual e de 0,374 t/ha na variedade Arbequina (López Bellido, 2015).

Os dados também foram analisados consoante o sistema de produção – regadio ou sequeiro. Neste caso a taxa média anual de sequestro de carbono em sequeiro foi 0,303 t/ha enquanto, em regadio foi 0,374 t/ha (López Bellido, 2015).

O balanço médio de carbono das parcelas estudadas foi de 2,13 ± 2,18 t/ha/ano de carbono fixado (López Bellido, 2015), com grande variabilidade entre parcelas, algumas das quais registaram valores de carbono superiores a 4 t/ha/ano e uma delas atingiu valores de 8 t/ha/ano. Globalmente, a fixação de carbono e o sequestro de todas as parcelas estudadas mostrou um valor positivo em todos os casos, sendo as emissões de CO_2 das operações de cultivo sempre inferiores à sequestração de carbono.

Tabela 10 | Balanço de Carbono no Olival, segundo a variedade e a densidade de plantação

Variedade	Densidade de Plantação	Taxa de Fixação de Carbono por biomassa (kg/ha/ano)	Taxa de Sequestro de Carbono Orgânico pelo solo (kg/ha/ano)	Emissões de GEE (kg /ha)	Balanço de Carbono (t/ha/ano)
Picual	Convencional	246	150	81	0.32
	Intensiva	388	1792	106	2.07
Arbequina	Intensiva	435	1291	93	1.63
	Superintensiva	1171	3373	162	4.38

Fonte: López Bellido, 2015

Consequentemente, o estudo concluiu que o olival tem um grande potencial como sequestrador de carbono, podendo ter um papel extremamente importante como sumidouro de carbono e mitigador das alterações climáticas.

Além disto, conclui-se que os solos agrícolas constituem um grande reservatório de carbono, estando essa capacidade condicionada pela gestão das práticas culturais nas parcelas. Algumas práticas culturais como a mobilização intensiva e a remoção/queima da lenha de poda, entre outros resíduos, pode levar a perdas consideráveis de carbono. Para evitar esta taxa de acumulação de carbono negativa, recomendam-se técnicas mais conservadoras, tais como, a incorporação de resíduos, uso de coberto vegetal, entre outros. Tais técnicas contribuem de forma consistente, a médio e longo prazo, para a diminuição da pegada de carbono.

5.2.3 - Amendoal

Num artigo publicado pelo *Journal of Industrial Ecology* é descrito a análise de ciclo de vida plurianual do amendoal californiano, cujas emissões foram contabilizadas ao longo de um ciclo de 25 anos. Neste trabalho foram abordadas cinco centrais transformadoras, com diferentes métodos de práticas culturais e com diferentes sistemas de rega. O sistema de rega com maior representação foi o de gravidade, seguido pela microaspersão, terminando no gota-a-gota. Os resultados finais foram muito interessantes. O valor bruto da pegada de carbono da amêndoa foi de 1,64 kg CO_{2eq} por quilograma de miolo. Este valor incorpora todos os coprodutos gerados pela atividade, ou

seja, a casca verde, a casca e o material de poda. A fertilização azotada e a gestão de rega são os principais contribuintes para estes valores.

Numa análise mais detalhada, descontando os múltiplos coprodutos que são gerados e que têm aproveitamento energético, o valor final altera-se substancialmente reduzindo a pegada para um valor de 0,92 kg CO_{2eq} por quilograma de miolo.

A pegada de carbono como indicador de sustentabilidade e em particular como medida de desempenho ao nível das alterações climáticas, é extremamente útil, uma vez que reflete a eficiência da produção em emissões de GEE ao longo de toda a cadeia produtiva. De fato, a produtividade continua a ser um aspeto determinante nos caminhos da luta climática, porque sendo possível aumenta-la, sem aumentar os fatores de produção (ex.: fertilizantes) ou a libertação de carbono pelo solo (ex.: mobilizações) é certo que a pegada de carbono vai baixar. Se paralelamente o setor contribuir para o sequestro de carbono (ex.: solo, estruturas vegetais perenes), então, não só estaremos na rota da neutralidade de carbono, como provavelmente estaremos na rota do sequestro de carbono. No século XXI, o papel do Agricultor complica-se, não só é preciso produzir cada vez mais alimentos nutritivos e baratos, como está na linha da frente no combate às alterações climáticas.

6 - A VISÃO DE TIAGO DOMINGOS

6 - A VISÃO DE TIAGO DOMINGOS

Professor Associado e Investigador do MARETEC – Centro de Ciência e Tecnologia do Ambiente e do Mar do Instituto Superior Técnico. Fundador da Terraprima.

Para fazer o percurso para a neutralidade carbónica até 2050, e tendo em consideração que em termos de soluções possíveis para a agricultura, há um hoje e um amanhã, o que é que está ao alcance dos agricultores, das instituições de I&D e dos decisores políticos? Quais são as grandes diferenças entre mitigação e adaptação, uma vez que ambos os termos se sobrepõem em vários domínios relacionados com o tema das alterações climáticas.

As alterações climáticas são um problema, pois o clima, quer a nível global, quer local, está a ser alterado por ação humana. A nível global, o agente principal dessa alteração do clima são os gases com efeito de estufa (GEE), i.e, o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso (focando nos três que têm mais a ver com a atividade agrícola).

"MITIGAÇÃO SIGNIFICA REDUZIR A VELOCIDADE DE AUMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE GEE NA ATMOSFERA. E ISSO PODE SER FEITO DE DUAS MANEIRAS. POR UM LADO, REDUZINDO AS EMISSÕES, O QUE PODE SER CONSEGUIDO COM A REDUÇÃO DA QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS; OTIMIZANDO O PROCESSO METABÓLICO DOS RUMINANTES QUE EMITEM METANO OU OTIMIZANDO A APLICAÇÃO DE ADUBO AZOTADO, QUE EMITE ÓXIDO NITROSO, NAS CULTURAS AGRÍCOLAS. POR OUTRO LADO, REMOVENDO E SEQUESTRANDO O DIÓXIDO DE CARBONO QUE JÁ ESTÁ NA ATMOSFERA".

O que significa mitigação? Mitigação significa reduzir a velocidade de aumento da concentração de GEE na atmosfera. E isso pode ser feito de duas maneiras. Por um lado, reduzindo as emissões, o que pode ser conseguido com a redução da queima de combustíveis fósseis; otimizando o processo metabólico dos ruminantes que emitem metano ou otimizando a aplicação de adubo azotado, que emite óxido nitroso, nas culturas agrícolas. Por outro lado, removendo e sequestrando o dióxido de carbono que já está na atmosfera. Aqui naturalmente, o setor agroflorestal tem uma palavra a dizer devido aos processos biológicos que lhes são intrínsecos. Com a fotossíntese retiramos o dióxido de carbono da atmosfera, contudo, uma grande parte desse dióxido de carbono volta para a atmosfera através da respiração, logo, não há nenhum contributo. Contudo, se houver uma diferença entre o que veio com a fotossíntese

e o que saiu com a respiração, essa diferença vai-se traduzir numa acumulação de carbono, que pode ser, por exemplo, na biomassa florestal ou no carbono da matéria orgânica no solo. Em suma, os esforços de mitigação centram-se, por um lado, em emitir menos GEE e, por outro lado, em retirar da atmosfera o dióxido de carbono.

Já os esforços de adaptação partem da noção que já emitimos uma grande quantidade de GEE e, portanto, o clima necessariamente vai-se alterar, mesmo que a mitigação seja muito bem-sucedida, e ainda mais, se a mitigação não for bem sucedida. Nestas circunstâncias temos que ter ações para nos adaptarmos a um clima em mudança. Isto significa adaptar-nos a temperaturas mais altas, a precipitação potencialmente mais baixa, a evapotranspiração certamente mais alta, à maior ocorrência de extremos como ondas de calor, etc. Também é bom ter a noção de que alguns destes efeitos são mais certos que outros. Por exemplo, que a temperatura média vai aumentar não há dúvidas. Isso leva a mais evapotranspiração e, portanto, num clima mediterrânico, um défice hídrico maior. De facto, no registo histórico, não se deteta uma tendência no agravamento da chamada seca meteorológica, isto é, uma tendência de haver mais anos em que há pouca precipitação, mas deteta-se uma tendência de aumento da seca hidrológica e isso é o que principalmente interessa à agricultura.

Será que os efeitos extremos podem acentuar essa diferença? Porque se chover muito de repente, vamos acentuar o efeito de escoamento superficial, ter menos infiltração, logo menos água disponível.

"MUITAS DAS MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO SÃO MEDIDAS QUE JÁ DEVERÍAMOS PÔR EM PRÁTICA MESMO QUE AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NÃO FOSSEM UM PROBLEMA"

Será assim se chover mais concentrado. Os modelos referem esse efeito para o futuro, mas (ao contrário, de, por exemplo, as ondas de calor) as tendências históricas não são inequívocas em relação a isso. De facto, o mais recente relatório do IPCC considera que no registo histórico não está ainda claro o efeito das alterações climáticas nas cheias, porque este fenómeno é condicionado por fatores como a ocupação do solo, a maneira como as bacias hidrográficas drenam e, portanto, a maneira como a água se acumula na paisagem. Muitas das medidas de adaptação são medidas que já deveríamos pôr em prática mesmo que as alterações climáticas não fossem um problema. Em Portugal existem vários exemplos relacionados com ordenamento onde temos, por exemplo, edifícios em leito de cheia, em completa contradição com o que sempre disse o arquiteto Ribeiro Telles e toda a Escola de Arquitetura Paisagista Portuguesa.

Voltando à pergunta original, a maioria das medidas de mitigação também servem para adaptação. Por exemplo, criar um mosaico na paisagem, nomeadamente, no Norte e Centro do País, para reduzir o risco de incêndio. Desta forma, evita-se que se perca o carbono armazenado na floresta e simultaneamente adapta-se a floresta ao aumento dos incêndios devido às alterações climáticas.

Outro exemplo são os projetos Terraprima - Fundo Português de Carbono, com as pastagens biodiversas e com a eliminação da mobilização do solo em montado. São estratégias de aumento da matéria orgânica do solo, isto é, de remoção de carbono da atmosfera e seu sequestro no solo. Não obstante, esse efeito representa só um lado da moeda. Do outro, porque temos solos com mais matéria orgânica, também temos solos com mais capacidade de retenção de água e, portanto, com mais capacidade de resistir a flutuações em termos de precipitação. Temos solos que por reterem mais água vão dar origem a menos escoamento superficial. Menor escoamento superficial, em conjunto com um nível mais elevado de matéria orgânica (que funciona como a cola do solo), significa uma redução na erosão.

"MENOR ESCOAMENTO SUPERFICIAL, EM CONJUNTO COM UM NÍVEL MAIS ELEVADO DE MATÉRIA ORGÂNICA (QUE FUNCIONA COMO A COLA DO SOLO), SIGNIFICA UMA REDUÇÃO NA EROSÃO."

No caso das pastagens semeadas biodiversas, como são constituídas por uma grande diversidade de espécies e variedades, adaptam-se à variabilidade meteorológica de ano para ano. Portanto, num ano de mais chuva prosperam as espécies adaptadas a mais chuva, no ano de menos chuva prosperam as espécies menos adaptadas.

Contudo, nem todas as medidas de mitigação são também de adaptação. Por exemplo, no caso da redução de emissões de metano a partir dos ruminantes, não têm a ver com a adaptação, mas sim com aspetos relacionados com a seleção genética dos animais e com a sua alimentação, como acontece com a introdução de aditivos que alteram a fisiologia do metabolismo do rúmen.

Outro aspeto fundamental para reduzir as emissões de metano no setor dos bovinos em Portugal é a redução do intervalo entre os partos. Isto acontece porque, ao reduzir o intervalo entre partos, para se obter a mesma produção de carne é preciso menos vacas, logo menos emissões de metano.

Para que isto aconteça é necessária uma melhor gestão do efetivo o que implica muitas coisas, por exemplo, um melhor acompanhamento dos animais e que os animais sejam adequadamente alimentados. Atualmente, uma das razões que explica o excessivo intervalo entre partos deve-se ao fato das vacas não estarem bem alimentadas, o que afeta a fertilidade. Surge aqui uma outra vantagem das pastagens semeadas biodiversas: ao disponibilizarem uma alimentação de melhor qualidade, permite reduzir este intervalo.

No caso da alimentação animal é possível encontrar uma relação sobre as várias práticas e sistemas, relacionando-as com as emissões de metano? Por exemplo, entre pastagens e/ou o tipo de pastagem versos concentrados ou outro tipo de ração?

Em primeiro lugar, um discurso fácil seria dizer que o extensivo é sempre melhor em termos ambientais ou de clima e o intensivo é pior. Isto é falso. Fazer qualquer um deles bem feito é tipicamente melhor do que fazer o outro mal feito.

Neste momento, numa colaboração entre o IST e a Terraprima, uma sua *spin-off*, estamos a trabalhar numa ferramenta de cálculo para o balanço de GEE de uma exploração agrícola e a pegada de carbono dos produtos produzidos, nomeadamente, o leite e a carne. Com essa ferramenta já conseguimos fazer uma caracterização de base cobrindo quer o extensivo quer o intensivo, obtendo números (naturalmente com uma margem de erro) que permitem distinguir o intensivo bom do intensivo mau e o extensivo bom do extensivo mau.

"COM ESSA FERRAMENTA JÁ CONSEGUIMOS FAZER UMA CARACTERIZAÇÃO DE BASE COBRINDO QUER O EXTENSIVO QUER O INTENSIVO, OBTENDO NÚMEROS (NATURALMENTE COM UMA MARGEM DE ERRO) QUE PERMITEM DISTINGUIR O INTENSIVO BOM DO INTENSIVO MAU E O EXTENSIVO BOM DO EXTENSIVO MAU"

Essa ferramenta já está disponível para os agricultores a poderem usar?

Em brevemente estará. Neste momento está em versão beta a ser testada com algumas explorações agrícolas, incluindo a própria exploração da Terraprima, a Quinta da França e diria que no próximo ano estará pronta para um roll out generalizado.

A questão da comunicação é cada vez mais importante, porque com a proliferação da informação fácil, seja nas redes sociais ou em plataformas de entretenimento como o Netflix é fácil passar uma mensagem simplista que depois é difícil reverter.

Exatamente.

Na realidade, existem explorações onde o impacto no ambiente/clima é elevado, mas existem outras onde esse impacte é baixo ou mesmo negativo, por exemplo, se existir sequestro. Existem muitas várias a ter em conta, não é só a carne. Aspetos como a gestão da pastagem, dos recursos naturais, dos encabeçamentos baixos, etc., são cruciais para se poder fazer uma avaliação justa.

Sim, mas atenção que a questão dos encabeçamentos baixos é outra em relação à qual é necessário evitar ideias simplistas.

Consideremos, por exemplo, a questão dos montados. A existência de pastoreio evita incêndios e isso é algo que devemos ter em conta. Por outro lado, os encabeçamentos serem baixos depende naturalmente do que definimos como baixo. Um encabeçamento demasiado baixo, por exemplo, não permite fazer pastagens semeadas biodiversas adequadamente porque para elas é tão mau o subpastoreio como o sobrepastoreio.

"CONSIDEREMOS, POR EXEMPLO, A QUESTÃO DOS MONTADOS. A EXISTÊNCIA DE PASTOREIO EVITA INCÊNDIOS E ISSO É ALGO QUE DEVEMOS TER EM CONTA. POR OUTRO LADO, OS ENCABEÇAMENTOS SEREM BAIXOS DEPENDE NATURALMENTE DO QUE DEFINIMOS COMO BAIXO"

No caso do sobrepastoreio é evidente porque é que é mau. Já o subpastoreio é mau porque, em primeiro lugar, estas pastagens são constituídas por uma combinação de leguminosas e gramíneas e é importante manter um equilíbrio entre as duas. As leguminosas vão buscar o azoto à atmosfera, sendo esse um dos contribuintes principais para a eficácia do sistema, e depois as gramíneas utilizam esse azoto. As gramíneas são mais fornecedoras de energia e, portanto, não é bom para a alimentação animal ter uma pastagem só com leguminosas. O ponto principal aqui até nem é uma potencial acumulação excessiva de azoto no solo se só houver leguminosas, é que, se o azoto for abundante, as leguminosas vão extrair menos azoto da atmosfera, devido aos custos energéticos deste processo. Assim, o facto de as gramíneas estarem constantemente a consumir azoto do solo obriga as leguminosas a trabalharem mais, gerando um ciclo virtuoso.

E se calhar também evita emissões de óxido nitroso?

Sem dúvida. Temos indicações de que introduzir azoto no solo através de leguminosas, do ponto de vista das emissões de óxido nitroso, é completamente diferente de colocá-lo como adubo mineral. O azoto do adubo mineral vem na forma de nitrato ou de ião amónio que vai diretamente para a solução do solo, sendo rapidamente utilizado pelas vias microbianas, que entre outros produtos, originam óxido nitroso.

É um bocado como o açúcar refinado no sangue.

Exatamente. O azoto associado às leguminosas é um azoto que provém de formas orgânicas complexas, tornando-se disponível lentamente.

Não está a indústria dos adubos a simular esse efeito com os adubos de libertação lenta?

Mais ou menos, porque não estão a usar os mesmos mecanismos, embora o objetivo seja parcialmente o mesmo.

Ora bem, voltando à questão do sub e sobrepastoreio. O que se passa é que existem diferenças fundamentais que distinguem as gramíneas das leguminosas. Uma delas é o porte. As gramíneas têm obviamente porte ereto, com um caule principal, crescendo em altura. As leguminosas têm um porte prostrado, portanto sobem pouco e vão-se espalhando. O que acontece no subpastoreio é que as gramíneas sobem acabando por fazer ensombramento sobre as leguminosas. Nesta situação acabamos por ter leguminosas em quantidade insuficiente. Daí que a intensidade de pastoreio seja um regulador fundamental para o equilíbrio entre gramíneas e leguminosas.

"A INTENSIDADE DE PASTOREIO SEJA UM REGULADOR FUNDAMENTAL PARA O EQUILÍBRIO ENTRE GRAMÍNEAS E LEGUMINOSAS."

No caso das pastagens semeadas biodiversas, elas são semeadas no outono com 25 kg/ha de semente, o que é pouco. Na primeira Primavera a pastagem não pode ser pastoreada, para que as plantas floresçam e frutifiquem e criem nesse primeiro ano um banco de sementes da ordem de 200 kg/ha. A pastagem já só vai poder ser pastoreada em junho depois de as plantas terem secado e de terem completado o seu ciclo. Serão então os próprios animais a pisarem e enterrarem a semente. Isto é especial do primeiro ano.

Já têm alguma experiência com o regadio? Nestes casos é possível colocar os animais logo na primeira primavera?

Sim. A pastagem em regadio ao fim de um ou dois meses já pode ser pastoreada.

Nessas circunstâncias como é que a acumulação de carbono no solo, é semelhante ao sequeiro? O fato de haver água e calor favorece os fenómenos de mineralização, será que isso pode contrabalançar o efeito da produtividade acrescida?

As pastagens semeadas biodiversas de regadio representam em Portugal uma área muito mais pequena do que as outras. Ainda estamos a recolher informação sobre este assunto, mas há duas possibilidades: por um lado, são mais produtivas e, portanto, têm mais biomassa subterrânea o que significa um *input* maior da matéria orgânica no solo. Por outro lado, como temos água e calor, temos também maior mineralização. Esta é uma questão importante para o regadio, sendo também necessário estudar as emissões de oxido nitroso nestas situações.

Já para não falar nas emissões de dióxido carbono da energia que é necessária para a rega.

Sim, é verdade, mas essa pergunta é também uma oportunidade para acrescentar uma nota no que toca à utilização da energia na agricultura.

Para tal, gostava primeiro de referir o papel da sementeira direta, que é uma técnica tão importante como as pastagens semeadas biodiversas. Estas técnicas partilham a questão da redução/eliminação das mobilizações do solo. Sem mobilização não há a exposição da matéria orgânica profunda do solo ao ar e a consequente rápida mineralização.

"O PAPEL DA SEMENTEIRA DIRETA, QUE É UMA TÉCNICA TÃO IMPORTANTE COMO AS PASTAGENS SEMEADAS BIODIVERSAS. ESTAS TÉCNICAS PARTILHAM A QUESTÃO DA REDUÇÃO/ELIMINAÇÃO DAS MOBILIZAÇÕES DO SOLO. SEM MOBILIZAÇÃO NÃO HÁ A EXPOSIÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA PROFUNDA DO SOLO AO AR E A CONSEQUENTE RÁPIDA MINERALIZAÇÃO"

No caso das pastagens semeadas biodiversas na verdade não conseguimos eliminar por completo as mobilizações, embora existam exceções como a Herdade do Esquerdos, onde o engenheiro David Crespo (o criador do sistema das pastagens semeadas biodiversas) gere pastagens há quarenta anos que ainda

não precisaram de ser ressemeadas. Contudo, a gestão habitual de uma pastagem implica ressemear ao fim de 10 anos. Ainda assim, esta é uma situação mais favorável do que o fazer de três em três anos.

O caso da sementeira direta é mais extremo, porque se ela for bem gerida, na realidade consegue-se eliminar por completo as mobilizações, o que, por si só, leva ao aumento da matéria orgânica no solo. No entanto, nos trabalhos do grande especialista português em sementeira direta, o Professor Mário de Carvalho, verificou-se um sequestro três vezes superior quando, adicionalmente, se deixa a palha dos cereais no terreno. Outro aspeto observado nestes ensaios de sementeira direta é que, à medida que matéria orgânica se acumulava no solo, a resposta à adubação azotada era mais baixa, isto é, era cada vez preciso menos adubação com azoto para atingir um certo nível de produção.

"VERIFICOU-SE UM SEQUESTRO TRÊS VEZES SUPERIOR QUANDO, ADICIONALMENTE, SE DEIXA A PALHA DOS CEREAIS NO TERRENO. OUTRO ASPETO OBSERVADO NESTES ENSAIOS DE SEMENTEIRA DIRETA É QUE, À MEDIDA QUE MATÉRIA ORGÂNICA SE ACUMULAVA NO SOLO, A RESPOSTA À ADUBAÇÃO AZOTADA ERA MAIS BAIXA"

Nesses casos tratava-se de aplicação de adubos minerais ou orgânicos? É expetável supor aumentos de matéria orgânica com estrumes ou outros compostos orgânicos?

Não necessariamente. Aliás, o Professor Mário de Carvalho é um crítico da agricultura biológica e uma das questões é sem dúvida o uso dos estrumes, porque a utilização de estrume não permite um controlo eficaz da disponibilização do azoto, a sua aplicação eficaz exigindo que seja incorporado no solo. Logo, é preciso fazer uma mobilização todos os anos.

Voltando novamente às ideias simplistas que falamos anteriormente, a questão de que a agricultura biológica é sempre boa para o ambiente é discutível de muitas maneiras, sendo a maior de todas a questão da produtividade, que implica, em geral, uma necessidade maior de área para a agricultura biológica. Adicionalmente, para as nossas condições mediterrânicas, ainda temos o problema já referido da mobilização.

Note-se que isso não invalida a utilização de estrumes, nomeadamente estrumes compostados, que já têm um efeito diferente podendo ser aplicados à superfície, simulando um efeito parecido com as palhas de que falei à pouco. Por isso é que um sistema agrícola sustentável pode reduzir o número de animais, mas não pode prescindir deles.

Outra vantagem da sementeira direta é que tem menos operações, portanto gasta-se menos combustível, logo, sai mais barato (embora, do ponto de vista económico, seja ainda necessário levar em conta o custo do equipamento). Voltando à questão de há pouco, relacionada com a energia, do ponto de vista das emissões de GEE é pouco relevante porque o CO_2 que se sequestra no solo é muitíssimo maior do que o que se evita com a redução do gasto de energia.

Este é um aspeto importante para o setor agrícola em termos da mitigação. No caso dos outros setores económicos, acima de tudo o que precisam de equacionar é a redução do consumo energético e a utilização de energias renováveis; no setor agrícola isso só é relevante por questões económicas. Não tem mal nenhum pensar nestas questões, mas, às vezes, as pessoas prendem-se num certo discurso em que começam a dar demasiada importância à energia, e correm o risco de tirar conclusões precipitadas sobre o que é realmente importante.

Pensando na mitigação, é possível afirmar que o solo é a grande solução para o setor? Ainda existe a ideia que é a biomassa acima do solo da floresta e das culturas permanentes que representa a melhor solução para a mitigação das alterações climáticas. É possível fazer esta afirmação?

Já agora convém lembrar que estão a ser trabalhadas outras formas de sequestro que não têm nada a ver com a agricultura. São os chamados sequestros geológicos que consistem em armazenar CO_2 fazendo-o reagir com outras substâncias formando, por exemplo, carbonato de cálcio. Esta captura pode ser feita a montante dos efluentes das cimenteiras ou das centrais termoelétricas com combustíveis fósseis ou com biomassa. O CO_2 também pode ser retirado diretamente da atmosfera, mas essa é uma péssima ideia, dada a reduzida concentração do CO_2 na atmosfera.

Voltando à questão, o que se passa é que ambos são importantes. Originalmente achava-se que há mais potencial na florestal, até porque a floresta também tem o solo. Atualmente, começam a surgir evidências que, comparativamente, desvalorizam a floresta e valorizam o solo. Já não se considera a matéria orgânica só nos primeiros 10 ou 30 centímetros de solo, fazem-se análises que consideram até um metro ou mais, considerando, portanto, um reservatório de carbono muito maior. Outra das questões relaciona-se com a questão de área. Existem áreas enormes do planeta que estão com pastagens e que não são adequadas para floresta, é o caso da tundra, em latitudes elevadas, ou a savana, o montado ou o Cerrado, aqui, por falta de água, mas que também não são

adequados para floresta. Ou seja, a possibilidade de enchermos o planeta de floresta para tirar carbono da atmosfera, não parece ser viável, não há espaço. A isto acrescenta-se que a latitudes como a nossa, em condições mediterrânicas, temos o problema dos incêndios.

"JÁ NÃO SE CONSIDERA A MATÉRIA ORGÂNICA SÓ NOS PRIMEIROS 10 OU 30 CENTÍMETROS DE SOLO, FAZEM-SE ANÁLISES QUE CONSIDERAM ATÉ UM METRO OU MAIS, CONSIDERANDO, PORTANTO, UM RESERVATÓRIO DE CARBONO MUITO MAIOR"

Dada a necessidade absolutamente crítica de criar um mosaico nas zonas de floresta contínua do Norte e no Centro, não há muitas oportunidades de expansão nestas zonas. Já na Beira Interior e Trás-os-Montes talvez haja espaço de expansão, claramente com floresta autóctone como o carvalho negral. No Sul, também há alguma oportunidade de adensamento nos montados existentes e oportunidades de converter para montado algumas áreas de pastagem aberta. Portanto, pode haver ganhos e pode haver perdas de biomassa florestal, mas não haverá um ganho muito elevado de área florestal no total.

Outro pormenor que é curioso falar e que não se aplica para Portugal, mas aplica-se a latitudes mais elevadas (Rússia ou no Canadá) e que até há poucos anos não se conhecia esse efeito, é que a plantação de floresta nesses locais seria contraproducente para o clima, devido ao efeito de Albedo. Com neve, a floresta de coníferas mantém o seu verde-escuro, que absorve radiação solar, enquanto a pastagem fica com uma camada contínua, que reflete a radiação solar.

Em termos de I&D que linhas de atuação têm vindo a ser postas em prática e quais são aquelas que se revelam mais promissoras na questão da mitigação?

"A IDEIA É DESENVOLVER UMA LINHA DE TRABALHO APLICANDO TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 AO SETOR AGROALIMENTAR, PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE, O DESEMPENHO AMBIENTAL E AS CONDIÇÕES DE TRABALHO"

Em termos de I&D, e focando-me nas atividades às quais estou diretamente ligado, temos vindo a estreitar a colaboração entre o Técnico e a sua *spinoff* que já falamos, a Terraprima, e com um conjunto múltiplo de parceiros, como a Universidade de Évora, o INIAV, o ISA, a Faculdade de Medicina Veterinária, a Universidade de Aveiro ou a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa. A ideia é desenvolver uma linha de trabalho aplicando

tecnologias da indústria 4.0 ao setor agroalimentar, para aumentar a produtividade, o desempenho ambiental e as condições de trabalho.

Nestes campos temos vindo a trabalhar a dois níveis distintos. Por um lado, temos uma componente transversal a todo o setor agrícola e florestal, com uma componente de contabilização e modelação das emissões, permitindo o cálculo de balanços de GEE da exploração agrícola e a pegada de carbono dos seus produtos. No futuro permitirá avaliar também outros impactos em questões como a água, a biodiversidade, etc. O resultado mais palpável deste trabalho é a ferramenta que referi anteriormente. Esta ferramenta, de base espacial, permite ao agricultor ver a sua exploração e as suas parcelas organizadas por diferentes ocupações. Foi desenvolvida com uma perspetiva de ciclo de vida, ou seja, olha não só para o impacto direto da exploração, mas também a montante, ao nível das emissões associadas ao adubo, ao concentrado ou a outros fatores de produção.

Como reconhecemos a dificuldade que os agricultores têm no preenchimento deste tipo de informações, a ferramenta foi construída com um número muito generoso de *defaults* (valores por omissão) que permitem ao agricultor, inserindo pouca informação, ver rapidamente o seu desempenho. À medida que a ferramenta for sendo adotada, ela permitirá comparar o desempenho com outros agricultores. Neste momento, só se pode comparar com um desempenho médio mundial e nacional.

Esta ferramenta só está associada ao pastoreio?

Não, a ferramenta é transversal a todas as culturas, inclusive a florestal. Ainda estamos a trabalhar nalguns fatores específicos para as culturas permanentes, como a vinha, olival, pomares e também para a floresta. No caso dos animais, a ferramenta cobre tanto o extensivo como o intensivo.

A ferramenta aborda vários tipos de animais ou só os bovinos?

Neste momento, já temos os dados completamente carregados para os ruminantes, no entanto, é só uma questão de tempo para termos também os dados para os suínos e para as aves.

O segundo nível de atuação, mais detalhado, centra-se nas pastagens e ruminantes. E aqui enfatizo a questão dos ruminantes em sentido amplo porque tradicionalmente a Terraprima e o Técnico trabalhavam quase em exclusivo a produção animal extensiva. Contudo, nos últimos anos começamos a trabalhar também a parte intensiva, quer na engorda, quer no leite.

Temos neste momento vários projetos relacionados com o solo, com as pastagens e com os animais. Em termos de solo, temos o projeto GO SOLO que se tem dedicado a criar métodos expeditos de medição da matéria orgânica no solo. Neste projeto procuramos desenvolver três componentes de aumento de eficiência. A primeira refere-se a fazer a recolha das amostras com um veículo equipado com uma sonda que faz logo a amostragem a duas profundidades. A segunda consiste em substituir as análises químicas por espectroscopia.

Mas só dá a matéria orgânica?

Não. Como o projeto GO solo era sobre matéria orgânica focamo-nos mais na matéria orgânica, mas estamos a fazer também já o mesmo trabalho para os outros nutrientes.

A terceira componente é a deteção remota, onde já temos algum sucesso, apesar de não ser tão grande como com a espectroscopia. O problema aqui é que o satélite e o drone não veem o solo, eles vêm a vegetação; contudo, a vegetação reflete as condições do solo. Trata-se de um problema mais complexo, mas temos ainda assim conseguido avançar, quer com recurso a técnicas de estatística tradicionais, quer com aprendizagem automática (*machine learning*). Depois, com base nestas informações trabalhamos com modelos para perceber como é que a matéria orgânica evoluiu e como é que podemos otimizar os sistemas de gestão para aumentarmos a matéria orgânica.

"TRABALHAMOS COM MODELOS PARA PERCEBER COMO É QUE A MATÉRIA ORGÂNICA EVOLUIU E COMO É QUE PODEMOS OTIMIZAR OS SISTEMAS DE GESTÃO PARA AUMENTARMOS A MATÉRIA ORGÂNICA"

Temos também outros projetos a iniciarem para medir diretamente as emissões do solo e dos estrumes. Vamos também iniciar um projeto com a Universidade de Aveiro e com o ISA envolvendo a aplicação de *biochar*. A ideia é ver o efeito de sequestro de carbono e, portanto, de mitigação, mas também para ver o que o nosso parceiro em Aveiro, Frank Verheijen, chama o efeito esponja,

que é um efeito de adaptação, que, como o nome indica, se refere ao aumento da capacidade de retenção da água. Este ensaio, como muito do nosso trabalho, vai ser feito na Quinta da França.

Na área das pastagens temos tido evoluções muito interessantes ao nível da deteção remota. Na ferramenta que falava há pouco, e para as pastagens, temos vindo a acrescentar camadas de informação ligadas ao apoio à gestão. Neste momento já temos mapas de biomassa e de teor de leguminosas, tudo obtido a partir da deteção remota e técnicas de aprendizagem automática, "treinados" com dados obtido no campo, onde medimos exatamente o teor de leguminosas, biomassa, matéria seca, teor de fósforo, teor de proteína, etc.

As imagens de satélite são feitas com os voos gratuitos do Sentinel?

Sim, é com Sentinel e também com drone.

Os drones utilizam outros sensores/câmaras além do RGB?

Sim, temos o RGB e outro de infravermelho próximo que é o que nos permite fazer logo um NDVI. Mas nós não trabalhamos muito a questão dos índices porque, como aplicamos técnicas de aprendizagem automática, usamos toda a informação que o satélite nos dá, e depois relacionamos as variáveis de destino e procuramos relações entre elas.

Na intersecção entre a pastagem e solo temos outro grupo operacional, o GO Fósforo, e aí ainda não conseguimos ter tanto sucesso como no GO SOLO, mas estamos à procura de conseguir fazer fertilização diferenciada com fósforo. O fosforo é fundamental para as pastagens semeadas biodiversas porque é crítico para as leguminosas e os nossos solos são pobres em fósforo. Mas é um problema geoestratégico, é caro, escasso, vem de poucos países e, portanto, nós temos de seguir várias estratégias para otimizar a sua utilização. Uma delas é esta, a fertilização diferenciada, ou seja, em cada local aplicar apenas o necessário.

Ao nível dos projetos com animais temos trabalhos de acompanhamento do uso da pastagem pelos animais com coleiras GPS. Em conjunto com a deteção remota das pastagens, podemos então relacionar e perceber onde é que os animais foram e não foram, porque é que foram, tudo isto para fazer um pastoreio de precisão.

Temos ainda dois projetos, que aliás, cobrem outros aspetos que já referi, um para ovinos de leite, o Sheep 4.0 e um para bovinos, o GreenBeef. No caso do Sheep 4.0 a ideia é otimizar o concentrado que as ovelhas de leite recebem na sala de ordenha, nomeadamente, em termos de proteína, considerando a informação que a deteção remota nos dá da proteína que existe na pastagem. As ovelhas de leite em geral andam no campo e depois vem à ordenha onde lhes é dado concentrado, só que o concentrado que tipicamente lhes é dado está formulado assumindo que se tratam de pastagens de má qualidade. Quando as ovelhas andam em pastagens semeadas biodiversas, ingerem quantidades elevadas de proteína, logo não precisam de receber tanta no concentrado.

"A IDEIA É TESTAR OS BENEFÍCIOS DO TIPO DE ALIMENTAÇÃO QUE ATUALMENTE A BESTFARMER JÁ FAZ, QUE VAI ALÉM DO TRADICIONAL CONCENTRADO MAIS PALHA, COM SOLUÇÕES EMERGENTES UTILIZADAS PARA A REDUÇÃO DE GÁS METANO, COMO SEJAM ADITIVOS, ALGAS, OU COMPONENTES EXTRAÍDOS DE PLANTAS ARBUSTIVAS COMO A ESTEVA"

Do lado da carne, temos o projeto GreenBeef em que trabalhamos mais a componente das pastagens. Este projeto resulta de uma parceria com a Faculdade de Medicina Veterinária, com o Instituto Superior de Agronomia e com o grupo Jerónimo Martins. A ideia é testar os benefícios do tipo de alimentação que atualmente a BestFarmer já faz, que vai além do tradicional concentrado mais palha, com soluções emergentes utilizadas para a redução de gás metano, como sejam aditivos, algas, ou componentes extraídos de plantas arbustivas como a esteva. Este trabalho inicia-se com a Faculdade de Medicina Veterinária a simular um rúmen *in vitro*, e depois passaremos os ensaios para a Quinta de França.

Em jeito de síntese quais são as práticas que os agricultores podem fazer hoje em dia para responderem às necessidades de mitigação, adaptação e sustentabilidade?

Na mitigação, devem ser práticas que promovam a redução de emissões e práticas que promovam o sequestro. As pastagens semeadas biodiversas e a sementeira direta genericamente pretendem reduzir as mobilizações ou eliminá-las. Esta redução de mobilizações é de facto um elemento-chave. Ainda aqui não tínhamos falado, mas até no caso das pastagens naturais em montados, a simples substituição da gradagem pelo corta-matos no controlo de mato é fundamental para a conservação do solo, a preservação das raízes superficiais dos sobreiros e das azinheiras, etc. Preservar o solo é claramente uma mensagem fundamental, quer para a mitigação, quer para a adaptação. Como já disse, precisamos de preservar o solo e evitar a mineralização. Precisamos de criar as condições

para que as comunidade microbianas do solo prosperem e para o aumento da matéria orgânica, porque tudo isto vai permitir disponibilizar nutrientes de forma mais barata às plantas.

Em termos dos animais, precisamos de otimizar a gestão, nomeadamente melhorar a alimentação, para que origine menos emissões de metano. Precisamos de otimizar a produção de leite e a produção de carne para diluir as emissões intrínsecas à vida do animal por uma maior quantidade de produto. Isto, claro, sempre respeitando critérios de bem-estar animal. Precisamos alavancar as vantagens dos animais e não focarmo-nos somente nos seus problemas. O seu papel é consumirem subprodutos ou consumirem algo que poderia ser um resíduo, mas que se pode transformar em alimentação animal. É o caso dos ruminantes que consumem pastagem que não pode ser usada para alimentação humana direta e que é feita em terrenos pobres, que não têm capacidade para outras culturas agrícolas.

Também precisamos de complexificar a paisagem e a própria exploração, através de mosaico de ocupações culturais e da criação e/ou manutenção de sebes ou bosquetes. Ou seja, trazer para a exploração elementos da biodiversidade que vão contra a industrialização da agricultura com extensas áreas homogéneas preparadas para facilitar a mecanização pesada. Muita desta simplificação veio da otimização da mão de obra, para ter tratores e máquinas potentes, para que um só trabalhador, cujo salário é cada vez mais alto, possa ser o mais produtivo possível.

No futuro, a médio prazo, não é para já, iremos assistir ao aparecimento da robótica que vai mudar muito significativamente este paradigma, pois um único operador pode controlar várias máquinas autónomas. Neste novo paradigma, o papel das máquinas grandes e pesadas diminui, porque torna-se possível o controle de várias máquinas pequenas. Nestas condições, volta a ser possível voltar a um trabalho de gestão da paisagem agrícola mais fino que não obriga a homogeneização. E isto é o que vai tornar viável um conceito de que não tínhamos ainda falado nesta entrevista que é a agroecologia. Com a entrada de robots na agricultura poderá ser possível integrar práticas culturais que foram abandonadas no passado por serem intensivas em mão de obra humana.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

Agência Portuguesa do Ambiente. (2019). *Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, Estratégia de Longo Prazo para a Neutralidade Carbónica da Economia Portuguesa em 2050*. Lisboa.

Agricultura e Desenvolvimento Rural, Comissão Europeia. (2021). *List of potenctial agricultural practices that eco-schemes could support*. Brussels, Belgium.

Agroportal. (5 de julho de 2017). *Agroportal*. Obtido de A fórmula certa para recuperar solos pobres foi criada por portugueses : https://www.agroportal.pt/formula-certa-recuperar-solos-pobres-criada-portugueses/

Antunes, M. d. (28 de junho de 2021). *Nova Reforma da PAC materializa prioridades que foram traçadas para a Europa*. Obtido de portugal.gov.pt: https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/noticia?i=nova-reforma-da-pac-materializa-prioridades-que-foram-tracadas-para-a-europa

APA. (2019). *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 - 2017*. Amadora.

Batista, R. (2019). *Cálculo da Pegada Carbónica do Vinho Produzido na Herdade dos Grous*. 41-48.

BP Portugal. (9 de julho de 2021). *Os Projectos, Target Neutral*. Obtido de bp Portugal: https://www.bp.com/pt_pt/portugal/home/produtos-e-servicos/target-neutral/os-projetos.html

Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., & Lammel, J. (2004). *Environmental impact assessment of agricultural production system using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production*. Elsevier, 247-264.

Brunori, A., Dini, F., Proietti , P., Nasini, L., Aguilera, E., Infante-Amate, J., . . . Rosati, A. (2016). From ancient olive agroforestry systems to modern conventional and organic olive monocultures: historical evolution of greenhouse gas emissions. *3rd European Agroforestry Conference*. Montpellier.

California Almonds. (2020). *Why Almonds*. Obtido de California Almonds: https://www.amandes.fr/why-almonds/growing-good/zero-waste

Carbocert. (2020). *Guía de Buenas Prácticas Agrarias Carbocert - "Secuestro de carbono y mejora de los suelos en cultivos agrícolas mediterráneos"*.

Cerqueira, H. M. (2021). *Sequestro de Carbono no Solo: Mitigação das Alterações Climáticas em Ecossistemas Mediterrâneos*. Dissertação de Mestrado em Gestão do Território – Ambiente e Recursos Naturais.

Climate math: *What a 1.5-degree pathway would take*. (2020).

Comissão Europeia. (2021). *EU Reference Scenario 2020, Energy tansport and GHG Emissions - Trends to 2050*.

Company, M. (2021). *Net-Zero Portugal – Caminhos de Portugal para a descarbonização*.

Conselho da Comissão Europeia. (7 de julho de 2021). *Reforma do Regime de Comércio de Licenças de Emissão da UE*. Obtido de Conselho Europeu da Comissão Europeia: https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/climate-change/reform-eu-ets/

Constante-García, V., Nava-Reyna, E., Patricia-Maciel-Torres, S., Cerano-Paredes, J., & Cabrera-Rodríguez, A. (2020). *Estimación del carbon y CO_2 en la estructura fustal del nogal pecanero*. Ciencia e Innovación, 93-100.

D'Ambrosio, E., Girolamo, A. M., & Rulli, M. C. (2018). *Coupling the water footprint accounting of crops and in-stream monitoring activities at catchment sale*. Elsevier, 1221-1240.

Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario. Gobierno de Aragón. (2013). *Los árboles frutales como sumideros de CO_2 desempeñan un importante servicio ambiental*. Informaciones Técnicas(248).

European Environmental Agency. (8 de julho de 2021). *EEA Greenhouse Gases - Data Viewer*. Obtido de European Environmental Agency: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer

Gabinete de Planeamento e Políticas. (2020). P*lano Estratégico da PAC 2023-2027, Objectivo Específico 4 Contribuir para a adaptação às Alterações Climáticas e para atenuação dos seus efeitos, bem como para a energia sustentável* . Lisboa.

Gil, L., & et al. (2018). *Energia e Agricultura: Um Binómio para o Futuro*. Cultivar(18).

Gobierno de La Rioja. (2010). *Cuaderno de Campo - Revista Técnica de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural* (45 ed.).

Hawken, P. (2017). *Drawdown: The Most Comprehensive Plan Ever Proposed to Roll Back Global Warming*. Penguin USA.

Hyman, M. (2020). *Food Fix: How to Save Our Health, Our Economy, Our Communities and Our Planet*. Yellow Kite.

ICAP. (2019). *Emissions Trading Worldwide: Status Report 2019*. Berlin.

Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas. (2019). *6º Inventário Florestal Nacional*. Lisboa: ICNF.

Instituto Nacional de Estatística. (2019). *Estatísticas Agrícolas 2018*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.

IPCC. (2018). *Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to*.

Jahanzad, E., Holtz, B. A., Zuber, C. A., Doll, D., Brewer, K. M., Hogan, S., & Gaudin, A. C. (2020). *Orchard recycling improves climate change adaptation and mitigation potential of almond production systems*. Plos One.

Kendall, A., Marvinney, E., Brodt, S., & Weiyuan, Z. (11 de August de 2015). *Life Cycle-based Assessment of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Almond Production, Part I: Analytical Framework and Baseline Results*. Journal of Industrial Ecology, 1008 - 1018. Obtido de Wiley Online Library: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12332

López Bellido, L. (2015). *Agricultura, Cambio Climático y Secuestro de Carbono*.

Loureiro, M., & et al. (2018). *Agricultura e Energia Em Portugal – Produção e Consumo*. Cultivar, 18.

Marvinney, E., Kendall, A., & Brodt, S. (2015). *Life Cycle-based Assessment of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions in Almond Production, Part II: Uncertainty Analysis through Sensitivity Analysis and Scenario Testing*. Journal of Industrial Ecology, 1019-1029.

Nieto, O. M., Castro, J., Fernández, E., & Smith, P. (2010). *Simulation of soil organic carbon stocks in a Mediterranean olive grove under different soil-management systems using the RothC model*. Soil Use and Management 26, 118-125.

Ponto Verde Serviços. (23 de julho de 2021). *Carbono*. Obtido de pontoverde serviços: http://www.pontoverdeservicos.pt/#carbono_o_que_e

Prado, M. (9 de julho de 2021). *BP compra créditos de carbono para cobrir emissões de combustíveis que vende em Portugal*. Obtido de bp Portugal: https://expresso.pt/economia/2020-07-22-BP-compra-creditos-de-carbono-para-cobrir-emissoes-dos-combustiveis-que-vende-em-Portugal

Ribeiro, I. C. (2019). *Abordagem metodológica para o cálculo da pegada ecológica como indicador de qualidade e de sustentabilidade na produção de vinho - O caso da Herdade do Esporão*. Lisboa.

Rodrigues, M. Â., Ferreira, I. Q., Claro, A. M., Correia, C., Moutinho-Pereira, J., Bacelar, E., . . . Arrobas, M. (2012). *Sequestro de carbono no olival: mito ou realidade?* VI Simpósio Nacional de Olivicultura. Mirandela.

Rodríguez-Entrena, M., Espinosa-Goded, M., & Barreiro-Hurlé, J. (2014). *The role of ancillary benefits on the value of agricultural soils carbon sequestration programmes: Evidence from a latent class approach to Andalusian olive groves*. Ecological Economics 99, 63-73.

Santos, F. D. (2021). *Alterações Climáticas*. Fundação Francisco Manuel dos Santos.

Sapkota, A., Haghverdi, A., Avila, C. C., & Ying, S. C. (2020). *Irrigation and Greenhouse Gas Emissions: A Review of Field-Based Studies*. MDPI.

Simões, G. A. (2020). Olivum: *"O olival no Alqueva sequestra carbono equivalente às emissões de Beja e Évora"*. (AgroGlobal, Entrevistador)

Sofo, A., Nuzzo, V., Palese, A. M., Xiloyannis, C., Celano, G., Zukowskyj, P., & Dichio , B. (2005). *Net CO_2 storage in mediterranean olive and peach orchards*. Scientia Horticulturae 107, 17–24.

Teixeira, R. F. (2010). *Sustainable Land Uses and Carbon Sequestration: The Case of Sown Biodiverse Permanent Pastures Rich in Legumes*. Lisboa.

Terraprima. (8 de julho de 2021). *Controlo de Matos*. Obtido de Terraprima: https://www.terraprima.pt/pt/projecto/1

TerraPrima Serviços Ambientais. (1 de julho de 2021). *Serviços Ambientais*. Obtido de Terraprima: https://www.terraprima.pt/pt/projecto/13

Toensmeier, E. (2016). *The Carbon Farming Solution: A Global Toolkit of Perennial Crops and Regenerative Agriculture Practices for Climate Change Mitigation and Food Security*. Chelsea Green Publishing Co.

Touba, R., Asghar, F., Hamid, A., & Kazem, B. S. (2013). *A study on carbon stoks and CO2 uptake in natural pistachio-Amygdalus forest research in Fars, Iran* . European Journal of Experimental Biology, 443-449.

United Nations. (2019). *Global Sustainable Development Report 2019: The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development*. New York.

Vaz, M. (s.d.). *Olival é carbono verde?* Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, Grupo de Ecossistemas e Paisagens Mediterrânicas.

Viana, H *et al.* (2010). *Assessment of forest biomass for use as energy. GIS-based analysis of geographical availability and locations of wood-fired power plants in Portugal*. Applied Energy

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Ecological Footprints for Beginners*. Em M. Wackernagel, & W. Rees, Our ecological footprint: reducing human impact on the earth (Vol. 9). (pp. 9-13). Gabriola Island: New society publishers.

Wotherspoon, A., Thevathasan, N. V., Gordon, A. M., & Voroney, R. P. (2014). *Carbon sequestration potential of five tree species in a 25-year-old temperate tree-based intercropping system in southern Ontario, Canada*. Agroforestry Systems.

Associação dos Jovens Agricultores de Portugal

Rua D. Pedro V, 108-2º
1269-128 Lisboa
Tel: 213 244 970
ajap@ajap.pt

www.ajap.pt